



DOSSIER DE CREATION DE ZAC

CHARENTON-BERCY

Charenton-le-Pont (94)

3. Etude d'impact – Annexe 2 : Etude Air et Santé



GROUPEMENT BOUYGUES IMMOBILIER URBANERA ET GRAND PARIS AMENAGEMENT

Charenton-le-Pont (94)

Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy - Etude de niveau I -

Rapport

Réf : CACIIF191006 / RACIIF03864-02

CODU / YOLO / CLD

20/2/20



GROUPEMENT BOUYGUES IMMOBILIER URBANERA ET GRAND PARIS AMENAGEMENT

Charenton-le-Pont (94)

Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du
quartier de Charenton-Bercy
- Etude de niveau I -

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport	04/10/2019	01	C. DUCATILLON		C. LE DEVEHAT		C. LE DEVEHAT	
Rapport	20/12/2019	02	C. DUCATILLON		Y. LONG		C. LE DEVEHAT	

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CACIIF191006 / RACIIF03864-02
Numéro d'affaire :	A49376
Domaine technique :	PA01
Mots clé du thésaurus	QUALITE DE L'AIR MODELISATION ATMOSPHERIQUE IMPACT TRAFIC ROUTIER EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

SOMMAIRE

RESUME NON TECHNIQUE	8
1. Introduction	12
2. Cadre réglementaire de l'étude.....	14
2.1 Définitions	14
2.2 Situation géographique du projet.....	14
2.3 Domaine d'étude et scénarios étudiés.....	15
2.4 Niveau d'étude	17
2.5 Polluants étudiés.....	19
3. Description de la zone d'étude	20
3.1 Topographie.....	20
3.2 Occupation des sols	21
3.3 Climatologie	22
3.3.1 Les vents.....	22
3.3.2 La pluviométrie	23
3.3.3 L'ensoleillement	24
3.3.4 Les températures	24
3.4 Population	25
3.4.1 Population générale	25
3.4.2 Populations vulnérables	26
4. Qualification de l'état initial	27
4.1 Notions générales sur les polluants atmosphériques.....	27
4.1.1 Présentation et sources d'émission.....	27
4.1.2 La réglementation des polluants atmosphériques	28
4.2 Données bibliographiques	32
4.2.1 Bilan des émissions atmosphériques	32
4.2.2 Bilan de la qualité de l'air de la zone d'étude en 2018	33
4.2.3 Les documents de planification	37
4.2.4 Impact sanitaire de la pollution atmosphérique sur les populations	41
4.3 Campagnes de mesures in situ	43
4.3.1 Méthodologie du prélèvement et de l'analyse	43
4.3.2 Emplacement des points de mesure	45
4.3.3 Campagne de mesures	46
4.4 Détermination d'un fond urbain dans la zone d'étude	53
4.5 Conclusions sur l'état initial de la qualité de l'air	55
5. Estimation des émissions	56
5.1 Méthodologie	56
5.1.1 Méthodologie générale.....	56
5.1.2 Méthodologie – émissions à l'échappement et à l'évaporation	57
5.1.3 Méthodologie – émissions dues aux équipements automobiles.....	58
5.1.4 Méthodologie – émissions dues à l'entretien des voies	58
5.2 Données d'entrée	58
5.2.1 Données trafic.....	58
5.2.2 Répartition du parc automobile	60
5.2.3 Les facteurs d'émission.....	61
5.3 Résultats des estimations des émissions totales de la zone d'étude	62
5.4 Bilan de la consommation énergétique	66
5.5 Bilan des Gaz à Effet de Serre (GES)	66

6.	Evaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air	68
6.1	Méthodologie	68
6.2	Données d'entrée	69
6.2.1	Caractéristiques du domaine d'étude	69
6.2.2	Récepteur numériques	69
6.2.3	Données d'émissions atmosphériques	70
6.2.4	Conditions météorologiques	70
6.3	Caractéristiques du code utilisé	72
6.3.1	Conversion NO/NO ₂	72
6.3.2	Calculs des dépôts au sol	72
6.4	Résultats de la modélisation	73
6.4.1	Concentrations modélisés sur les récepteurs	73
6.4.2	Impacts du projet sur la qualité de l'air	76
7.	Evaluation des impacts sanitaires du projet - IPP	78
7.1	Méthodologie	78
7.2	Données d'entrée	78
7.2.1	Concentrations modélisées en NO ₂	78
7.2.2	Population	79
7.3	L'Indice Pollution-Population (IPP) du domaine d'étude	80
8.	Evaluation quantitative des risques sanitaires	84
8.1	Conceptualisation de l'exposition	84
8.1.2	Synthèse du schéma conceptuel	87
8.2	Identification des dangers	87
8.3	Relations dose-effet/dose-réponse	88
8.3.1	Les valeurs toxicologiques de références : VTR	88
8.3.2	Sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence	89
8.3.3	Tableau de synthèse des VTR	90
8.3.4	Autres valeurs de comparaison utilisées	92
8.4	Comparaison aux valeurs de références	92
8.5	Quantification des expositions par inhalation	94
8.6	Caractérisation des risques liés aux émissions atmosphériques du projet..	94
8.6.1	Méthodologie de calcul des risques	94
8.6.2	Caractérisation du risque chronique pour les effets à seuil	95
8.6.3	Caractérisation du risque chronique pour les effets sans seuil	99
8.6.4	Caractérisation du risque aigu	102
9.	Analyse des incertitudes	103
9.1	Quantification des émissions	103
9.2	Données météorologiques	104
9.3	Prise en compte partielle du bruit de fond	104
9.4	Modélisation des phénomènes physiques et chimiques	105
9.5	Valeurs toxicologiques de référence	105
9.6	Temps d'exposition	106
9.7	Choix des polluants pris en compte	106
9.8	Caractérisation du risque chronique par ingestion	106
9.9	Synthèse des incertitudes	107
10.	Monétarisation des coûts collectifs	108
10.1	Coûts liés à la pollution locale de l'air	108
10.2	Coûts liés à l'effet de serre	109

11. Conclusion 111

TABLEAUX

Tableau 1. Définition de la largeur de la bande d'étude.....	16
Tableau 2. Définition des niveaux d'étude.....	18
Tableau 3 : Liste des polluants à prendre en compte (d'après le guide Cerema 2019)	19
Tableau 4. Réglementation du dioxyde d'azote (NO ₂)	29
Tableau 5. Réglementation du benzène (C ₆ H ₆)	29
Tableau 6. Réglementation des particules en suspension PM10	29
Tableau 7. Réglementation des particules en suspension PM2.5	30
Tableau 8. Réglementation du dioxyde de soufre (SO ₂)	30
Tableau 9. Réglementation du benzo(a)pyrène (BaP)	30
Tableau 10. Réglementation des métaux lourds	31
Tableau 11. Réglementation du monoxyde de carbone (CO).....	31
Tableau 12. Emissions sur le département du Val-de-Marne	32
Tableau 13. Concentrations moyennes annuelles mesurées en 2018	34
Tableau 14. Nombre de dépassements des valeurs limites horaires ou journalières en 2018.....	34
Tableau 15 : Concentrations de fond déterminées dans la zone d'étude	54
Tableau 16. Liste des origines des émissions de polluants	56
Tableau 17. Distances totales sur le domaine d'étude par scénario.....	59
Tableau 18 : Répartition du parc roulant dans la zone d'étude.....	61
Tableau 19. Émissions totales journalières des tronçons de routes étudiées	63
Tableau 20. Consommation énergétique totale sur le domaine d'étude	66
Tableau 21. Bilan de gaz à effet de serre sur le domaine d'étude	66
Tableau 22 : Localisation des points récepteurs numériques (projection géographique : EPSG : 32631, WGS84 / UTM zone 31N).....	69
Tableau 23 : Valeurs maximales obtenues au niveau des récepteurs pour les trois scénarios étudiés	74
Tableau 24. Impacts moyens du projet sur les concentrations des polluants étudiés	76
Tableau 25 : Evolution des populations dans les différents scénarios étudiés	79
Tableau 26. Estimations des populations dans les différents scénarios étudiés	79
Tableau 27. IPP cumulé du benzène	80
Tableau 28 : Traceurs de risque pour la voie inhalation	85
Tableau 29. Synthèse des VTR retenues – exposition chronique – voie inhalation	90
Tableau 30 : Synthèse des VTR retenues – exposition aigue – voie inhalation	91
Tableau 31. Substances retenues pour les différents scénarios d'exposition	91
Tableau 32. Valeurs guides pour la voie inhalation.....	92
Tableau 33. Comparaison des concentrations maximales modélisées aux valeurs guide	92
Tableau 34 : Comparaison des concentrations maximales journalières aux valeurs guides.....	93
Tableau 35. Synthèse des organes cibles critiques– inhalation.....	95
Tableau 36. Quotients de danger – inhalation	96
Tableau 37. Quotients de danger par organe cible – inhalation.....	96
Tableau 38. Excès de risque individuel au récepteur le plus impacté – inhalation	99
Tableau 39 : Synthèse des organes cibles critiques – inhalation aigue.....	102
Tableau 40 : Quotients de danger - inhalation	102
Tableau 41. Qualité des données d'entrée du modèle.....	105
Tableau 42. Coûts de pollution (en €/100 véh.km).....	108
Tableau 43. Densité de population du projet.....	108
Tableau 44. Valeur de la pollution atmosphérique (€/jour).....	109
Tableau 45. Résultats du calcul des coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel	110

FIGURES

Figure 1 : Situation géographique du projet	14
Figure 2 : Domaine d'étude et axes routiers pris en compte	17
Figure 3 : Topographie du domaine d'étude.....	20
Figure 4 : Occupation des sols sur le domaine d'étude selon les données Corine Land Cover publiées en 2018	21
Figure 5 : Localisation des activités industrielles à proximité du projet.....	22
Figure 6 : Rose des vents décennale (1997 – 2007)	23
Figure 7 : Pluviométrie moyenne mensuelle (1981 - 2010).....	23
Figure 8 : Températures moyennes mensuelles (1981 – 2010)	24
Figure 9 : Répartition de la population en 2018 sur le domaine d'étude	25
Figure 10 : Localisation des populations sensibles	26
Figure 11 : Répartition des émissions par secteur d'activité pour la région Ile-de-France	32
Figure 12 : Localisation des stations de mesure d'AIRPARIF.....	33
Figure 13 : Echelle de l'indice ATMO	35
Figure 14 : Indice ATMO de l'agglomération parisienne en 2018	36
Figure 15 : Principe de l'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique	41
Figure 16 : Principe de l'échantillonnage passif	43
Figure 17 : Photographie du dispositif de prélèvement des poussières PM10	44
Figure 18 : Localisation des points de mesures	45
Figure 19 : Comparaison des conditions météorologiques	46
Figure 20 : Températures	47
Figure 21 : Concentrations en NO ₂ (en µg/m ³).....	48
Figure 22 : Concentration en benzène (en µg/m ³)	48
Figure 23 : Concentration en PM10 (en µg/m ³).....	49
Figure 24 : Comparaison des concentrations aux valeurs réglementaires	50
Figure 25 : Données des mesures observées (fond urbain, campagne de mesure, urbain et trafic) entre le 11 et le 18 avril 2019	53
Figure 26 : Méthodologie générale d'estimation des émissions.....	57
Figure 27 : Méthodologie d'estimation des émissions à l'échappement et à l'évaporation	57
Figure 28 : Variation des trafics entre les scénarii	60
Figure 29 : Comparaison des conditions météorologiques décennale et l'année 2018.....	71
Figure 30 : Répartition de la nébulosité sur la station Orly.....	71
Figure 31 : Concentrations moyennes annuelles et percentile 99,8 horaire en NO ₂	75
Figure 32 : Impacts du projet sur les concentrations en NO ₂	77
Figure 33 : Estimation des populations dans le domaine d'étude pour la situation future avec projet – 2035 à l'échelle de l'IRIS et du projet	80
Figure 34 : Distribution en nombre de personnes pour différentes classes de concentration de NO ₂ pour les différents scénarii.....	81
Figure 35 : Répartition cumulée du niveau d'exposition du NO ₂ dans la population de la zone d'étude pour les différents scénarii	82
Figure 36 : IPP du NO ₂	83
Figure 37 : Synthèse du schéma conceptuel	87
Figure 38 : QD sommé (tout organe cible confondu)	97
Figure 39 : Impacts du futur projet sur les QD sommés.....	98
Figure 40 : ERI sommé – inhalation	100
Figure 41 : Impacts du futur projet sur les ERI sommés - inhalation	101

ANNEXES

- Annexe 1. Signification des principales abréviations
- Annexe 2. Fiche de prélèvements
- Annexe 3. Résultats du laboratoire PASSAM
- Annexe 4. Caractéristiques des tronçons pris en compte
- Annexe 5. Estimation des émissions polluantes
- Annexe 6. Résultats de la modélisation
- Annexe 7. Hypothèses et détails des doses d'exposition
- Annexe 8. Résultats des calculs de risque au droit des récepteurs
- Annexe 9. Détail de la monétarisation des coûts collectifs
- Annexe 10. Cartes contenues dans le rapport

RESUME NON TECHNIQUE

Dans le cadre du projet de renouvellement urbain du quartier de Bercy à Charenton-le-Pont, le groupement Bouygues Immobilier UrbanEra et le Grand Paris Aménagement a mandaté BURGEAP pour la réalisation de l'étude « Air et Santé » nécessaire à l'étude d'impact de ce projet.

Le cadre méthodologique choisi pour mener cette étude a été construit à partir des documents de référence actuellement en vigueur en France :

- Le « guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières – Février 2019 » du Cerema¹ ;
- le guide méthodologique INERIS² de Juillet 2003 qui définit les principes généraux de l'évaluation des risques sanitaires, repris pour la partie EQRS dans la version de 2013 ;
- le guide INERIS « évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires » - Août 2013 de l'INERIS ;
- le « guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact – février 2000 » de l'InVS³.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de la création de la Zone d'Aménagement Concerté (ZAC) relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy sur la qualité de l'air et sur la santé des populations riveraines. Pour cela, il a été réalisé :

- une qualification de l'état initial via une analyse de données bibliographiques et des mesures in situ ;
- une évaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air au travers :
 - d'une estimation des **émissions** de polluants liées au trafic automobile,
 - d'une estimation des **concentrations environnementales** dans la bande d'étude autour du projet par une modélisation numérique ;
- une évaluation simplifiée des impacts du projet sur la santé via l'Indice-Pollution-Population (IPP) ;
- une évaluation quantitative des risques sanitaires chroniques liés aux émissions atmosphériques du trafic automobile.

Phase 1 : qualification de l'état initial

L'objectif de la première étape (qualification de l'état initial) est de disposer d'un bilan de la qualité de l'air actuelle au droit de la zone d'implantation du projet. Pour cela :

- une analyse bibliographique des mesures réalisées en 2018 par le réseau de surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France (AIRPARIF) a été réalisée.
- une campagne de mesures de la qualité de l'air (15 points) a été réalisée par BURGEAP en 2019 durant laquelle le dioxyde d'azote (NO₂), les PM10 et le benzène, traceurs de la pollution automobile, ont fait l'objet de mesures dans l'environnement proche du projet.

Les résultats obtenus à partir de la campagne de prélèvement de la qualité de l'air dans la zone d'étude indique que les concentrations moyennes peuvent ne pas respecter les valeurs limites réglementaires en moyenne annuelle, uniquement sur les points de mesures situés proximité directe des principaux axes de circulation (au niveau de l'échangeur).

¹ Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

² INERIS : Institut National de l'Environnement et des Risques Industriels

³ InVS : Institut National de Veille Sanitaire

L'analyse comparée entre les données de la campagne et celles du réseau de surveillance de la qualité de l'air d'AIRPARIF montre que **la situation initiale de la qualité de l'air dans la zone d'étude est conforme aux situations habituellement rencontrées en milieu urbain et en fond urbain dans la ville de Paris.**

Les niveaux observés restent largement inférieurs aux concentrations retrouvées à proximité du trafic routier notamment pour le NO₂, traceur incontournable de la pollution routière. On observe toutefois des concentrations sensiblement plus élevées pour les PM₁₀ au regard des niveaux de fond et urbain compte tenu des activités économiques dans la zone d'étude (entreprises existantes et gare de Bercy).

Phase 2 : évaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air

L'objectif de la seconde étape de cette étude est d'évaluer les impacts relatifs aux émissions atmosphériques liées au trafic automobile générées par le projet, sur la qualité de l'air.

L'étude porte :

- sur 9 substances :
 - Oxydes d'azote (NO_x),
 - Particules (PM₁₀, PM_{2.5}),
 - Monoxyde de carbone (CO),
 - Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM),
 - Benzène,
 - Dioxyde de soufre (SO₂),
 - Arsenic (As),
 - Nickel (Ni),
 - Benzo(a)pyrène (BaP).
- sur 3 scénarii :
 - le scénario actuel (2019)
 - le scénario futur sans projet (2035),
 - le scénario futur avec projet (2035).

Les émissions liées au trafic sont estimées à partir des méthodes de calcul les plus robustes en tenant compte des données trafic circulant dans la zone, de la composition du parc roulant et des facteurs d'émission issus de la littérature (facteurs COPERT V).

Les concentrations en polluants dans l'atmosphère sont estimées à l'aide d'un modèle numérique de dispersion atmosphérique (logiciel ADMS-Roads) dans une bande de 200 m de part et d'autres des axes de circulation impactés de plus de ±10% par le projet.

Au regard des deux polluants incontournables de la pollution routière et urbaine. Les résultats de l'étude montrent que :

- Pour les poussières fines (PM₁₀), l'impact sur la qualité de l'air est faible au regard des valeurs limites réglementaires applicables. La contribution du bruit de fond (intégrant les activités des entreprises et de la gare de Bercy) sur les concentrations calculées est la plus importante. La contribution du projet, quant à lui, est faible.
- Pour le dioxyde d'azote (NO₂), les concentrations calculées peuvent dépasser la valeur réglementaire à proximité des axes routiers structurants. Ces niveaux élevés (particulièrement pour les moyennes annuelles) sont le résultat des émissions des brins routiers localisés au niveau de l'échangeur et du boulevard périphérique, combinée à un bruit de fond élevé en milieu urbain.



En conclusion, **les impacts du projet à l'horizon 2035 sont peu significatifs et très localisés. En effet, on observe bien une augmentation des concentrations au droit du projet d'aménagement et de ses voies d'accès, cependant ces variations restent faibles.** On rappelle également que le scénario avec projet est majorant car intégrant les trafics maximums pour l'ensemble des variantes envisagées lors de la mise en place de l'aménagement.

Phase 3 : Evaluation simplifiée des impacts sanitaires

L'objectif de la troisième étape est de réaliser une évaluation simplifiée des impacts sanitaires du projet à l'aide du calcul de l'Indice Pollution / Population (IPP).

Cet indice est utilisé comme une aide à la comparaison de différents scénarii et notamment du scénario « futur sans projet » et du scénario « futur avec projet ». Il n'est en aucun cas le reflet d'une exposition absolue de la population à la pollution atmosphérique globale.

Conformément à la note méthodologique du Cerema de février 2019, le calcul de l'IPP est réalisé uniquement pour le NO₂, considéré comme étant un polluant discriminant et bien maîtrisé (mesure/modélisation) et sa zone de dispersion (100 à 300 m par rapport à l'axe de la voie) englobe le plus souvent celle des autres polluants.

Les impacts sanitaires globaux, à partir de l'IPP, du projet, à l'horizon 2035, sont considérés comme faiblement significatifs. Cependant, on observe des variations locales non négligeables sur l'ensemble du domaine d'étude en particulier au niveau du projet d'aménagement, dans les zones les plus proches du boulevard périphérique et des nouveaux axes routiers. Cet impact sur les nouvelles habitations est limité puisqu'il est prévu d'écarter les zones habitables des voies de circulation structurantes dans la zone d'étude.

Phase 4 : Evaluation quantitative des risques sanitaires

Enfin, l'objectif de la quatrième étape est de réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques du trafic automobile cumulées au bruit de fond pour une exposition chronique des populations.

Les doses d'exposition ont été estimées à partir des résultats de la modélisation informatique des rejets atmosphériques, en tenant compte des usages rencontrés au droit du domaine d'étude. Seule la voie d'exposition par inhalation a été retenue. Les expositions des adultes et des enfants ont été distinguées.

Pour l'ensemble des substances étudiées, les informations sur les effets toxiques ont été collectées. L'identification des relations, entre les niveaux d'exposition et la survenue des dangers propres à ces polluants, nous a conduit au choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR), conformément à la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014⁴.

Pour quantifier le risque, les niveaux d'exposition obtenus ont alors été comparés aux valeurs toxicologiques de référence.

Ainsi, dans les conditions d'études retenues, l'ensemble des résultats obtenus permet :

- pour le scénario actuel, de mettre en évidence un risque sanitaire pour les effets sans seuil significatif pour une exposition chronique par inhalation aux émissions atmosphériques liées au trafic automobile et au bruit de fond, pour les riverains du domaine d'étude ;
- pour les scénarii futurs (avec et sans projet), de mettre également en évidence un risque sanitaire pour les effets sans seuil significatif pour une exposition chronique par inhalation aux émissions atmosphériques liées au trafic automobile et au bruit de fond, pour les riverains du domaine d'étude.

⁴ Note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 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 est prise en compte pour la sélection des VTR

- pour l'ensemble des scénarii (actuel et futur), d'écarter le risque pour les effets toxiques à seuil.

Toutefois, le projet n'engendre pas de variations significatives des risques sanitaires même si l'on observe une légère augmentation des risques à proximité immédiate de la future zone du projet en raison de la création de nouveaux brins. Cette conclusion s'appuie sur une évaluation des contributions du bruit de fond, des axes structurants non impactés par le projet (échangeur et boulevard périphérique) et du projet. Cette analyse montre que le projet contribue à hauteur de 8% du risque total calculé.

1. Introduction

Le groupement Bouygues Immobilier UrbanEra et le Grand Paris Aménagement ont mandaté BURGEAP pour la réalisation de l'étude « Air et Santé » relative à la transformation du site Charenton-Bercy. L'objectif du projet est de développer, sur 360 000 m², l'attractivité économique, environnementale, résidentielle, urbaine et culturelle de Charenton-le-Pont à l'échelle du Grand Paris et de renforcer la qualité de vie de ses habitants avec :

- Le désenclavement du site, en repensant les connexions vers Paris, Charenton-le-Pont et la Seine,
- L'affirmation d'un quartier exemplaire en matière de développement durable, avec une présence forte de la nature en ville, et l'idée de faire émerger un nouveau modèle urbain accessible à tous et écologique,
- Une offre résidentielle diversifiée, des bureaux, des commerces et du loisir,
- La création d'équipements publics, au service des habitants actuels et futurs du quartier,
- La transformation du centre commercial de Bercy 2, dont les commerces et services seront redéployés au cœur du quartier, notamment le long de la rue Baron-Le-Roy,
- Une connexion avec la future ZAC Bercy-Charenton, à Paris 12e, où seront créés 4 000 logements.

La présente étude concerne l'évaluation détaillée des impacts du projet sur la qualité de l'air et sur la santé publique. Elle s'inscrit dans le cadre de l'étude d'impact du dossier d'enquête publique propre au projet. Le Code de l'Environnement, et notamment ses articles L122-1 et suivants, prévoit que « les études préalables à la réalisation d'aménagements ou d'ouvrages, qui par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences sur le milieu naturel peuvent porter atteinte à ce dernier, doivent comporter une étude d'impact permettant d'en apprécier les conséquences ». Les articles R122-1 à R122-16 du Code de l'Environnement en précisent les modalités d'application. Dans ce cadre, le présent projet est soumis à étude d'impact et doit notamment inclure un volet air et santé.

Les méthodes et le contenu du volet air et santé sont définis par le « Guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières » (Cerema – Février 2019). Ainsi, cette étude comprend :

- une description fine de la qualité de l'air actuelle sur la base de données bibliographiques et des résultats de campagnes de mesures réalisées in situ,
- une estimation des émissions liées au trafic routier,
- une évaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air,
- une évaluation des impacts du projet sur la santé publique,
- une analyse des incertitudes,
- une proposition de mesures de lutte contre la pollution atmosphérique.

Le volet « impacts du projet en phase chantier » a été traité dans le rapport de préconisation réalisé par BURGEAP (Réf : CACIIF191276 / RACIIF03781-01).

Une estimation des coûts collectifs a été réalisée conformément à la « Note méthodologique sur l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières » (CERTU⁵ - Février 2005).

⁵ CERTU : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions

Le guide CEREMA 2019 recommande de prendre en compte différents horizons d'étude : à l'état actuel, à la mise en service du projet et 20 ans après la mise en service. Pour ces deux derniers horizons, il conviendra de prendre en compte le scénario avec et sans projet. Dans une première approche, notre étude portera uniquement sur les 3 scénarii suivants afin de rester conforme à l'étude trafic réalisée :

- Scénario « actuel – 2018 » ;
- Scénario « futur sans projet – 2035 » ;
- Scénario « futur avec projet – 2035 ».

Note : Toutes les abréviations utilisées dans ce rapport sont explicitées lors du premier usage et figurent également dans le glossaire en Annexe 1.

- Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
 - Etude de niveau I -
 - 2. Cadre réglementaire de l'étude

2. Cadre réglementaire de l'étude

2.1 Définitions

Zone d'étude : la zone d'étude est une zone de 1 à 50 km autour du projet, permettant d'établir l'état initial de la qualité de l'air mais également la zone d'impact du projet d'aménagement.

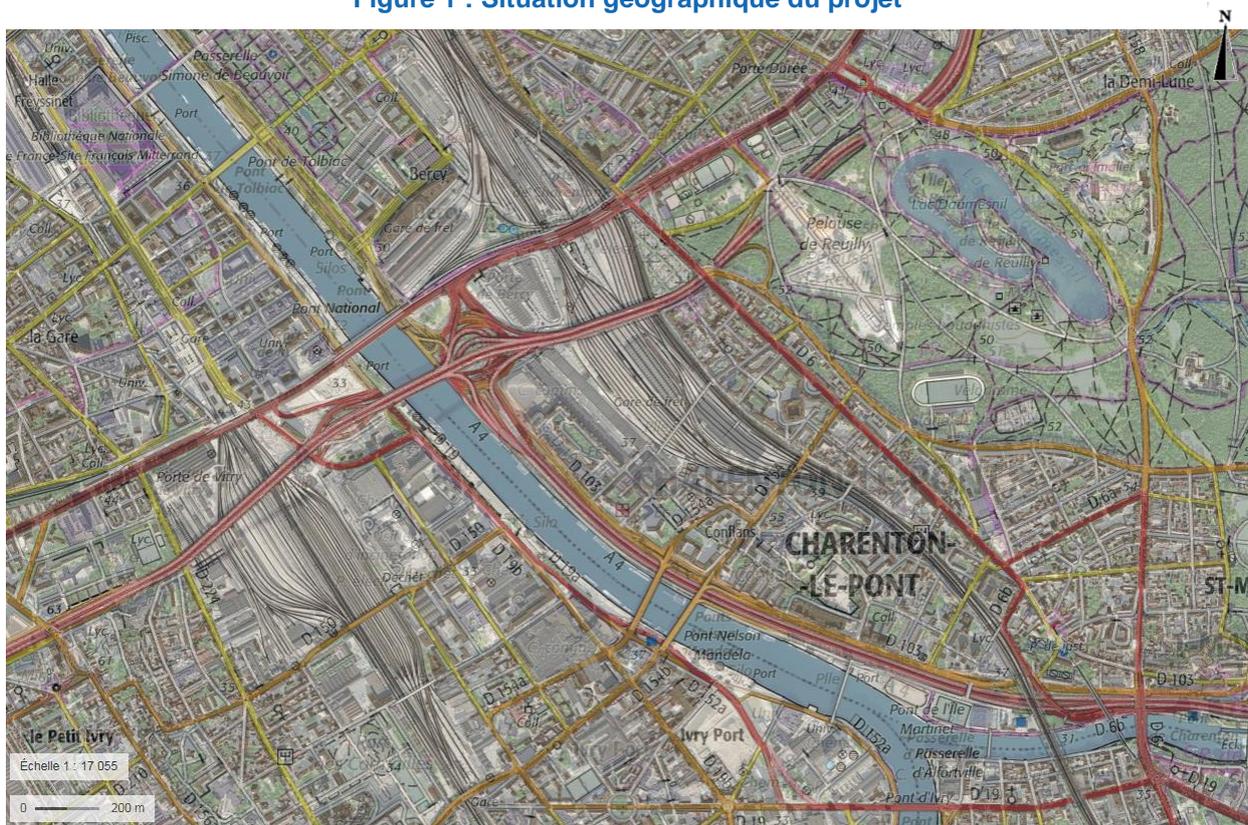
Domaine d'étude : le domaine d'étude est composé du projet et de l'ensemble du réseau routier subissant une modification des flux de trafic supérieure à $\pm 10\%$ du fait de la réalisation du projet et établie dans l'étude des trafics (situations initiale et projetée à horizon 2035) réalisée par la société ARCADIS⁶.

Bande d'étude : la bande d'étude, plus ou moins importante selon le projet, définit les limites du domaine d'étude.

2.2 Situation géographique du projet

Le quartier de Bercy fait l'objet d'un projet de renouvellement urbain de grande envergure (360 000 m² environ) concernant environ 10% du territoire de Charenton-le-Pont (94220), situé au sud-ouest de Paris.

Figure 1 : Situation géographique du projet



Source : Fond de plan IGN

⁶ Schéma de mobilité – ZAC Charenton Bercy. Grand Paris Aménagement. Etude d'impact. Evaluation des flux de circulation à l'horizon 2035. Document daté du 25/07/2019

2.3 Domaine d'étude et scénarios étudiés

En termes de qualité de l'air et de santé, le domaine d'étude doit être composé du projet lui-même et de l'ensemble des axes du réseau routier subissant, du fait de l'aménagement du quartier Bercy-Charenton, une modification (augmentation ou diminution) de plus de 10 % de ses flux de trafic.

La Figure 2, en page suivante, présente les tronçons de route étudiés, sur la base des données de trafic transmises par le bureau d'étude ARCADIS en 2019. Certains tronçons bien que non impactés de plus de $\pm 10\%$, ont été intégrés au domaine d'étude, conformément au guide du Cerema en raison des trafics qu'ils supportent qui leur confèrent une importance non négligeable en termes de qualité de l'air (cas du périphérique et de l'échangeur au niveau de l'autoroute A4) ;

Les scénarios retenus dans cette étude correspondent aux scénarios définis dans l'étude trafic présentée par la société ARCADIS. Ces scénarios permettent de déterminer l'impact sanitaire et sur la qualité de l'air du projet d'aménagement du quartier Charenton-Bercy pour la situation actuelle (2018) et à l'horizon 2035, année projetée de fin des travaux de construction du projet. Les trois scénarios définis dans cette étude sont les suivants :

- Scénario « situation actuelle - 2018 » : Ce scénario correspond à la situation actuelle en 2018 du trafic routier sur les axes structurant dans la zone du projet. Comme évoqué en préambule, les données estimées sur les axes structurants du projet et modifiée à hauteur de $\pm 10\%$ ont été considérées. De plus les données consolidées et disponibles sur l'Open Data de la Ville de Paris⁷ ont été intégrées pour couvrir les tronçons routiers de l'échangeur au niveau de l'autoroute A4 et du boulevard périphérique ;
- Scénario « situation future sans projet – 2035 » : Il s'agit du scénario de référence (en l'absence de mise en œuvre du projet) représentatif de la situation projetée en 2035 si le projet d'aménagement n'avait pas lieu. Les projections des trafics routiers à cet horizon correspondent à la situation initiale en raison de la saturation des tronçons routiers. De façon analogue, les tronçons routiers de l'échangeur au niveau de l'autoroute A4 et du boulevard périphérique ont été considérés comme saturés par rapport à la situation initiale. Ce scénario prend en compte une amélioration de la performance énergétique du parc de véhicules (véhicules électriques en proportion plus importante, motorisations moins polluantes, etc.) ;
- Scénario « situation future avec projet – 2035 » : Il s'agit du scénario qui correspond à la mise en œuvre du projet à l'horizon 2035. Ce scénario prend en considération les trafics circulants sur l'échangeur et sur le boulevard périphérique de façon saturé par rapport à la situation initiale. Les trafics projetés issus de l'étude trafic d'ARCADIS ont également été pris en compte de façon majorante. Une hypothèse majorante a été réalisée en considérant les flux maximums de circulation dans la zone d'étude et en intégrant le prolongement de la rue Baron Leroy entre Paris et Charenton. Ce scénario prend également en compte une amélioration de la performance énergétique du parc de véhicules (véhicules électriques en proportion plus importante, motorisations moins polluantes, etc.). En résumé, il est considéré :
 - Une évolution de la part modale des différentes catégories de véhicules (véhicules particuliers, poids lourds, bus) dans la zone d'étude ;
 - La mise en place de l'ensemble des modifications des infrastructures routières : prolongement de la rue Baron Leroy entre Paris et Charenton, la liaison entre la rue Baron Leroy et les quais en plus de la rue Escoffier et enfin le sens de circulation de la rue de Port aux Lion ;
 - Les flux maximums de trafic sur les tronçons dans la zone d'étude estimés à partir des différentes variantes proposées par l'étude trafic d'ARCADIS au niveau du plan de circulation. Ce scénario est donc une approche majorante validée par le groupement Bouygues Immobilier Urbanera et Grand Paris Aménagement.

⁷ <https://parisdata.opendatasoft.com/page/home/>

Une bande d'étude est appliquée pour chacun des axes étudiés dans la cadre de cette étude.

Concernant la pollution gazeuse, la largeur minimale de la bande d'étude appliquée de part et d'autre de l'axe routier est définie selon les critères présentés dans le tableau ci-après. Cette largeur est fonction du Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) exprimé en nombre de véhicules par jour (véh/j) prévu à terme.

Dans le cas de la pollution particulaire, le document méthodologique du Cerema publié en 2019, recommande une largeur de la bande d'étude à 200 m de part et d'autre des axes routiers considérés. Toutefois, la même largeur de bande d'étude que celle établie pour les polluants gazeux a été utilisée pour les polluants particuliers de façon à rester dans une approche conservatrice.

Tableau 1. Définition de la largeur de la bande d'étude

TMJA à l'horizon d'étude (véh/jour)	Largeur minimale de la bande d'étude (en m) de part et d'autre de l'axe
T > 50 000	600
25 000 < T < 50 000	400
10 000 < T < 25 000	300
≤ 10 000	200

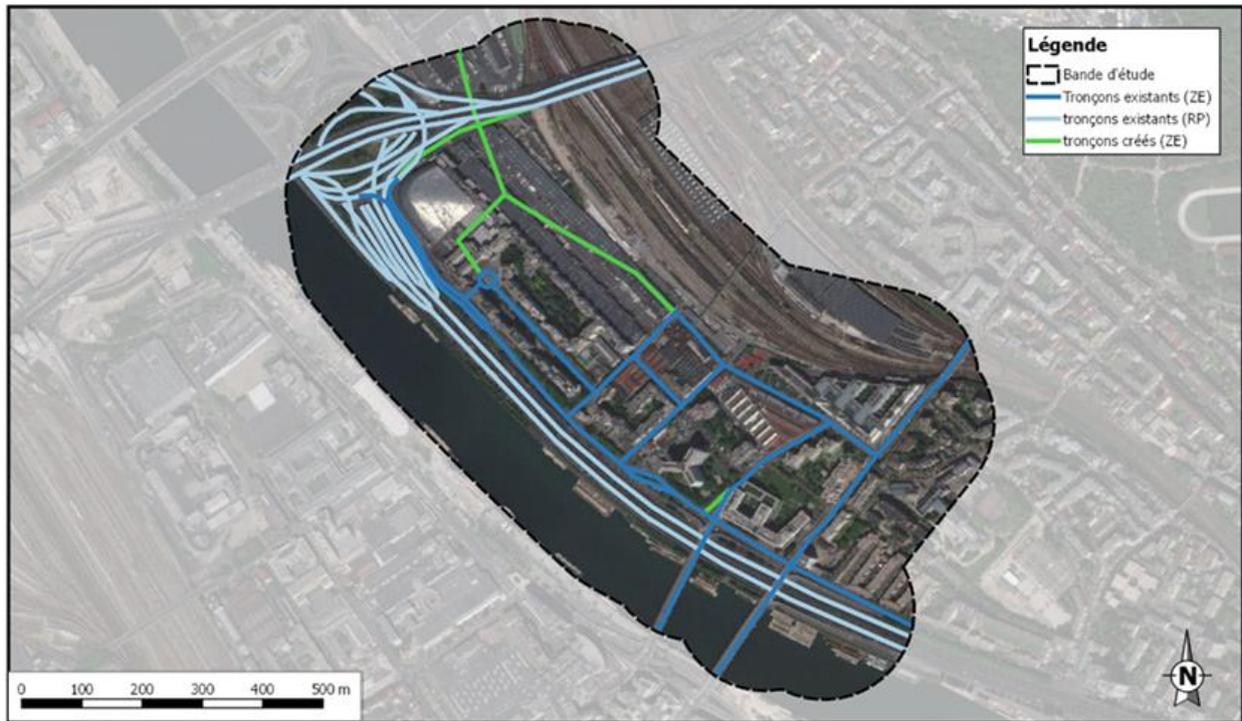
Source : Note méthodologique du Cerema – Février 2019

Avec des trafics de l'ordre de 10 000 véh/j sur les axes routiers pris en compte dans le cadre de cette étude, une bande d'étude de 200 m de part et d'autre de chacun des axes étudiés a été appliquée, quel que soit le trafic supporté, afin d'obtenir une homogénéité de traitement sur l'ensemble du domaine d'étude.

Les limites du domaine d'étude ainsi que les axes pris en compte sont présentés sur la carte page suivante. Sur cette figure, trois types de tronçons routiers ont été distingués :

- Tronçons existants (ZE) : Il s'agit des tronçons existants dans la zone de Charenton-Bercy et influencés de +/-10% par la mise en place du projet d'aménagement ;
- Tronçons existants (RP) : il s'agit des tronçons existants au niveau de l'échangeur et du boulevard périphérique et peu impactés par le nouvel aménagement ;
- Tronçons créés (ZE) : Les tronçons créés à l'horizon du projet en 2035 décrits dans le schéma de mobilité par la société ARCADIS.

Figure 2 : Domaine d'étude et axes routiers pris en compte



Source : Photo aérienne Google

2.4 Niveau d'étude

Le Guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du Cerema (Février 2019) définit le contenu des études Air et Santé, contenu qui se veut plus ou moins détaillé selon les enjeux du projet. 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, à l'aide de trois critères :

- la charge prévisionnelle du trafic en véh/j ;
- la densité de population correspondant à la zone la plus densément peuplée traversée par le projet ;
- la longueur du projet.

Quatre niveaux d'étude sont ainsi définis en fonction des niveaux de trafics attendus à terme sur la voirie concernée et de la densité de population à proximité de cette dernière.

- Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
 - Etude de niveau I -
 2. Cadre réglementaire de l'étude

Tableau 2. Définition des niveaux d'étude

Trafic à l'horizon d'étude et densité de population (hab/km ²) dans la bande d'étude	> 50 000 véh/j	25 000 véh/j à 50 000 véh/j	10 000 véh/j à 25 000 véh/j	≤ 10 000 véh/j
G I Bâti avec densité ≥ 10 000 hab/km ²	I	I	II	II si L projet > 5 km OU III si L projet ≤ 5 km
G II Bâti avec densité 2 000 à 10 000 hab/km ²	I	II	II	II si L projet > 25 km OU III si L projet ≤ 25 km
G III Bâti avec densité < 2 000 hab/km ²	I	II	II	II si L projet > 50 km OU III si L projet ≤ 50 km
G IV Pas de bâti	III	III	IV	IV

Source : Guide méthodologique du Cerema – Février 2019

Compte-tenu, d'une part des trafics attendus sur les axes étudiés (entre 2 225 et 31 288 véh/j sur les axes routiers impactés de plus de ±10% par le projet) ; et, d'autre part de la densité de population sur le domaine d'étude (de type G I), la note méthodologique citée précédemment préconise la réalisation d'une étude de niveau II.

Néanmoins compte tenu de la proximité du projet avec le boulevard périphérique et l'échangeur au niveau de l'autoroute A4, cette étude a été relevée à un niveau I pour prendre en compte de façon exhaustive les impacts de la pollution générée dans la zone d'étude sur les riverains.

Une étude de niveau I comprend les éléments suivants :

- un diagnostic de l'état actuel de la qualité de l'air (données bibliographiques et mesures in situ) ;
- une évaluation des impacts sur la qualité de l'air :
 - estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude ;
 - estimation des concentrations de polluants dans la bande d'étude autour du projet (modélisation de la dispersion des émissions) ;
- une évaluation des impacts sur la santé :
 - évaluation simplifiée via l'Indice Pollution Population (IPP) ;
 - Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) dans la bande d'étude autour du projet ;
- une estimation des coûts collectifs ;
- une proposition de mesures de lutte contre la pollution atmosphérique.

Pour rappel, le volet « impacts du projet en phase chantier » a été traité dans le rapport de préconisation réalisé par BURGEAP (Réf : CACIIF191276 / RACIIF03781-01).

2.5 Polluants étudiés

Conformément à la note méthodologique du Cerema, dans le cadre d'une étude de niveau I, les polluants à prendre en considération sont les suivants :

Tableau 3 : Liste des polluants à prendre en compte (d'après le guide Cerema 2019)

<p>Polluants à prendre en compte dans une étude air et santé de niveau I</p>	<p>Oxydes d'azote (NOx) Particules (PM10 et PM2.5) Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) Benzène Dioxyde de soufre (SO₂) Arsenic Nickel Benzo(a)pyrène (BaP)</p>		
<p>Les polluants spécifiques à l'EQRS</p>	<p>Voie respiratoire</p>	<p>Effets aigus</p>	<p>PM10, PM2.5 Dioxyde d'azote</p>
		<p>Effets chroniques</p>	<p>PM10, PM2.5 Dioxyde d'azote Benzène 16HAP dont le benzo(a)pyrène 1,3 butadiène Chrome Nickel Arsenic</p>
	<p>Voie orale</p>	<p>Effets chroniques</p>	<p>16HAP dont le benzo(a)pyrène</p>

3. Description de la zone d'étude

3.1 Topographie

La zone d'étude présente un relief peu marqué, l'ensemble du domaine d'étude se situe à une altitude comprise entre 25 et 55 mètres d'altitude.

Figure 3 : Topographie du domaine d'étude

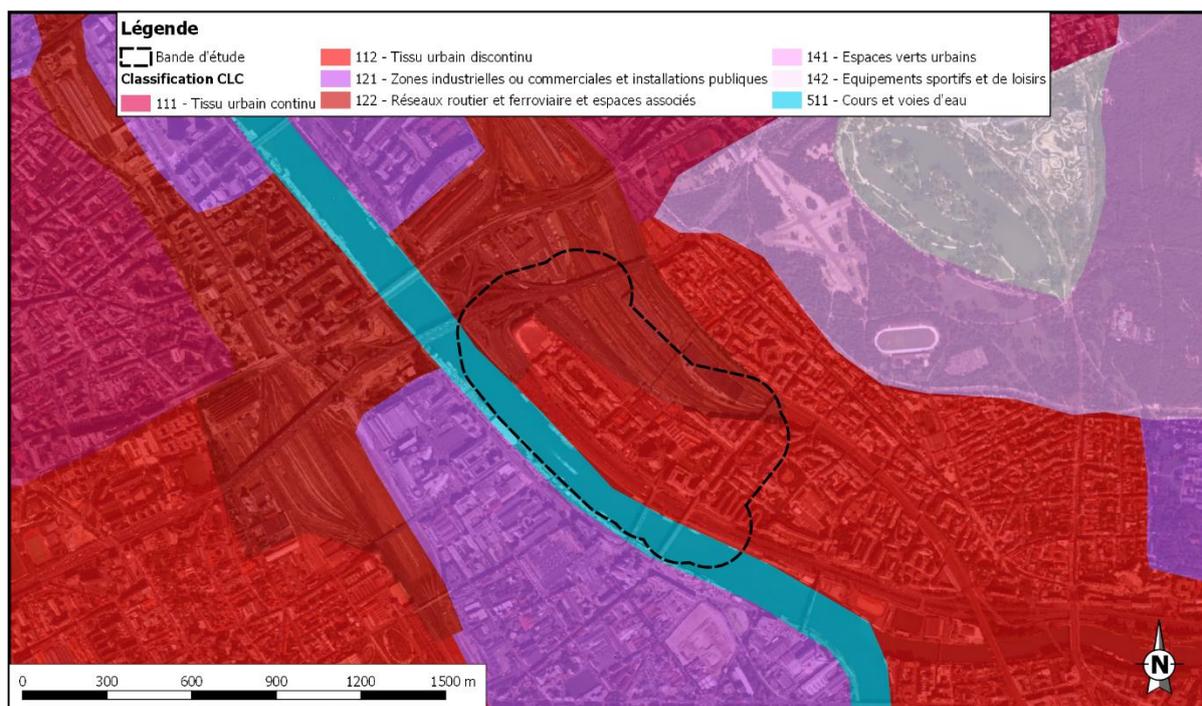


Compte tenu du relief peu marqué sur le domaine, celui-ci ne sera pas pris en compte lors des différents calculs de dispersion des polluants retenus dans cette étude.

3.2 Occupation des sols

La figure suivante illustre l'occupation des sols de la zone d'étude établie à partir de la base de données Corine Land Cover datant de l'année 2018, fournie par l'IFEN (Institut Français de l'Environnement).

Figure 4 : Occupation des sols sur le domaine d'étude selon les données Corine Land Cover publiées en 2018



Ainsi dans la zone d'étude, les sols sont principalement occupés par du tissu urbain discontinu, par une partie du réseau ferroviaire de la gare de fret de Bercy et par la Seine. Le tissu urbain se compose principalement d'habitations, du centre commercial Bercy 2 et de l'agence de Paris de la société de transport GEODIS.

Dans un rayon d'1 km autour du projet d'aménagement, on observe principalement du tissu urbain continu et discontinu, ainsi qu'une zone d'activité commerciale et industrielle (au sud-est de la zone d'étude) avec notamment la présence de l'unité d'incinération avec valorisation énergétique d'Ivry/Paris XIII. Dans la partie nord-est, se trouve des espaces verts et la présence de centres sportifs et de loisirs (Stade-Vélodrome Jacques Anquetil).

L'environnement du projet étant potentiellement impacté par des zones à vocation industrielle et commerciale, un recensement des industries a été réalisé. La figure suivante présente les résultats obtenus dans un rayon d'1 km à partir de la base de données du ministère de la transition Ecologique et Solidaire, de la base de données IREP (répertoire du registre français des émissions polluantes air, sol et eau) et de la base de données BASIAS/BASOL.

Trois installations ont été identifiées comme ayant un impact potentiel dans la zone d'étude :

- L'unité d'incinération avec valorisation énergétique d'Ivry/Paris XIII ;
- Un centre de production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné (CPCU) ;
- Un centre de production énergétique (DALKA).

- Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
- Etude de niveau I -
- 3. Description de la zone d'étude

Figure 5 : Localisation des activités industrielles à proximité du projet



Source : Fond de plan IGN, base de données IREP (2017) et BASIAS-BASOL

3.3 Climatologie

Le climat francilien est dans l'ensemble plutôt homogène. A la rencontre des grandes influences climatiques présentes sur les plaines et plateaux du Bassin Parisien, il se caractérise par une influence océanique dominante. Ce climat tempéré, souvent nuageux et doux, ne se prête que rarement à des excès de température en été comme en hiver. La neige y est rare et les précipitations modérées.

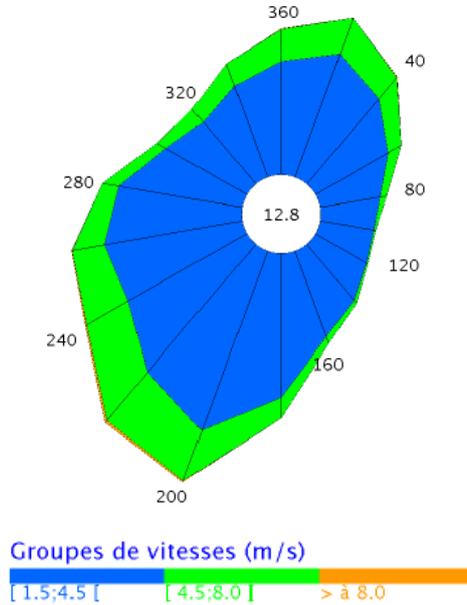
L'ensemble des données météorologiques prises en compte dans le présent chapitre est issu de la station Météo-France de Paris-Montsouris, station la plus représentative de la zone d'étude implantée à 4 km à l'ouest du projet.

3.3.1 Les vents

A Paris-Montsouris, on observe principalement des vents de secteur nord-nord-est et sud-sud-ouest. En effet, 36,6% des vents sont de secteur sud-sud-ouest (180° - 260°) et 25% de secteur nord-nord-est (360° - 100°).

► Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
- Etude de niveau I -
3. Description de la zone d'étude

Figure 6 : Rose des vents décennale (1997 – 2007)

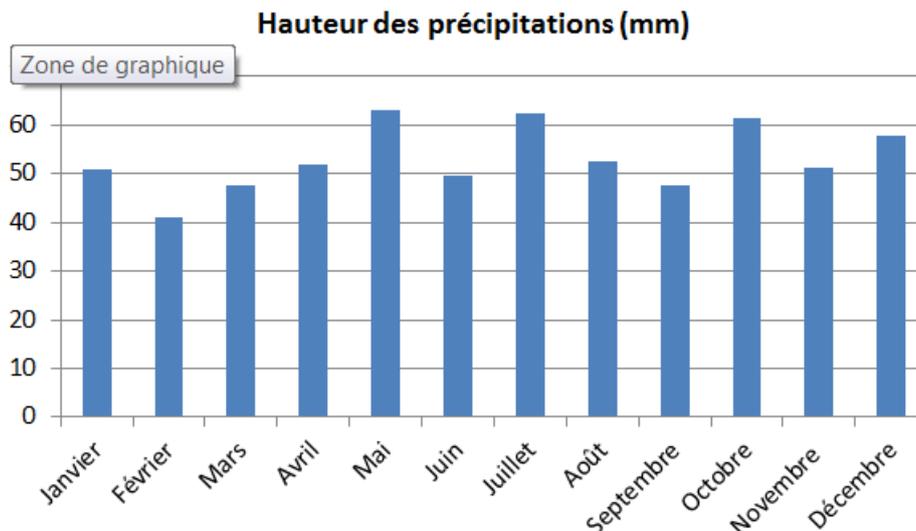


Source : Météo-France – Station météorologique de Paris-Montsouris

3.3.2 La pluviométrie

A Paris-Montsouris, le nombre moyen de jours avec précipitations (hauteur quotidienne supérieure à 1 mm d'eau) s'élève à 111,1 jours par an. La quantité moyenne annuelle de précipitation est de 637,4 mm. Ces précipitations sont globalement réparties de façon homogène tout au long de l'année.

Figure 7 : Pluviométrie moyenne mensuelle (1981 - 2010)



Source : Météo-France – Station météorologique de Paris-Montsouris

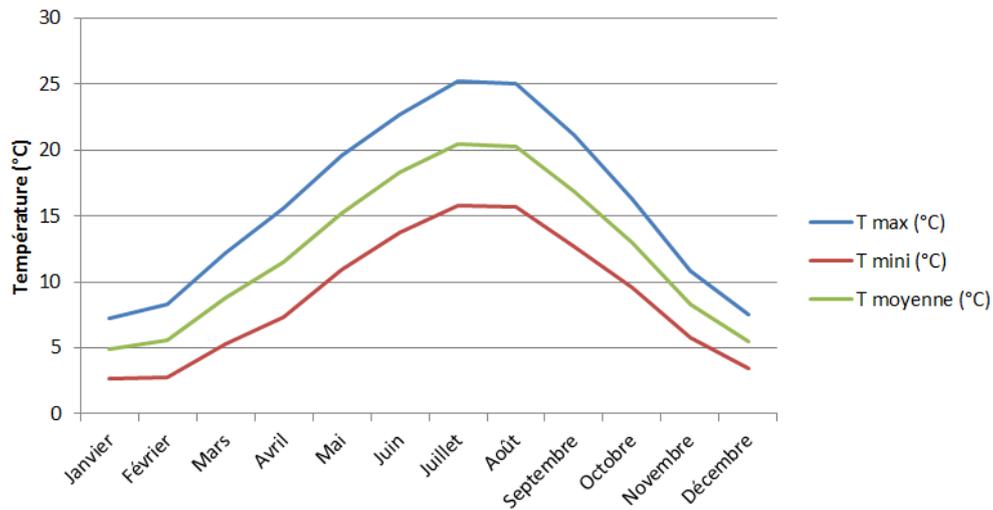
3.3.3 L'ensoleillement

La durée moyenne d'ensoleillement est de 1661,6 heures par an à Paris-Montsouris. Le nombre moyen de jours avec un bon ensoleillement est faible (51,45 jours par an).

3.3.4 Les températures

La température moyenne annuelle relevée au droit de la station Météo-France de Paris-Montsouris est de 12,4 °C. La température minimale moyenne annuelle est de 8,9 °C ; la température maximale moyenne annuelle est de 16 °C.

Figure 8 : Températures moyennes mensuelles (1981 – 2010)



Source : Météo-France – Station météorologique de Paris-Montsouris

3.4 Population

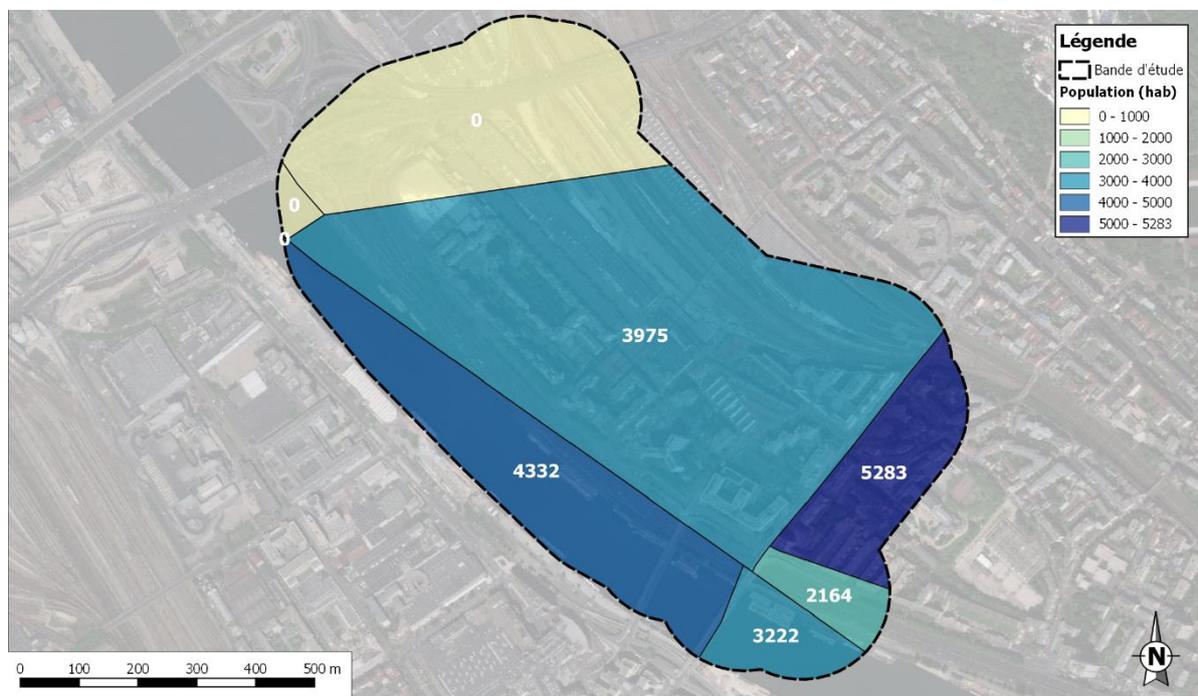
3.4.1 Population générale

La densité moyenne de population en 2015 sur la commune de Charenton-le-Pont, concernée par le projet est de l'ordre de 16 606 habitants/km² (données INSEE – échelle communale).

De plus, les données de répartition de la population sur la zone d'étude ont également été acquises auprès de l'INSEE (données de population dernières en date et issues du recensement de la population de 2015). Elles permettent de connaître le nombre d'habitants à l'échelle de l'IRIS⁸. Dans le cadre de cette étude, on dénombre 8 IRIS ou partie d'IRIS dans la bande d'étude du projet.

La répartition de la population en 2018 est présentée ci-après. Elle prend en compte les données publiées en 2015 ainsi que les projections de population entre 2013 et 2050 à l'échelle du département et publiées par l'INSEE⁹.

Figure 9 : Répartition de la population en 2018 sur le domaine d'étude



⁸ Un IRIS représente le découpage d'une commune de plus de 5 000 habitants en quartier d'habitation. Par extension, afin de couvrir l'ensemble du territoire, on assimile également à un IRIS chacune des communes non découpées (communes de moins de 5 000 habitants).

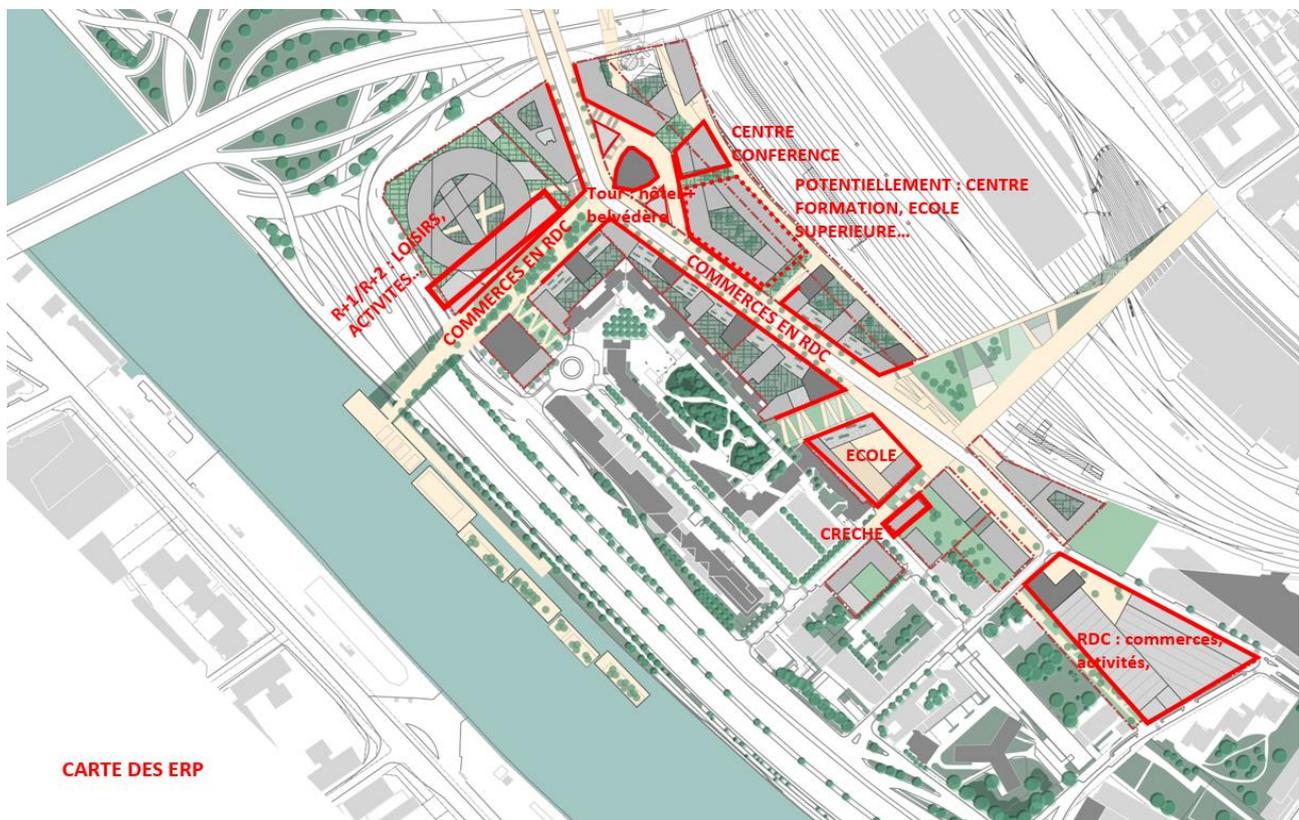
⁹ Une augmentation de la population de 1,32% entre 2015 et 2018 a été appliquée (moyenne sur le département du Val-de-Marne). Cette hypothèse est majorante compte tenu du tissu urbain et de la proximité de la zone d'étude avec Paris. L'analyse des données de projection sur la ville de Paris montre une tendance à la baisse du nombre d'habitants.

3.4.2 Populations vulnérables

Il apparait clairement que certaines populations sont plus vulnérables que d'autres en termes de santé. C'est pourquoi, dans le cadre d'une étude d'impact sur la santé, il est important de localiser les sites dits « vulnérables » (écoles, crèches, équipements sportifs, maisons de retraite et établissements de santé) dans le domaine d'étude.

L'analyse cartographique de la zone d'étude montre qu'il n'existe aucun lieu vulnérable dans la situation actuelle. On note néanmoins que dans le schéma directeur de l'aménagement du projet, il est prévu la construction d'une crèche et d'une école (voir figure ci-dessous). Ces deux sites ont donc été considérés dans cette étude d'impact afin d'évaluer le risque sanitaire sur les populations sensibles aux différents horizons d'étude.

Figure 10 : Localisation des populations sensibles



Source : Photo aérienne Google

4. Qualification de l'état initial

Avant de décrire l'état initial de la qualité de l'air à partir des données bibliographiques et de mesures réalisées *in situ*, des notions générales sur les polluants atmosphériques sont présentées.

4.1 Notions générales sur les polluants atmosphériques

4.1.1 Présentation et sources d'émission

Source : Gaz à effet de serre et polluants atmosphérique – Bilan des émissions en France de 1990 à 2017. Rapport National d'inventaire / Format SECTEN. (CITEPA, Edition juillet 2019)

Les polluants atmosphériques sont trop nombreux pour être surveillés en totalité. Certains d'entre eux sont choisis parce qu'ils sont caractéristiques d'un type de pollution (industrielle ou automobile), et parce que leurs effets nuisibles sur la santé et sur l'environnement sont avérés. Les principaux indicateurs de pollution atmosphérique sont les suivants :

- **Oxydes d'azote (NO_x)** : les oxydes d'azote sont formés lors de combustions, par oxydation de l'azote contenu dans le carburant. La proportion entre le NO (monoxyde d'azote) et le NO₂ (dioxyde d'azote) varie selon le procédé de combustion, et est entre autre fonction de la température. Le NO est majoritairement émis, mais il s'oxyde et évolue en NO₂ dans l'air d'autant plus rapidement que la température est élevée. Dans l'air ambiant, le NO₂ est essentiellement issu de combustion automobile, industrielle et thermique. Le secteur du transport (routier et non-routier) contribue pour environ 63% aux émissions de NO_x nationales en 2017.
- **Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)** : les composés organiques volatils (dont le benzène) sont émis lors des processus de combustion (transport, résidentiel/tertiaire, industrie, transformation d'énergie) et par évaporation notamment de carburants. En 2017, le secteur du résidentiel est le secteur le plus émissif (46%) suivi par l'industrie manufacturière (36%). Le transport contribue à hauteur de 14% des émissions totales de COVNM.
- **Particules en suspension (PM)** : on distingue les particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM10) et les particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM2.5). En ce qui concerne les PM10, la répartition des émissions anthropiques en France et en 2017 est la suivante : 33% résidentiel/tertiaire, 31% industrie manufacturière, 21% agriculture/sylviculture, 14% transports. En ce qui concerne, les PM2.5, le résidentiel/tertiaire le contributeur le plus important (50%), suivi par l'industrie manufacturière (23%) et les transports (17%).
- **Monoxyde de carbone (CO)** : Le CO est exclusivement d'origine anthropique. Sa formation se déroule lors de combustions incomplètes de tout combustible fossile ou non (gaz, charbon, fioul ou bois) dans le trafic routier (gaz d'échappement) et le chauffage résidentiel (bois notamment). Le CO est également émis depuis certains secteurs industriels (métallurgie par exemple). En 2017, les émissions de CO en France sont réparties comme suit : 45% résidentiel/tertiaire, 31% industries, 17% transports.
- **Dioxyde de soufre (SO₂)** : les émissions de dioxyde de soufre peuvent être d'origine naturelle (océans et volcans), mais sont principalement d'origine anthropique en zone urbaine et industrielle. Le SO₂ est un sous-produit de combustion du soufre contenu dans des matières organiques. Les émissions de SO₂ sont donc directement liées aux teneurs en soufre des combustibles (gazole, fuel, charbon...). Le dioxyde de soufre est généralement associé à une pollution d'origine industrielle, en raison principalement des consommations en fioul lourd et charbon du secteur. Le secteur du transport routier ne contribue quasiment pas aux émissions de SO₂ nationales en 2017, les principaux secteurs étant la transformation d'énergie (25%) et l'industrie manufacturière (50%).
- **Métaux lourds** : les émissions de métaux lourds peuvent provenir de différentes sources. En ce qui concerne le zinc et le cuivre, le transport routier est le principal émetteur. Pour les autres métaux (arsenic, cadmium, chrome, mercure, nickel, sélénium, plomb), ils proviennent majoritairement

d'autres sources d'émission (industrie manufacturière, transformation d'énergie, résidentiel et tertiaire, ...)

- **Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)** : les HAP tels que le benzo(a)pyrène (HAP reconnu comme cancérigène) proviennent principalement de combustion incomplète ou de pyrolyse. Le secteur du transport routier contribue peu (15%) aux émissions de HAP nationales en 2013, le principal émetteur étant le secteur résidentiel et tertiaire.

4.1.2 La réglementation des polluants atmosphériques

Source : article R221.1 – Code de l'environnement

Les concentrations de polluants dans l'air sont réglementées. On distingue ainsi **5 niveaux de valeurs réglementaires** :

- **Objectif de Qualité (OQ)** : niveau de concentration à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble ;
- **Valeur Cible (VC)** : niveau de concentration à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ;
- **Valeur Limite pour la protection de la santé (VL)** : niveau de concentration à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques, afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ;
- **Seuil d'Information et de recommandation (SI)** : niveau de concentration au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population, et qui rend nécessaire l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions ;
- **Seuil d'Alerte de la population (SA)** : niveau de concentration au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

A noter que, dans la suite de cette étude, seules les valeurs limites pour la protection de la santé (VL) seront utilisées pour faire une comparaison avec les résultats de mesures et de modélisation.

- Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
 - Etude de niveau I -
 4. Qualification de l'état initial

Tableau 4. Réglementation du dioxyde d'azote (NO₂)

Période de référence	Objectif de qualité	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 40 µg/m ³	-
Période de référence	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Centile 99,8 : (à partir des valeurs moyennes horaires) 200 µg/m ³	2010
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 40 µg/m ³	2010
Période de référence	Seuils d'information et d'alerte	
1 heure	Seuil de recommandation et d'information : 200 µg/m ³ (moyenne horaire)	
1 heure	Seuil d'alerte : - 400 µg/m ³ (moyenne horaire pendant 3 heures consécutives) ; - 200 µg/m ³ si la procédure d'information et de recommandation a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain.	

Tableau 5. Réglementation du benzène (C₆H₆)

Période de référence	Objectif de qualité	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 2 µg/m ³	-
Période de référence	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 5 µg/m ³	2010

Tableau 6. Réglementation des particules en suspension PM10

Période de référence	Objectif de qualité	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 30 µg/m ³	-
Période de référence	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Centile 90,4 : (à partir des valeurs moyennes journalières) 50 µg/m ³	2005
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 40 µg/m ³	2005
Période de référence	Seuils d'information et d'alerte	
24 heures	Seuil de recommandation et d'information : 50 µg/m ³ (moyenne 24 heures)	
24 heures	Seuil d'alerte : 80 µg/m ³ (moyenne 24 heures)	

- Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
 - Etude de niveau I -
 4. Qualification de l'état initial

Tableau 7. Réglementation des particules en suspension PM2.5

Période de référence	Objectif de qualité	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 10 µg/m ³	-
Période de référence	Valeur cible	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 20 µg/m ³	2010
Période de référence	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 25 µg/m ³	2015

Tableau 8. Réglementation du dioxyde de soufre (SO₂)

Période de référence	Objectif de qualité	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 50 µg/m ³	-
Période de référence	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Centile 99,7 : (à partir des valeurs moyennes horaires) 350 µg/m ³	2005
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Centile 99,2 : (à partir des valeurs moyennes journalières) 125 µg/m ³	2005
Période de référence	Seuils d'information et d'alerte	
1 heure	Seuil de recommandation et d'information : 300 µg/m ³ (moyenne horaire)	
1 heure	Seuil d'alerte : 500 µg/m ³ (moyenne horaire pendant 3 heures consécutives)	

Tableau 9. Réglementation du benzo(a)pyrène (BaP)

Période de référence	Valeur cible	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	1 ng/m ³	31/12/2012

- Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
 - Etude de niveau I -
 4. Qualification de l'état initial

Tableau 10. Réglementation des métaux lourds

Composé	Période de référence	Valeur cible	Date d'application
Arsenic	Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	6 ng/m ³	31/12/2012
Composé	Période de référence	Valeur cible	Date d'application
Cadmium	Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	5 ng/m ³	31/12/2012
Composé	Période de référence	Valeur cible	Date d'application
Nickel	Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	20 ng/m ³	31/12/2012
Composé	Période de référence	Objectif de qualité	Date d'application
Plomb	Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	250 ng/m ³	2002
	Période de référence	Valeur limite	Date d'application
	Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	500 ng/m ³	2010

Tableau 11. Réglementation du monoxyde de carbone (CO)

Période de référence	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Date d'application
Année civile (1 ^{er} janvier au 31 décembre)	Maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures : 10 mg/m ³	2005

4.2 Données bibliographiques

Ce paragraphe a pour objectif de décrire la qualité de l'air de la zone d'étude à partir des données bibliographiques disponibles. Cette analyse s'appuiera principalement sur :

- Le dernier bilan en date des émissions et de la qualité de l'air en Île-de-France (année 2018) publié par l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air : AIRPARIF¹⁰,
- les concentrations mesurées sur les stations du réseau de mesures d'AIRPARIF.

4.2.1 Bilan des émissions atmosphériques

Le tableau suivant expose le bilan des émissions atmosphériques de l'année 2015 réalisé par AIRPARIF.

Tableau 12. Emissions sur le département du Val-de-Marne

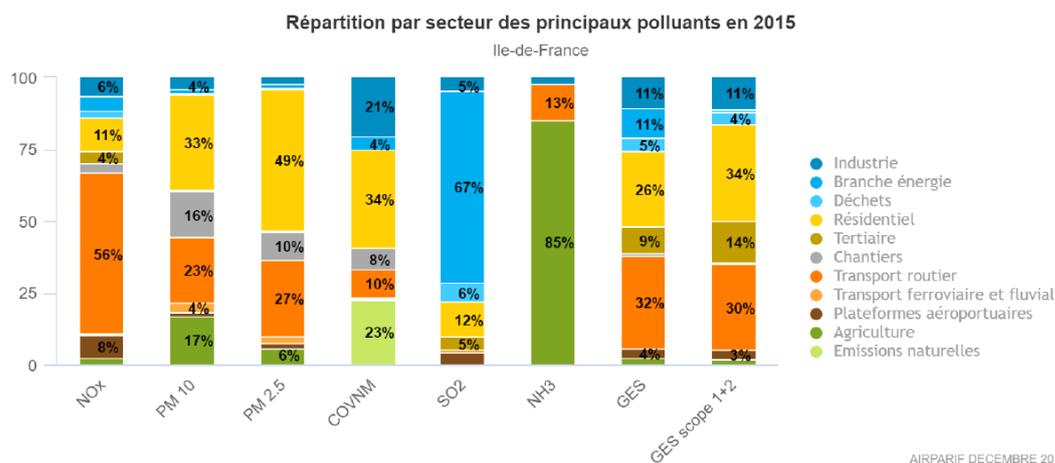
Polluant	NO _x	SO ₂	COVNM ¹¹	PM10	PM2.5	GES ¹²
Emissions annuelles sur le département du Val-de-Marne (t/an)	8 240	2 350	5 350	1 070	830	4 410
% d'émission par rapport au territoire francilien	10,5%	25,5%	7,1%	6,8%	8,0%	10,7%

Les émissions du département du Val-de-Marne représentent :

- un peu plus d'un quart (25,5%) des émissions régionales en SO₂ ;
- plus de 10% des émissions régionales en oxydes d'azote ;
- moins de 10% des émissions régionales en particules PM10 et en PM2.5, ainsi qu'en composés organiques volatils non méthaniques.

La figure suivante présente la répartition des émissions de différents polluants par secteur d'activité pour la région Ile-de-France suite aux bilans des émissions atmosphériques réalisés par AIRPARIF.

Figure 11 : Répartition des émissions par secteur d'activité pour la région Ile-de-France



¹⁰ Bilan de la qualité de l'air. Année 2018. Surveillance et information en Île-de-France. AIRPARIF

¹¹ COVNM : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

¹² GES : Gaz à Effet de Serre

► Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
- Etude de niveau I -

4. Qualification de l'état initial

Sur l'ensemble du territoire de l'Île-de-France, les émissions en polluants atmosphériques et gaz à effet de serre sont essentiellement issues des transports routiers, ainsi que du secteur résidentiel.

Les émissions polluantes liées au transport routier représentent environ :

- plus de 55% des émissions d'oxydes d'azote ;
- de 10 à 32% des émissions de PM10, de PM2.5 et de COVNM ;
- moins de 10% des émissions de dioxyde de soufre.

Les émissions du secteur résidentiel participent, quant à elles, pour 12% aux émissions de SO₂, 34% aux émissions de COVNM et de 33 à 49% aux émissions de poussières.

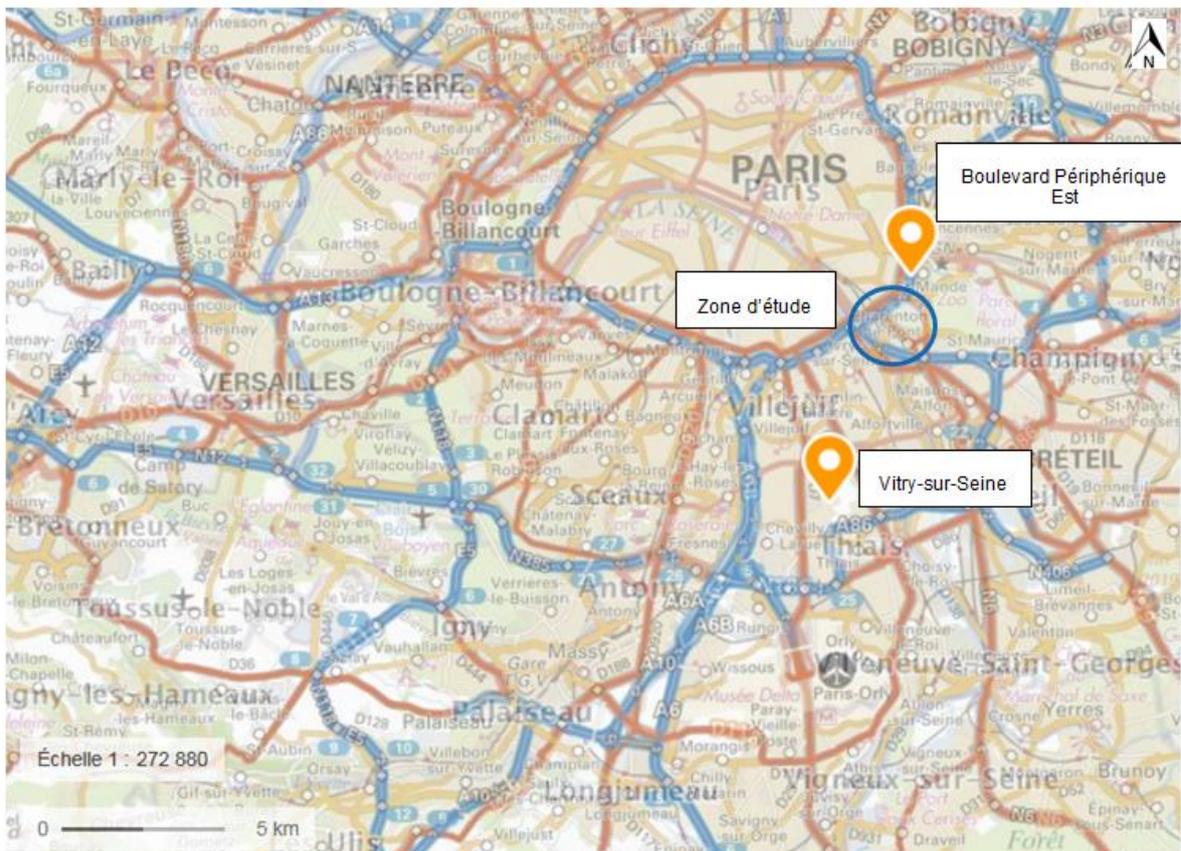
4.2.2 Bilan de la qualité de l'air de la zone d'étude en 2018

Le bilan de la qualité de l'air au droit de la zone d'étude est établi à partir des mesures effectuées en 2018 sur les différentes stations du réseau d'AIRPARIF les plus proches de la zone d'étude, à savoir :

- station « Vitry-sur-Seine » : station urbaine représentative de l'exposition moyenne des personnes et de l'environnement en zone urbanisée, située à 5 km au Sud de la zone d'étude ;
- station « Boulevard Périphérique Est » : station de proximité trafic représentative de l'exposition maximale des personnes et de l'environnement à proximité d'une infrastructure routière, située à 2 km au Nord de la zone d'étude.

La figure suivante présente la localisation de ces deux stations.

Figure 12 : Localisation des stations de mesure d'AIRPARIF



Source : AIRPARIF

Les tableaux ci-après présentent les polluants mesurés sur ces deux stations de mesures ainsi que les concentrations moyennes annuelles 2018 associées.

Tableau 13. Concentrations moyennes annuelles mesurées en 2018

Station de mesure	NO ₂ (µg/m ³)	PM10 (µg/m ³)	PM2.5 (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)
Station Vitry-sur-Seine - station urbaine -	29,9	21,2	13,4	1,1
Station Boulevard Périphérique Est - station trafic -	67,4	28,7	16,3	-
Valeurs de référence	40 (VL)	30 (OQ) 40 (VL)	10 (OQ) 20 (VC) 25 (VL)	50 (OQ)

Source : AIRPARIF

Tableau 14. Nombre de dépassements des valeurs limites horaires ou journalières en 2018

Station de mesure	NO ₂	PM10	SO ₂
Station Vitry-sur-Seine - station urbaine -	0	2	0
Station Boulevard Périphérique Est - station trafic -	6	11	-
Valeurs de référence	200 (VL horaire) 18 dépassements autorisés	50 (VL journalière) 35 dépassements autorisés	350 (VL horaire) 24 dépassements autorisés 125 (VL journalière) 3 dépassements autorisés

Source : AIRPARIF

► Le dioxyde d'azote (NO₂)

La station « Vitry-sur-Seine » présente une concentration moyenne annuelle qui respecte la valeur limite fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle. La station trafic « Boulevard Périphérique Est » présente, quant à elle une concentration moyenne annuelle (67,4 µg/m³) supérieure à la valeur limite.

La valeur limite horaire autorise 18 heures de dépassement par an de la valeur de 200 µg/m³. Sur la station « Vitry-sur-Seine », aucun dépassement de cette valeur n'a été observé. Sur la station « Boulevard Périphérique Est », 6 heures de dépassement ont été observées dans l'année : la valeur limite horaire est donc respectée sur l'ensemble des stations étudiées.

► Les particules PM10

Sur les deux stations étudiées, la valeur limite annuelle est respectée.

Sur ces deux stations, la concentration moyenne annuelle en particules PM10 respecte également l'objectif de qualité (30 µg/m³ en moyenne annuelle).

La valeur limite journalière autorise 35 jours de dépassement par an de la valeur de 50 µg/m³. Sur l'ensemble des stations, cette valeur limite est respectée avec 11 jours maximum de dépassement observés sur la station « Boulevard Périphérique Est ».

► Les particules PM2.5

La concentration moyenne annuelle en PM2.5 mesurée en 2018 sur les stations « Vitry-sur-Seine » et « Boulevard Périphérique Est » respecte la valeur limite fixée à 25 µg/m³ et la valeur cible fixée à 20 µg/m³. Toutefois, sur ces stations, l'objectif de qualité fixé à 10 µg/m³ n'est pas respecté.

► Le dioxyde de soufre (SO₂)

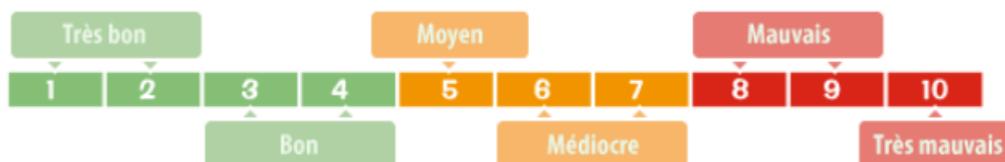
Sur la station « Vitry-sur-Seine », seule station assurant le suivi du SO₂ à proximité de la zone d'étude, la concentration moyenne annuelle mesurée (1,1 µg/m³) est très largement inférieure (45 fois) à l'objectif de qualité de l'air fixé à 50 µg/m³.

La valeur limite journalière autorise 3 jours de dépassement par an de la valeur de 125 µg/m³ et la valeur limite horaire autorise 24 heures de dépassement par an de la valeur de 350 µg/m³. Aucun dépassement de ces valeurs limites n'a été observé dans l'année sur la station de « Vitry-sur-Seine ».

► L'indice ATMO

L'indice ATMO, diffusé quotidiennement au grand public, est un indicateur permettant de caractériser la qualité de l'air moyenne de chaque jour par un seul chiffre compris entre 1 (très bonne qualité) et 10 (très mauvaise qualité).

Figure 13 : Echelle de l'indice ATMO



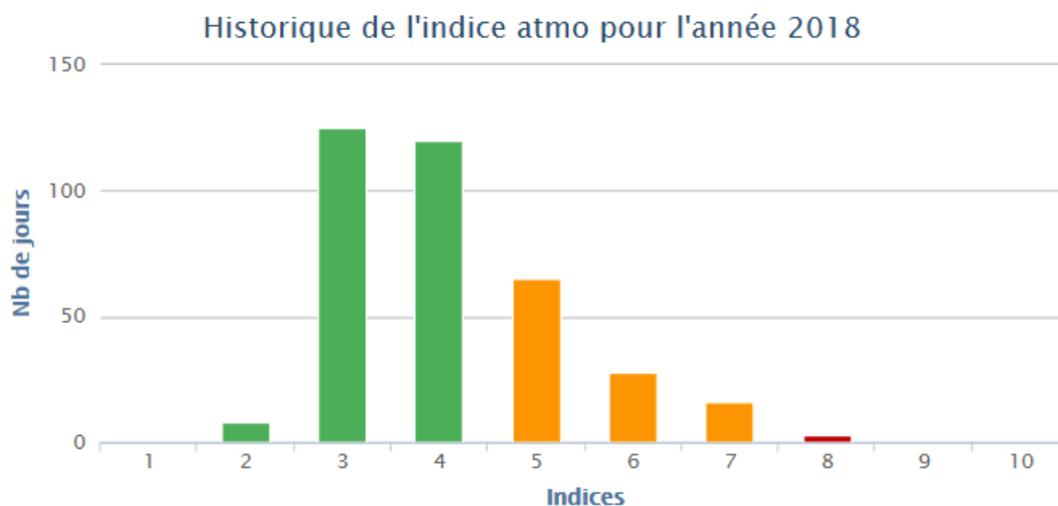
Quatre polluants entrent en compte dans le calcul de cet indice : NO₂, SO₂, O₃ et PM10.

Pour chaque polluant, un sous-indice est calculé. Chaque sous-indice est déterminé chaque jour à partir d'une moyenne des niveaux du polluant considéré sur l'ensemble des stations retenues.

Pour les particules, on prend la concentration moyenne journalière sur chaque site. Pour le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote et l'ozone, c'est la concentration maximale horaire du jour qui est relevée sur chaque site. C'est le sous-indice maximal qui est choisi comme indice Atmo final caractérisant la qualité de l'air globale de la journée considérée.

La figure en page suivante présente les indices ATMO de l'agglomération parisienne dont la commune de Charenton-le-Pont fait partie.

Figure 14 : Indice ATMO de l'agglomération parisienne en 2018



Source : ATMO AIRPARIF

En 2018, l'agglomération parisienne a bénéficié d'une qualité de l'air :

- bonne à très bonne (indice compris entre 1 et 4) pendant 253 jours, soit environ 69% de l'année ;
- moyenne à médiocre (indice compris entre 5 et 7) pendant 109 jours, soit environ 30% de l'année ;
- mauvaise à très mauvaise (indice 8 à 10) pendant 3 jours, soit environ 1% de l'année.

Les polluants majoritairement responsables de la dégradation de l'indice ATMO sont l'ozone et les PM10 (respectivement 45 % et 55 % du temps). A noter que ces dernières sont principalement responsables de la dégradation des indices en période hivernale, et l'ozone pendant la période estivale.

4.2.3 Les documents de planification

La zone d'étude est soumise à des outils de planification au niveau régional ou local. Ces outils fixent des orientations et/ou des mesures devant être respectées. Les documents ayant un impact direct sur la qualité de l'air au droit de la zone d'étude sont listés ci-dessous :

- le Schéma Régional Climat, Air et Energie de la région Île-de-France (SRCAE) ;
- le Plan Régional Santé Environnement (PRSE) ;
- le Plan Régional pour la qualité de l'air ;
- le Plan de Protection de l'Atmosphère en Île-de-France (PPA) ;
- le Plan de Déplacements Urbains de la région Île-de-France (PDUIF) ;
- le Plan Climat Air Energie métropolitain.

4.2.3.1 Les plans régionaux

► Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE)

Après avoir été approuvé à l'unanimité par le conseil régional le 23 novembre 2012, le préfet de la région Ile-de-France a arrêté le 14 décembre 2012 le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie d'Ile-de-France (SRCAE). Conformément au code de l'environnement, le SRCAE remplace le Plan Régional de la Qualité de l'Air (PRQA) de la région Ile de France.

Le SRCAE fixe 17 objectifs et 58 orientations stratégiques pour le territoire régional en matière de réduction des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre, d'amélioration de la qualité de l'air, de développement des énergies renouvelables et d'adaptation aux effets du changement climatique. Ce document stratégique s'est appuyé sur plusieurs études préalables qui ont permis d'approfondir les connaissances sur les principaux enjeux régionaux.

Le SRCAE définit les trois grandes priorités régionales en matière de climat, d'air et d'énergie :

- le renforcement de l'efficacité énergétique des bâtiments avec un objectif de doublement du rythme des réhabilitations dans le tertiaire et de triplement dans le résidentiel ;
- le développement du chauffage urbain alimenté par des énergies renouvelables et de récupération, avec un objectif d'augmentation de 40 % du nombre d'équivalent logements raccordés d'ici 2020 ;
- la réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre du trafic routier, combinée à une forte baisse des émissions de polluants atmosphériques (particules fines, dioxyde d'azote).

Parmi les 58 orientations, plusieurs concernent directement la qualité de l'air, notamment :

- poursuivre l'amélioration des connaissances en matière de qualité de l'air ;
- caractériser le plus précisément possible l'exposition des Franciliens ;
- inciter les Franciliens et les collectivités à mener des actions améliorant la qualité de l'air.

La quasi-totalité des orientations préconisées dans les différents domaines visés (bâtiments, énergies renouvelables, consommations électriques, transports, urbanisme et aménagement, agriculture) contribuent à une réduction significative des émissions de polluants atmosphériques, et par conséquent à l'amélioration de la qualité de l'air sur le plan régional.

Les orientations permettent de donner des indications sur les actions à mettre en place localement mais n'apparaissent pas contraignantes. Aussi la réussite du SRCAE est conditionnée par la capacité des acteurs locaux à s'approprier les orientations et à les décliner sur leurs territoires.

► Le Plan Régional Santé Environnement (PRSE3)

En Île-de-France, le PNSE a été décliné sous l'impulsion de la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (DRIEE) et de l'Agence Régionale de Santé (ARS) sous la forme d'un 3ème plan régional santé environnement (PRSE) 2017 - 2021 approuvé en octobre 2017 par la préfecture de la région Ile-de-France. Ce plan co-piloté par l'ARS et la DRIEE a fait l'objet d'une démarche d'élaboration partenariale et participative, réunissant plus d'une centaine d'acteurs de la région Île-de-France. Le PRSE3 est construit autour de 4 axes :

- axe 1 : préparer l'environnement de demain pour une bonne santé ;
- axe 2 : surveiller et gérer les expositions liées aux activités humaines et leurs conséquences sur la santé ;
- axe 3 : travailler à l'identification et à la réduction des inégalités sociales et environnementales de santé ;
- axe 4 : protéger et accompagner les populations vulnérables.

Le PRSE est constitué de 18 fiches action, portant sur des domaines multiples et leurs liens avec la santé tels que :

- la qualité de l'air (extérieur et intérieur) ;
- l'agriculture urbaine ;
- l'eau potable ;
- la lutte contre les espèces allergisantes et les animaux vecteurs d'agents pathogènes (moustique tigre notamment) ;
- la réduction des expositions quotidiennes aux polluants environnementaux chez la femme enceinte et le jeune enfant ;
- la précarité énergétique ;
- ou encore l'aménagement du territoire.

► Le Plan Régional pour la Qualité de l'Air

L'adoption d'un Plan pour l'Air par le Conseil Régional Île-de-France a pour objectif de réduire le niveau de pollution chronique de l'air en Ile-de-France. Ce plan a été présenté devant l'assemblée générale le 17 juin 2016 et est pluriannuel (2016-2021). La Région Ile-de-France entend ainsi jouer pleinement son rôle de chef de file dans les domaines de l'énergie, du climat et de l'air. Ce plan concrétise également l'intégration de la priorité "air" dans l'ensemble des politiques régionales.

Les différentes propositions retenues concernent :

- la Gouvernance ;
- l'amélioration des connaissances et la surveillance de la situation ;
- l'innovation autour de la qualité de l'air avec la constitution d'un « LAB AIR » pour structurer les entreprises innovantes dans le domaine de la qualité de l'air ;
- la diminution des émissions liées aux consommations d'énergie dans les bâtiments ;
- la qualité de l'air intérieur ;
- la diminution des émissions liées au transport et à la mobilité ;
- le secteur de l'agriculture et de la forêt ;
- la formation professionnelle ;
- l'exemplarité de la région.

4.2.3.2 Les plans locaux

► Le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)

Le Plan de protection de l'atmosphère (PPA) a été introduit par la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie (LAURE) du 30 décembre 1996. Il constitue un outil de gestion de la qualité de l'air et impose des contraintes réglementaires aux émetteurs dans le but de reconquérir un air de qualité.

Un premier PPA a été adopté en 2006, couvrant la période 2005-2010. Une première révision a été réalisée entre 2011 et 2012 et a été approuvée par arrêté inter-préfectoral le 25 mars 2013.

Ce document a été révisé entre 2016 et 2017 et a été approuvé le 31 janvier 2018. Il couvre la période 2017-2025.

Il est construit autour de 25 défis, déclinés en 46 actions. Il a pour objectif de ramener la région Île-de-France sous les seuils européens à l'horizon 2025. Il doit permettre de réduire très fortement (entre 40 et 70% selon les polluants), le nombre de franciliens exposés à des dépassements de valeurs limites de qualité de l'air.

Il vise tous les secteurs d'activité (aérien, agriculture, industrie, résidentiel et transports) et particulièrement le chauffage au bois et le trafic routier, principales sources de particules fines et de dioxyde d'azote en Île-de-France.

► Le Plan de Déplacements Urbains d'Île-de-France (PDUIF)

Après l'évaluation du premier Plan de Déplacements Urbains d'Île-de-France (PDUIF) de 2000 et au terme d'un processus d'élaboration riche en débats et en contributions de la part de l'ensemble des acteurs de la mobilité en Île-de-France, le second PDUIF a été approuvé en juin 2014 par le Conseil Régional d'Île-de-France. Le Plan de Déplacements Urbains d'Île-de-France (PDUIF) vise à atteindre un équilibre durable entre les besoins de mobilité des personnes et des biens, d'une part, la protection de l'environnement et de la santé et la préservation de la qualité de vie, d'autre part, le tout sous la contrainte des capacités de financement. Le PDUIF a identifié 9 défis à relever, déclinés en 34 actions opérationnelles, pour atteindre cet équilibre. Le plan d'action porte sur la période 2010-2020. La mise en œuvre des actions du PDUIF repose sur l'ensemble des acteurs franciliens de la mobilité.

► Le Plan Climat Air Energie métropolitain

Le 8 décembre 2017, le Conseil de la Métropole du Grand Paris a validé son projet de plan Climat Air Energie métropolitain (PCAEM). L'adoption définitive et la mise en œuvre sont prévues pour septembre 2018.

Ce dernier s'articule autour des objectifs stratégiques et opérationnels prioritaires suivants :

- atteindre la neutralité carbone à 2050 ;
- atteindre le facteur 4 à l'horizon 2050 ;
- accroître la résilience de la métropole face aux effets du changement climatique ;
- ramener les concentrations en polluants atmosphériques à des niveaux en conformité avec les objectifs fixés par l'Organisation Mondiale de la Santé ;
- réduire massivement les consommations énergétiques finales ;
- obtenir un mix énergétique diversifié et décarboné.

Les actions relatives à la qualité de l'air sont les suivantes :

- Air1 : mobiliser les acteurs publics et privés sur les enjeux de la qualité de l'air ;
- Air2 : améliorer la connaissance de la qualité de l'air et soutenir l'innovation ;
- Air3 : accompagner la création d'une zone métropolitaine de circulation à basses émissions ;

► Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
- Etude de niveau I -
4. Qualification de l'état initial

- Air4 : accompagner la mise en place des Plans de déplacements pour les administrations et soutenir la mise en place des plans de déplacements pour les entreprises ;
- Air5 : financer un diagnostic « déplacements » à l'échelle métropolitaine ;
- Air6 : réaliser un plan métropolitain pour les « mobilités actives » ;
- Air7 : poursuivre et développer le dispositif « Métropole Roule Propre » ;
- Air8 : élaborer un plan d'actions pour réduire les émissions liées au secteur aérien ;
- Air9 : créer un Fonds Air-Bois Métropolitain ;
- Air10 : mettre en place des chantiers à basses émissions ;
- Act3 : limiter les émissions liées à la construction (accompagner le développement de l'économie circulaire et le réemploi ;
- Act4 : développer une agriculture urbaine et périurbaine respectueuse de l'environnement.

Le Plan Climat Air Energie vise à faire converger l'action des 131 communes et 11 territoires de la métropole du Grand Paris en faveur de la résilience climatique, de la transition énergétique et de la qualité de l'air, en accompagnant ces acteurs, en favorisant les synergies et en promouvant les actions locales et métropolitaines.

Le 29 mars 2018, une feuille de route pour la qualité de l'air francilienne, dont l'élaboration a été co-pilotée par l'Etat et le Conseil régional d'Île-de-France a été approuvée. Associant les départements, les EPCI8, les EPT9, la métropole du Grand Paris et la Ville de Paris, cette feuille de route regroupe des actions concrètes et mises en œuvre à court terme par les collectivités franciliennes pour reconquérir la qualité de l'air.

4.2.3.3 Synthèse

La zone d'étude est soumise à des outils de planification au niveau régional ou local. L'étude des différents documents de planification a permis de faire ressortir plus de 100 actions à tous niveaux, en lien direct ou indirect avec les émissions de polluants atmosphériques. Ces actions s'appuient sur plusieurs thèmes :

- **la planification urbaine** : les actions mises en places ou envisagées visent à réduire l'usage de la voiture et favoriser le recours à des modes de transports collectifs ou doux, ainsi qu'améliorer la qualité des services proposés en termes d'aménagements urbains ;
- **l'habitat et l'efficacité énergétique du bâti** : plusieurs mesures visent à la promotion d'économies d'énergie en agissant sur la construction ou sur la réhabilitation de bâti existant en influençant les caractéristiques de construction, de mode de chauffage et d'alimentation en énergie. Par extension, ce thème englobe les mesures visant à réduire les émissions de polluants atmosphériques lors de la phase de construction et les émissions associées aux comportements individuels ;
- **le secteur de l'industrie** : les mesures visent à accroître le contrôle, le suivi et l'accompagnement des industries émettrices, ainsi qu'à promouvoir des bonnes pratiques dans le secteur industriel ;
- **le secteur de l'agriculture** : les mesures ont pour ambition de réduire les émissions liées à ce secteur d'activité, en accentuant la maîtrise des épandages, des différentes pratiques du milieu et le contrôle des matériels utilisés ;
- **le secteur des transports** : ces mesures visent à diminuer la part de la voiture individuelle, améliorer l'offre de services de transports en commun, et promouvoir les modes de déplacement actif (marche, vélo).

4.2.4 Impact sanitaire de la pollution atmosphérique sur les populations

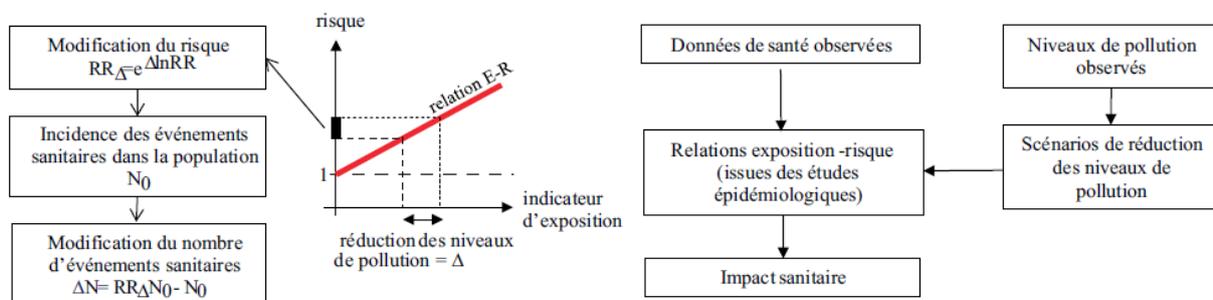
Pour un grand nombre d'agglomération de plus de 100 000 habitants, une Etude d'Impact Sanitaire de la Pollution Atmosphérique (EIS-PA) est réalisée afin de quantifier l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique dans l'agglomération considérée.

Elle permet également de fournir des estimations des bénéfices attendus en termes de santé publique, pour différents scénarios d'évolution de la pollution atmosphérique, de façon à comparer l'efficacité de différentes stratégies en termes de bénéfices sanitaires et d'orienter les décisions pouvant avoir une influence sur la qualité de l'air.

D'autres données relatives à l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique sont également disponibles suite aux travaux menés notamment dans le cadre du programme européen APHEKOM (Amélioration des connaissances et de la communication sur la pollution de l'air et la santé en Europe).

Le principe de l'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique est présenté dans la figure suivante.

Figure 15 : Principe de l'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique



Source : ORS Île-de-France

L'étude réalisée par l'Observatoire Régional de Santé Île-de-France, intitulée « Impacts sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine et des expositions à proximité du trafic routier dans l'agglomération parisienne »¹³ met en exergue que le non-respect des valeurs guides de l'OMS (niveaux de PM_{2.5} et de PM₁₀ respectivement inférieurs à 10 µg/m³ et 20 µg/m³) sur la période 2004-2006, a été responsable, annuellement, a minima :

- sur le long terme, du fait d'une exposition chronique, d'environ 1 400 décès anticipés chez les adultes, soit 4 % des décès toutes causes non accidentelles enregistrés ;
- à court terme, d'une centaine de décès anticipés et d'environ 480 hospitalisations pour causes cardio-respiratoires.

De plus, il a été démontré que plus de la moitié de la population à Paris et en proche couronne réside à moins de 150 m d'un axe à fort trafic routier et environ un tiers à moins de 75 m, avec des niveaux de pollution atmosphérique généralement accrus dans ces zones et des risques de pathologies majorés.

Ainsi, il a été estimé que cette proximité aux axes à fort trafic routier est responsable de 16 % des nouveaux cas d'asthme chez les enfants (de 0 à 18 ans). Ces effets chroniques, combinés aux effets à court terme de la pollution de l'air liés au non-respect de la valeur guide de l'OMS pour les particules, sont responsables de 29 % des crises d'asthme et de 16 % des hospitalisations pour asthme dans cette population, ce qui représente environ 650 hospitalisations évitables chaque année.

Ces résultats sont entourés d'une part d'incertitudes mais fournissent néanmoins un ordre de grandeur de l'importance de l'impact de la pollution atmosphérique dans la région Île-de-France qui doivent inciter à poursuivre les efforts afin d'améliorer la qualité de l'air.

On note également le poids du trafic routier et l'étude invite donc à s'attaquer en priorité à la question de la circulation routière mais aussi à repenser la ville, notamment concernant la représentation d'établissements sensibles à proximité des voies à grande circulation.

En complément, un certain nombre d'actions de mesure de réduction de la pollution atmosphérique peut être mis en place. Les Évaluations Quantitatives d'Impact Sanitaire (EQIS) permettent de quantifier les bénéfices sanitaires de ces actions. L'article de S. Host et L. Duchesne (septembre 2017) décrit les résultats de 16 EQIS visant à améliorer la qualité de l'air ambiant, recensées dans la littérature scientifique jusqu'en 2015, et fournit une illustration de nombreux cas d'application de cette approche¹⁴.

¹³ https://www.iau-idf.fr/fileadmin/DataStorageKit/ORS/Etudes/Etude_1578/Synthese_erpurs_EIS_trafic_1_.pdf

¹⁴ https://www.ors-idf.org/fileadmin/DataStorageKit/ORS/Etudes/Etude_1495/l235_12_hostvf_2.pdf

4.3 Campagnes de mesures in situ

Afin de qualifier au mieux la qualité de l'air sur la zone d'étude, une campagne de mesures complémentaire a été réalisée par BURGEAP en avril 2019 dans l'environnement de la zone d'étude.

Conformément à la méthodologie du CEREMA, la campagne de mesures a été adaptée aux enjeux de l'étude. Ainsi, trois des polluants étudiés dans le cadre d'une étude de niveau I ont été appréhendés : les poussières (PM10), le dioxyde d'azote (NO₂) et le benzène (C₆H₆)¹⁵, polluants considérés comme étant des indicateurs fiables de la pollution atmosphérique émise dans les zones avec un fort taux d'occupation urbaine. En effet, le NO₂ est typiquement le traceur le plus représentatif de la pollution routière tel que défini dans le guide du Cerema (2019). En complément, les PM10 et le benzène permettent de suivre la pollution en milieu urbain en intégrant non seulement la pollution routière mais également le secteur résidentiel et industriel.

En premier niveau d'approche, des enjeux d'exposition aux polluants par ingestion n'ayant pas été identifiés, nous n'avons pas réalisé de prélèvements de sol ni de végétaux.

4.3.1 Méthodologie du prélèvement et de l'analyse

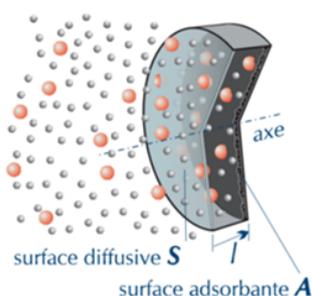
4.3.1.1 Le benzène et le NO₂

La méthode de prélèvement des polluants gazeux a été la méthode par échantillonnage passif. Elle permet de mesurer la concentration en polluants gazeux de façon autonome.

Cette méthode ne nécessite pas d'alimentation électrique et l'analyse chimique en laboratoire des supports fournit une valeur moyenne (concentration des polluants gazeux) pendant la durée d'exposition.

Le tube contient un adsorbant adapté pour le piégeage du polluant à mesurer. Le prélèvement de l'échantillon s'effectue par une méthode naturelle. Celle-ci repose sur le principe de la diffusion passive des molécules sur le milieu adsorbant. Quand l'échantillonneur est exposé, un gradient de concentration s'établit entre l'air à l'extérieur du tube et l'air en contact avec la surface de l'adsorbant. Ce différentiel de concentration va entraîner une diffusion du composé à travers la membrane poreuse, sans mouvement actif de l'air. L'échantillonneur passif est exposé à l'air pour une durée d'une semaine.

Figure 16 : Principe de l'échantillonnage passif



Les surfaces diffuseuse et adsorbante de l'échantillonneur diffusif axial sont deux faces planes et opposées d'une boîte fermée, d'habitude cylindrique. Sous un gradient de concentration, les molécules adsorbables (en couleur sur le schéma) pénètrent la surface diffuseuse et viennent d'être piégées par celle adsorbante.

¹⁵ Dans le cadre de cette étude, l'ensemble des BTEX ont été mesurés. Par souci de lisibilité, le polluant le plus toxique et représentatif des sources de pollution présentes dans le domaine a été considéré, à savoir le benzène.

La quantité de polluant est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement et est décrite par la loi de Fick simplifiée :

$$C = \frac{m}{Q \times t}$$

Avec : C : concentration moyenne en polluant dans l'air pendant la période d'échantillonnage ;
m : masse du composé adsorbé sur le support ;
Q : facteur caractérisant la diffusion du polluant dans le capteur (déterminé par le fabricant) ;
t : temps d'échantillonnage.

Les tubes passifs sont reconnus et décrits par la norme Européenne « *Ambient Air Quality – Diffusive samplers for the determination of gases and vapours – requirements and test methods* » [EN 13528 :2002].

L'utilisation des tubes à diffusion passive est optimale pour des conditions de température comprises entre 5°C et 30°C. Pour des températures non comprises dans cet intervalle, une erreur relative de 20% peut être notée.

Le tube en extérieur a été placé à 1,5 m du sol dans un abri pour le protéger de la pluie et pour minimiser les effets du vent.

Les obstacles doivent être évités autant que possible (poteaux, ...), le site doit être aéré pour éviter les phénomènes d'accumulation.

4.3.1.2 Les PM10

Les PM10 ont également été prélevées à l'aide de capteurs passifs. Le capteur passif est une plaque adhésive permettant de piéger les poussières. Le prélèvement de l'échantillon s'effectue par une méthode naturelle qui repose sur le principe d'impaction des particules par sédimentation. Les poussières piégées sont ensuite analysées par microscopie. Cette analyse permet d'obtenir le nombre de particules déposées et la distribution granulométrique de ces particules : ainsi une concentration approximative en PM10 peut être calculée.

L'utilisation de ces capteurs est optimale dans des conditions de température comprises entre -30 et 40°C ainsi que pour des vitesses de vent inférieures à 4,5 m/s. En dehors de ces plages, une erreur relative de 20% peut être notée.

Les plaques adhésives sont placées dans des supports qui permettent de les protéger de la pluie et de minimiser l'influence du vent. Ils sont placés en hauteur sur des supports existants ou sur des piquets métalliques disposés par BURGEAP, afin d'éviter les actes de vandalisme.

Figure 17 : Photographie du dispositif de prélèvement des poussières PM10



4.3.2 Emplacement des points de mesure

Lors de la campagne de mesures, 15 points ont été échantillonnés.

La carte suivante présente la localisation des points de mesures ainsi que les polluants mesurés sur chaque point. Comme évoqué précédemment, le NO₂ et le benzène sont de bons indicateurs de la pollution atmosphérique émise par le trafic routier. Néanmoins, le NO₂ est plus spécifique du trafic que le benzène et les PM10 et la concentration de NO₂ est davantage influencée par le trafic. C'est la raison pour laquelle, le NO₂ a été mesuré sur l'ensemble des points de mesures alors que le benzène et les PM10 n'ont été mesurés que sur certains points de mesures. La fiche de prélèvement est présentée en Annexe 2.

Le choix des emplacements des points de mesures répond au guide méthodologique du Cerema (2019) concernant le critère de représentativité des mesures dans le domaine d'étude. Le choix des emplacements proposé dans cette étude résulte d'une analyse de la répartition spatiale des sources d'émissions et des populations ainsi que de la météorologie locale.

Par ailleurs, ces emplacements ont été sélectionnés pour étudier les niveaux de pollution résultants de l'influence des sources de pollution existants dans le domaine d'étude et plus largement dans un rayon d'1 km autour du domaine d'étude. Plusieurs typologies ont été identifiées dans le cadre de cette étude : les points d'influence trafic et de fond.

Figure 18 : Localisation des points de mesures



Source : Fond de plan IGN

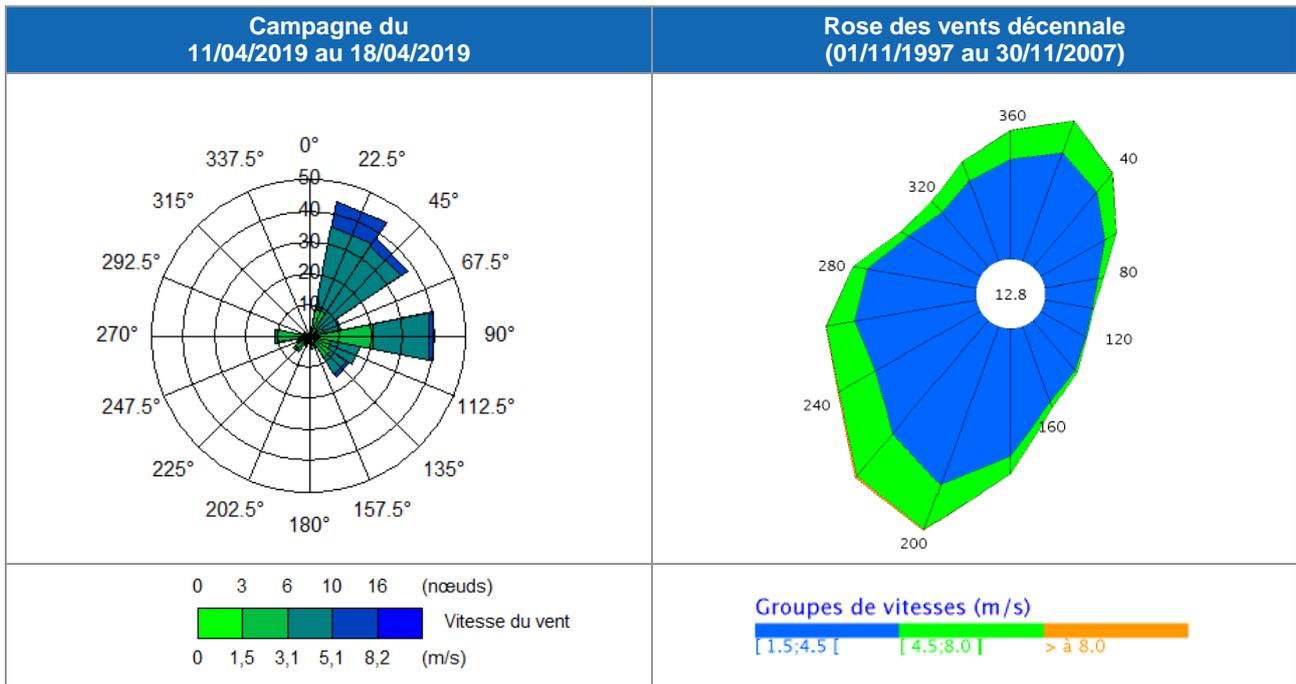
4.3.3 Campagne de mesures

Les prélèvements ont été effectués sur une période de 7 jours ; du 11 au 18 avril 2019.

4.3.3.1 Données météorologiques durant la campagne

La figure suivante présente la rose des vents associée aux vents mesurés lors de la campagne sur la station Météo-France de Paris-Montsouris, ainsi que la rose des vents décennale issue de cette même station.

Figure 19 : Comparaison des conditions météorologiques

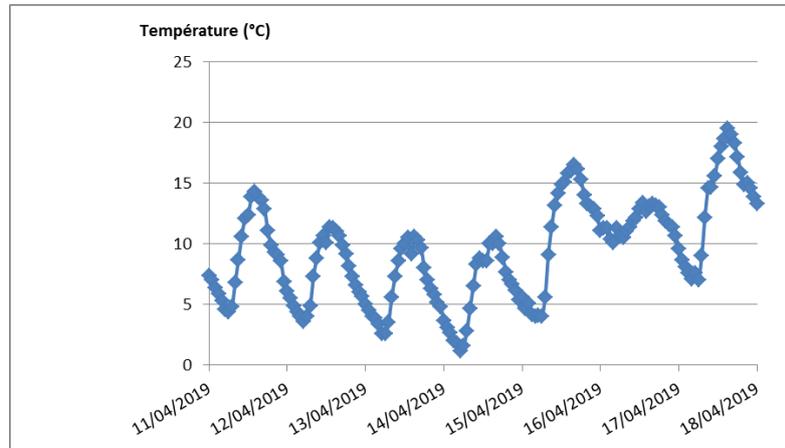


Source : Météo-France – Station météorologique de Paris-Montsouris

Lors de la campagne de mesure, on observe des vents essentiellement de secteurs nord-est et est, et dans une moindre mesure de secteur sud-est. Les vents de secteurs sud-ouest et nord-ouest habituellement rencontrés au droit de la zone d'étude n'ont pas été observés lors de la période de mesure.

Les graphiques suivants présentent l'évolution de la température et les précipitations mesurées lors de la campagne de mesures.

Figure 20 : Températures



Source : Météo-France – Station météorologique de Paris-Montsouris

Lors de la campagne de mesure, nous pouvons noter que :

- les précipitations sont inférieures aux normales de saison : 0 mm de précipitations, relevés pendant les 7 jours d'exposition ; les conditions normales saisonnières affichent en avril une pluviométrie moyenne de 51,8 mm avec 9,3 jours de pluie (jours comptés uniquement pour des hauteurs de précipitations supérieures ou égales à 1 mm) ;
- les températures ont oscillé entre 1,2 °C et 23,5 °C avec une température moyenne sur la période de 10,4 °C ce qui est inférieur à celle calculée par la station Météo France sur 30 ans au mois d'avril (moyenne de 11,5°C entre 1981 et 2010). On note également une augmentation rapide des températures favorables le 15 avril favorable à une accumulation de la pollution dans les basses couches atmosphériques.

Les conditions climatiques rencontrées lors de la campagne de mesures et notamment les températures relevées sont favorables à une utilisation des capteurs passifs (températures moyennes journalières comprises entre 5 et 30 °C).

4.3.3.2 Validité des points de mesure

Un tube témoin pour le benzène, appelé « blanc », a été effectué. Ce blanc, dont le bouchon n'a pas été ôté, a suivi le parcours des autres tubes lors de la pose, de la dépose et du transport des tubes au laboratoire afin de contrôler que les échantillons n'ont pas fait l'objet d'une pollution.

L'analyse du blanc montre une valeur supérieure à la LQ (0,31 µg/m³), mais considérée non significative car sa valeur ne représente pas plus du tiers (33%) de la valeur moyenne des échantillons. La fiabilité des résultats est donc validée.

- Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
- Etude de niveau I -
- 4. Qualification de l'état initial

4.3.3.3 Résultats de la campagne de mesures

Les cartes et les graphiques ci-après présentent les résultats de la campagne de mesures. Les rapports d'analyse fournis par les laboratoires PASSAM et TERA Environnement sont présentés en Annexe 3.

Figure 21 : Concentrations en NO₂ (en µg/m³)

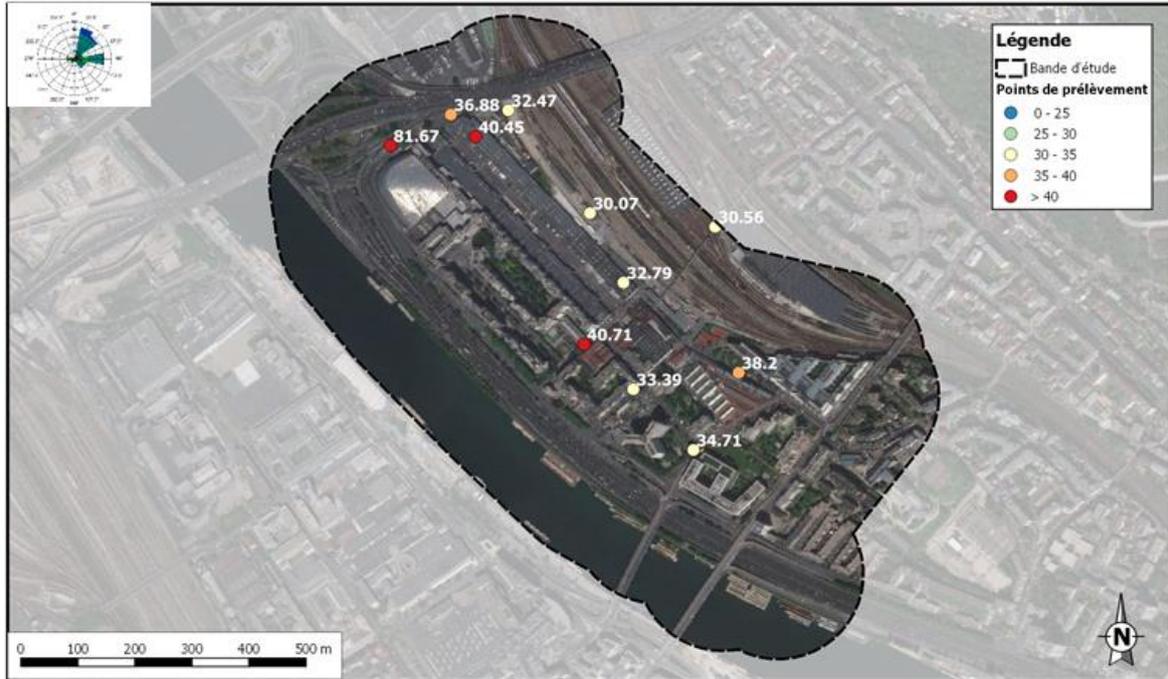
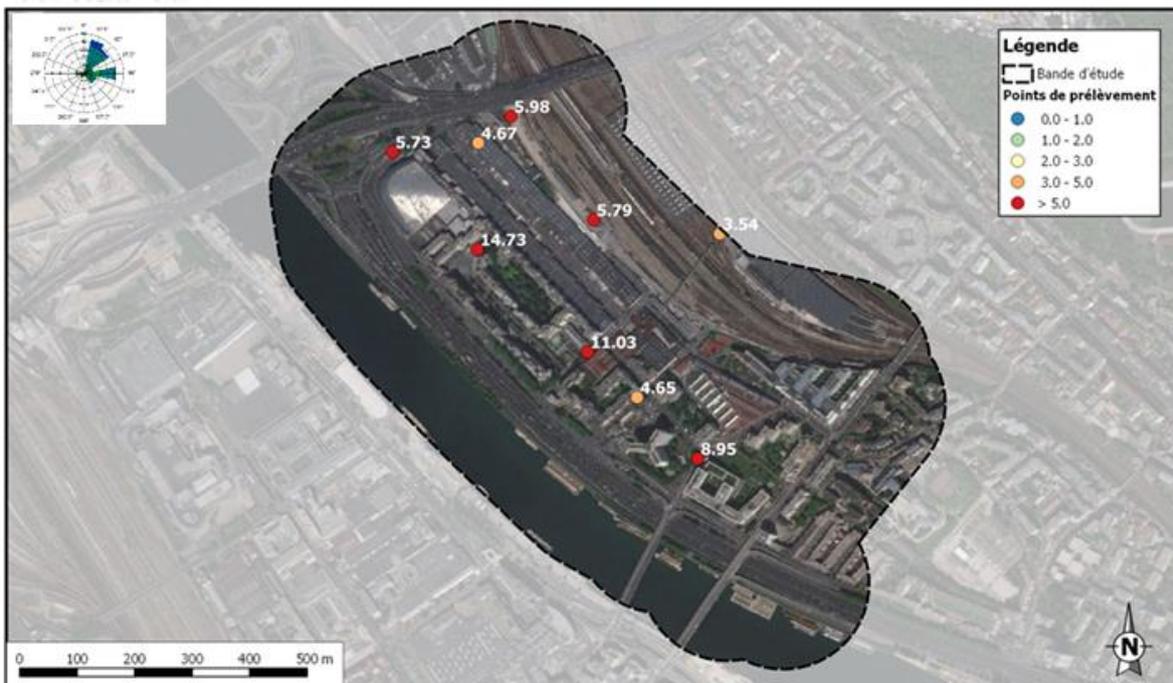


Figure 22 : Concentration en benzène (en µg/m³)

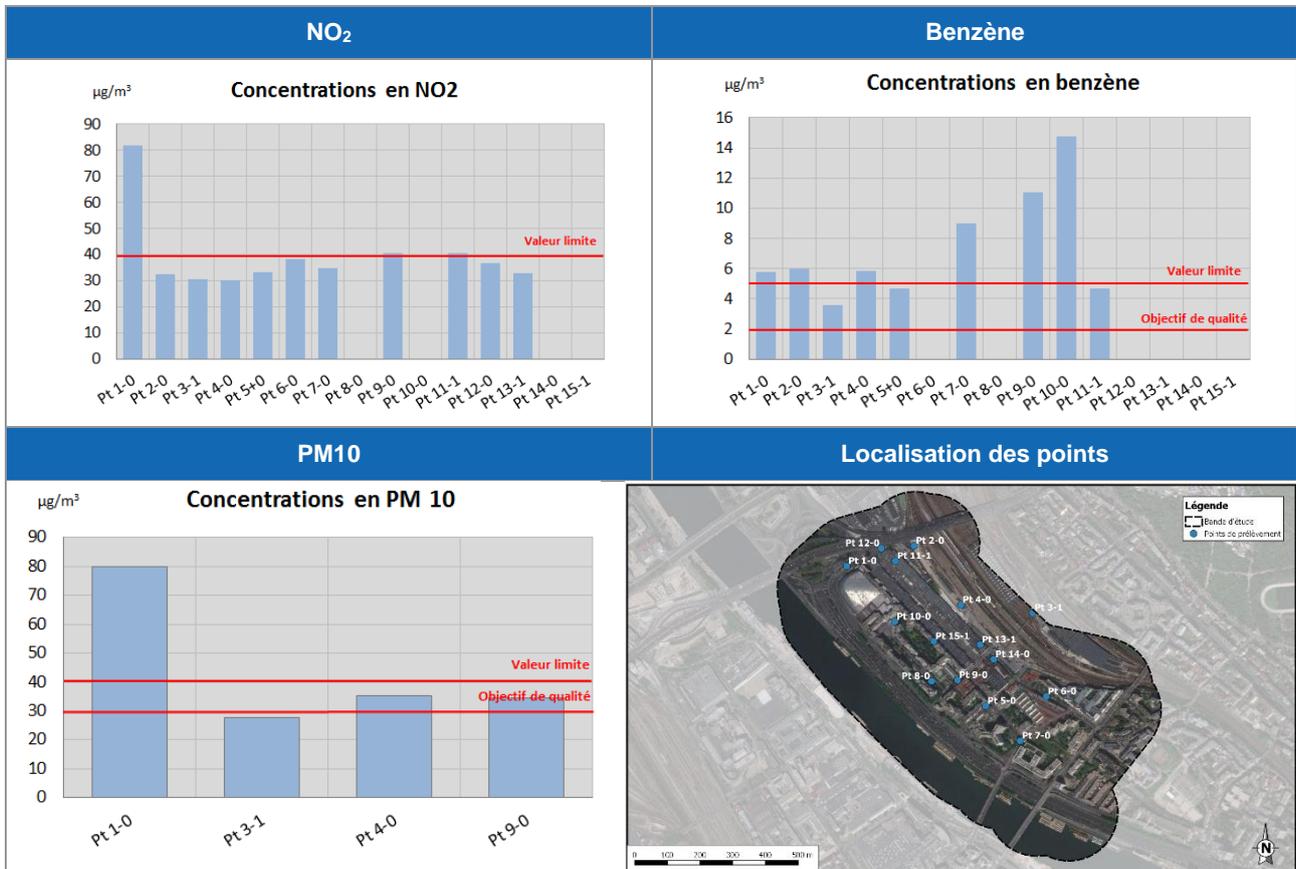


- Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
- Etude de niveau I -
4. Qualification de l'état initial

Figure 23 : Concentration en PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Figure 24 : Comparaison des concentrations aux valeurs réglementaires



4.3.3.4 Interprétation des résultats

Au vu de l'ensemble de ces cartes et graphiques :

- Des teneurs en NO₂ supérieures à la valeur limite (40 µg/m³ en moyenne annuelle) pendant la campagne de mesure à l'échelle du projet. 3 des 11 points de mesures présentent ainsi des concentrations supérieures à la valeur de référence. A noter toutefois qu'on observe un net dépassement sur le point 1-0 alors que les autres concentrations mesurées sur les points 9-0 et 11-1 sont proches de la valeur limite.
- De manière générale, les concentrations sont relativement homogènes, à l'exception du point 1-0, comprises entre 30 et 40 µg/m³, et du même ordre de grandeur que les points bruit de fond (point 4-0, point 13-1 et point 3-1).
- Les points 9-0 et 11-1 sont de l'ordre de la valeur limite et la dépasse légèrement. Leur positionnement par rapport au périphérique (point 11-1) et sur un axe structurant (point 9-0) explique ces résultats. Le point 12-0, bien que proche du périphérique, n'est pas très impacté par sa proximité (36,88 µg/m³) en raison de la hauteur du tronçon routier (environ 15 m) par rapport au prélèvement (hauteur d'homme).
- A noter que la valeur la plus faible est de 30,07 µg/m³ en moyenne mesurée pour cette campagne, et que la teneur la plus élevée est de 81,67 µg/m³ et correspond au point situé à proximité de l'échangeur (point 1-0).

Alors que les résultats de concentrations en benzène mettent en évidence :

- Des dépassements de l'objectif de qualité de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et de la valeur limite de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au droit de l'ensemble des points échantillonnés.
- Les concentrations sont hétérogènes, comprises entre 3,54 et $14,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Plus précisément, on retrouve la teneur la plus élevée au niveau du point 10-0, à proximité de la Place de l'Europe. Lors de la pose du capteur, il a été mis en évidence une circulation immédiate de camions et de scooters qui peut expliquer cette concentration élevée.
- La concentration élevée en benzène au droit du point 4-0 s'explique par la présence de travaux à proximité et de l'activité de la société de transport GEODIS ;
- Les dépassements aux points 1-0, 2-0 et 9-0 s'expliquent de par leur positionnement (respectivement à côté de l'échangeur, en contrebas du périphérique et sur un axe structurant) et par une influence combinée de sources locales (travaux et sites industriels à proximité). Les conditions peu dispersives rencontrées durant la campagne de mesure suggèrent une potentielle influence des sites les plus proches.

Les résultats de poussières montrent :

- Des teneurs globalement supérieures à la valeur limite ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) et à l'objectif de qualité ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) ;
- Les concentrations varient de 27,7 à $80,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La valeur la plus élevée correspond au point 1-0 (sous influence directe de l'échangeur). Ce point est également le plus impacté par les teneurs en NO_2 ;
- Les concentrations retrouvées sur les points 4-0 et 9-0 sont du même ordre de grandeur que la valeur la plus faible retrouvée au niveau du point 3-1.

4.3.3.5 Comparaison aux données mesurées par l'association AIRPARIF

Les mesures réalisées durant la campagne de prélèvement ont été comparées aux données du réseau de surveillance (sur la période de campagne de mesures du 11 au 18 avril 2019) en tenant compte de plusieurs typologies :

- Trafic : station Boulevard Périphérique Est ;
- Urbain : station Vitry-sur-Seine ;
- Fond urbain : stations de fond urbain au niveau de la ville de Paris intégrant les stations Paris 18^{ième}, Aubervilliers, Paris Centre 4^{ième} et Gennevilliers ;
- Campagne de mesures : moyenne des données collectées sur la zone d'étude durant la campagne de mesures en excluant le point localisé à proximité directe de l'échangeur. Ce dernier point au droit des axes routiers (distance inférieure à 5 m) présente des concentrations maximales non représentatives des niveaux dans la zone d'étude (Pt1-0).

Deux polluants, traceurs de la pollution routière et urbaine, ont été considérés (PM10 et NO₂) et présentés sur la figure suivante (Figure 25). A noter que la valeur limite annuelle réglementaire a été également ajoutée sur le graphique de façon indicative.

La comparaison au niveau des valeurs mesurées montre que :

- Pour les PM10 :
 - Les niveaux obtenus lors de la campagne de mesure (32,4 µg/m³) sont supérieurs aux valeurs de fond urbain et en milieu urbain durant à la même période (comprises entre 24,4 et 28 µg/m³) mais restent inférieurs à une situation proche du trafic routier (37,1 µg/m³). Ceci souligne l'existence de sources locales marquées notamment par l'activité économique de la zone d'étude combinée à la proximité de la gare de Bercy (émissions de poussières lors du freinage des trains) ;
 - Toutes les valeurs mesurées sont inférieures à la valeur limite réglementaire (40 µg/m³) ;
- Pour le NO₂ :
 - Les valeurs obtenues lors de la campagne (35 µg/m³) sont du même ordre de grandeur voire inférieures aux niveaux mesurés sur des stations de typologie urbain et fond urbain (comprises entre 30,2 et 40,0 µg/m³) et largement inférieures aux valeurs typiques retrouvées à proximité du boulevard périphérique (75,2 µg/m³). Ce résultat souligne que les niveaux dans la zone d'étude reviennent rapidement à des niveaux habituellement rencontrés en milieu urbain limitant l'impact de l'échangeur et du boulevard périphérique à environ 100 m ;
 - A l'exception de la valeur très élevée sur la station trafic, l'ensemble des données sont inférieures à la valeur limite réglementaire.

En conclusion, la situation initiale de la qualité de l'air dans la zone d'étude est conforme aux situations habituellement rencontrées en milieu urbain et en fond urbain dans la ville de Paris. Les niveaux observés restent largement inférieurs aux concentrations retrouvées à proximité du trafic routier notamment pour le NO₂, traceur incontournable de la pollution routière. On observe toutefois des concentrations sensiblement plus élevées pour les PM10 au regard des niveaux de fond et urbain compte tenu des activités économiques dans la zone d'étude (entreprises existantes et gare de Bercy).

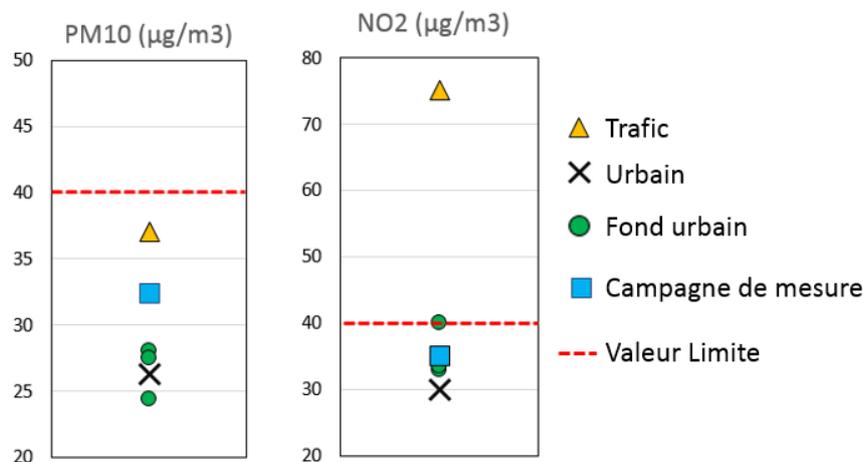


Figure 25 : Données des mesures observées (fond urbain, campagne de mesure, urbain et trafic) entre le 11 et le 18 avril 2019

4.4 Détermination d'un fond urbain dans la zone d'étude

Les concentrations de fond en situation urbaine sont définies par la directive européenne 2008/CE/50 et reprise par le LCSQA. Il s'agit des niveaux minimums moyens enregistrés non influencés par des sources de pollution locales (trafic, industrie, etc.).

Le diagnostic de la qualité de l'air tel que défini dans le guide méthodologique du Cerema (2019) doit renseigner sur les niveaux de fond auxquels sont exposés les populations dans le domaine d'étude. Ces niveaux de fond sont, par ailleurs, nécessaires dans la suite de l'étude, pour évaluer l'impact du projet sur la qualité de l'air et sur la santé des riverains en ajoutant, aux concentrations de fond, les sur-concentrations générées par les émissions du projet.

Ce paragraphe s'attache donc à déterminer les concentrations de fond urbain en s'appuyant sur :

- Les concentrations mesurées lors de la campagne de mesures, en retenant les valeurs minimales mesurées sur la période d'échantillonnage ;
- Le bilan qualité de l'air pour l'année 2018 publié par AIRPARIF (AIRPARIF, 2018¹⁶) qui permet d'une part de compléter les valeurs de fond sur les polluants non-mesurés sur la campagne et d'autre part d'extrapoler les données de la campagne de mesures sur une année complète.

Le document AIRPARIF (2018) renseigne sur les valeurs annuelles des concentrations de polluants sur les différentes stations de mesures en Île-de-France en fonction de leur typologie, en 2018 et depuis la mise en place du réseau de surveillance. Nous disposons donc d'informations sur l'évolution des niveaux de polluants sur, au moins, les dix dernières années. Ainsi, sur les polluants traceurs de la pollution routière, il est alors possible de tirer les tendances sur les niveaux de fond à déterminer, notamment à l'horizon du projet en 2035, par extrapolation.

On note également que la liste de polluants disposant d'un fond se limite aux polluants règlementaires suivis par AIRPARIF.

¹⁶ Bilan de la qualité de l'air, Année 2018 - Surveillance et information en Île-de-France, Avril 2019

- Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
 - Etude de niveau I -
 4. Qualification de l'état initial

Les autres polluants, notamment, les HAP (à l'exception du Benzo(a)pyrène) nécessaires pour évaluer l'impact sanitaire d'une étude trafic de niveau I défini par le Cerema, ne sont pas renseignés dans les bilans d'AIRPARIF. Par conséquent, un fond nul a été appliqué. Les concentrations de ces polluants prises en compte dans cette étude sont exclusivement issues de la pollution du trafic routier.

Le tableau suivant présente les niveaux de fond, estimés à partir des deux documents listés précédemment et aux deux horizons définis dans cette étude : 2018 et 2035¹⁷. Pour chaque polluant, des hypothèses ont dû être faites et sont présentées ci-après.

Tableau 15 : Concentrations de fond déterminées dans la zone d'étude

Polluant	Paramètre	Unité	Situation actuelle - 2018	Situation future - 2035
NO ₂	Moyenne annuelle	µg/m ³	29,0	23,1
PM10	Moyenne annuelle	µg/m ³	22,3	22,3
PM2.5	Moyenne annuelle	µg/m ³	13,0	13,0
CO	Maximum journalier 8h glissante	mg/m ³	3,5	3,5
Benzène	Moyenne annuelle	µg/m ³	1,1	1,1
SO ₂	Moyenne annuelle	µg/m ³	0	0
Arsenic	Moyenne annuelle	ng/m ³	0,32	0,32
Nickel	Moyenne annuelle	ng/m ³	1,0	1,0
BaP	Moyenne annuelle	ng/m ³	0,16	0,16

Note : le fond urbain a été calculé uniquement en moyenne annuelle compte tenu des données disponibles

Pour chaque polluant, des hypothèses ont été prises en compte pour le calcul des concentrations de fond urbain et sont listées, par polluant, ci-dessous :

- NO₂ : Ce polluant est le traceur le plus caractéristique de la pollution issue du trafic routier. Les données de la campagne de mesure ont été corrélées avec celles de la station de fond d'AIRPARIF (Vitry-sur-Seine). Les évolutions entre 2008 et 2018 montrent une tendance à la baisse (-12,5%) qui a pu être appliquée pour calculer le fond à l'horizon 2035.
- PM10 : De façon analogue au NO₂, les données mesurées ont été corrélées avec les valeurs de fond de la station d'AIRPARIF (Vitry-sur-Seine). Ce polluant n'est pas seulement un traceur du trafic routier mais également, en milieu urbain, du secteur résidentiel. Par conséquent, les évolutions entre 2008 et 2018 (tendance à la baisse) n'ont pas été considérées à l'horizon 2035. Une valeur constante entre 2018 et 2035 a été considérée.
- PM2.5, CO, nickel, arsenic et BaP : Les données AIRPARIF moyennées sur les 6 stations de fond du réseau de surveillance ont été appliquées pour ces polluants.
- Benzène : Les données de mesures soulignent une potentielle influence de sources locales et des installations industrielles proches (à moins de 400 m). Ces données de campagne ont été exclues pour le calcul du fond urbain afin d'éviter une surestimation de ce paramètre trop importante. Par conséquent, les données AIRPARIF moyennées sur les 6 stations de fond du réseau de surveillance ont été appliquées.
- SO₂ : Le document AIRPARIF (2018) indique que le fond urbain pour ce polluant est négligeable. Un fond nul pour ce polluant a été considéré.
- COVNM : Aucune valeur AIRPARIF n'est disponible.

¹⁷ Un même fond urbain a été considéré pour les deux situations futures en 2035 (avec et sans projet)

4.5 Conclusions sur l'état initial de la qualité de l'air

D'après les recherches bibliographiques réalisées sur la qualité de l'air de la zone d'étude :

- Les concentrations en polluants mesurées en 2018 par AIRPARIF sur les deux stations représentatives de la zone d'étude respectent l'ensemble des seuils réglementaires en vigueur à l'exception de la concentration moyenne annuelle en NO₂ qui dépasse la valeur limite sur la station « Boulevard Périphérique Est » compte tenu de sa proximité aux axes de circulation ;
- L'indice ATMO calculé pour l'agglomération parisienne indique une bonne qualité pour 69 % du temps en 2018 et moyenne à médiocre pour 30 % du temps. Les polluants majoritairement responsables de la dégradation de l'indice ATMO sont l'ozone et les poussières (45% et 55% du temps en 2018). Les poussières sont principalement responsables des indices durant la période hivernale et l'ozone durant la période estivale.

Au regard des normes de qualité de l'air, les bilans annuels d'AIRPARIF, sur ces deux stations de mesures, témoignent d'une qualité de l'air respectant la plupart des valeurs réglementaires françaises. A noter toutefois que les concentrations moyennes annuelles en NO₂ ne respectent pas la valeur limite sur la station à proximité des axes routiers.

En complément des mesures d'AIRPARIF, BURGEAP a réalisé des mesures de NO₂, de benzène et de PM10 sur le domaine d'étude afin de connaître les concentrations présentes sur la zone. Une campagne de mesures a été réalisée du 11 au 18 avril 2019.

Cette campagne de mesures a permis de mettre en évidence que :

- Pour le NO₂, les concentrations sont relativement homogènes et comprises entre 30 et 40 µg/m³. Toutefois, on relève 3 dépassements de la valeur limite à proximité des axes routiers structurants tels que l'échangeur et le périphérique.
- Pour le benzène, les concentrations sont beaucoup plus hétérogènes, globalement très élevées et dépendent de la distance des points de mesures aux axes de circulation, de la présence de travaux et d'une potentielle influence des sites industriels proches. On note six dépassements de la valeur limite de 5 µg/m³. L'ensemble des concentrations mesurées dans la zone du projet est supérieur à l'objectif de qualité.
- Pour les PM10, les concentrations sont relativement élevées. Toutefois, seul le point positionné à proximité de l'échangeur dépasse la valeur limite (d'un facteur 2).

Sur la zone d'étude, les concentrations moyennes sur une période donnée peuvent ne pas respecter les valeurs limites réglementaires en moyenne annuelle, uniquement sur les points de mesures situés proximité directe des principaux axes de circulation.

L'analyse comparée entre les données de la campagne et celles du réseau de surveillance de la qualité de l'air d'AIRPARIF montre que la situation initiale de la qualité de l'air dans la zone d'étude est conforme aux situations habituellement rencontrées en milieu urbain et en fond urbain dans la ville de Paris. Les niveaux observés restent largement inférieurs aux concentrations retrouvées à proximité du trafic routier notamment pour le NO₂, traceur incontournable de la pollution routière. On observe toutefois des concentrations sensiblement plus élevées pour les PM10 au regard des niveaux de fond et urbain compte tenu des activités économiques dans la zone d'étude (entreprises existantes et gare de Bercy).

La zone d'étude est soumise à des outils de planification au niveau régional ou local. *L'étude des différents documents de planification a permis de faire ressortir de nombreuses actions qui impactent directement ou indirectement les émissions polluantes dans l'air. Le projet d'aménagement du site Charenton-Bercy est principalement concerné par les actions qui visent à optimiser les flux de circulation.*

5. Estimation des émissions

L'estimation des émissions dues au trafic automobile est réalisée pour les polluants définis au paragraphe 2.5 et ce pour les 3 scénarii d'études à savoir :

- le scénario actuel (2018),
- le scénario futur sans projet (2035),
- le scénario futur avec projet (2035).

5.1 Méthodologie

5.1.1 Méthodologie générale

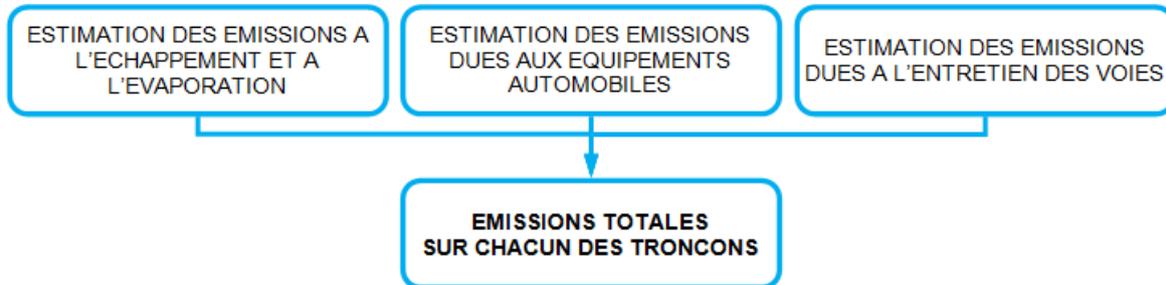
L'origine des émissions des polluants automobiles peut être multiple. Le tableau suivant présente les différentes sources d'émission prises en compte.

Tableau 16. Liste des origines des émissions de polluants

Polluant	Polluant émis à l'échappement et à l'évaporation	Polluant émis par les équipements automobiles	Polluant émis par l'entretien des voies
Dioxyde d'azote	X		
PM10 / PM2.5	X	X	X
CO	X		
COVNM	X		
Benzène	X		
Dioxyde de soufre	X		
Chrome	X	X	X
1,3-Butadiène	X		
Nickel	X	X	X
Benzo(a)pyrène	X	X	
Acénaphène	X		
Acénaphthylène	X		
Anthracène	X		
Benzo(a)anthracène	X		
Benzo(ghi)pérylène	X		
Chrysène	X		
Dibenzo(a,h)anthracène	X		
Fluorène	X		
Fluoranthène	X		
Phénanthrène	X		
Pyrène	X		
Benzo(b)fluoranthène	X	X	
Benzo(k)fluoranthène	X	X	
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	X	X	
Benzo(j)fluoranthène	X		
Arsenic		X	X

Le graphique ci-après présente le principe général de la méthodologie d'estimation des émissions.

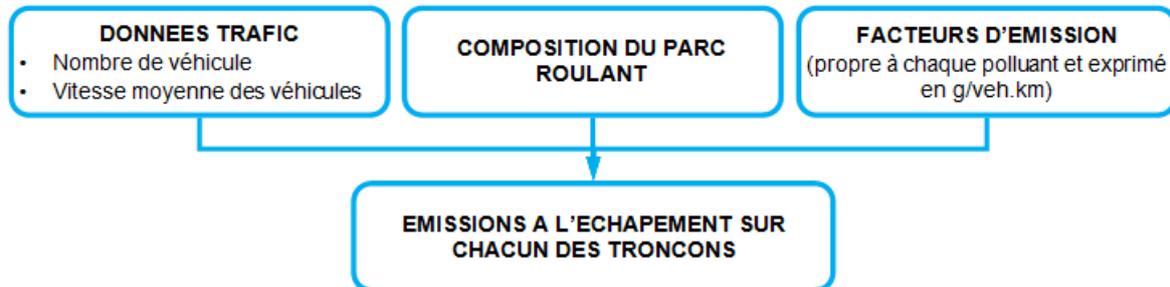
Figure 26 : Méthodologie générale d'estimation des émissions



5.1.2 Méthodologie – émissions à l'échappement et à l'évaporation

L'estimation des émissions à l'échappement et à l'évaporation est réalisée à l'aide du logiciel ARIA TREFIC, basé sur la méthodologie **COPERT V**. Le graphique ci-dessous présente le principe général du mode de calcul du logiciel.

Figure 27 : Méthodologie d'estimation des émissions à l'échappement et à l'évaporation



Ainsi, il est nécessaire de disposer, pour chaque tronçon étudié, de la longueur du tronçon, des trafics moyens journaliers (TMJA), de la répartition des véhicules (VL¹⁸ et PL¹⁹) et de la vitesse moyenne des véhicules pour les 3 scénarii étudiés.

Le logiciel ARIA TREFIC permet également de calculer la consommation énergétique ainsi que les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES). Les émissions de GES regroupent les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O).

18 VL : Véhicules légers

19 PL : Poids lourds

5.1.3 Méthodologie – émissions dues aux équipements automobiles

Les émissions sont quantifiées à l'aide de facteurs d'émission, exprimés en ng/véhicule.km. Aussi, pour la réalisation de ce calcul, il est nécessaire de disposer, pour chacun des tronçons étudiés :

- de la longueur du tronçon ;
- des TMJA spécifiés (VL, VUL²⁰ et PL).

5.1.4 Méthodologie – émissions dues à l'entretien des voies

Les émissions sont quantifiées à l'aide de facteurs d'émission, exprimés en g/km.an. Aussi, pour la réalisation de ce calcul, il est nécessaire de disposer de la longueur de chacun des tronçons étudiés.

5.2 Données d'entrée

5.2.1 Données trafic

Les données de trafic nécessaires à l'estimation des émissions pour chacun des tronçons routiers considérés sont :

- le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) ;
- la longueur du tronçon ;
- la vitesse moyenne des véhicules ;
- la part de poids lourds, et ce pour chacun des tronçons routiers considérés.

L'étude trafic réalisé par le Groupement BOUYGUES IMMOBILIER URBANERA et GRAND PARIS AMENAGEMENT ne permet pas d'obtenir l'ensemble de ces informations. Ainsi, des hypothèses ont été prises en compte. Celles-ci sont décrites ci-après.

Les caractéristiques des tronçons routiers pris en compte dans le cadre de cette étude sont présentées en Annexe 4.

► TMJA

Les trafics présentés dans l'étude trafic d'ARCADIS sont exprimés en Heure de Pointe du Soir (HPS) et en Heure de Pointe du Matin (HPM) ou en Trafic Moyen Journalier (TMJA²¹) uniquement sur les axes structurants. Pour les tronçons routiers secondaires, les TMJA ont été déterminés à partir de la relation entre HPS, HPM et TMJ des tronçons routiers structurants.

Ainsi, le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) a été estimé selon la formule suivante :

$$TMJA = 10,7 \times \frac{HPS + HPM}{2}$$

Au niveau des trafics sur les tronçons routiers de l'échangeur de l'autoroute A4 et du boulevard périphérique, les données du réseau automatique de comptage issues de l'Open Data de la ville de Paris ont été utilisées. Ces données sont directement exprimées en TMJA et ont été collectées sur l'année 2018 et complétées par celles de l'année 2017 sur les tronçons manquants.

20 VUL : Véhicules utilitaires légers

21 Les Trafics Moyens Journaliers (TMJ) calculés par ARCADIS ont été assimilés à des Trafic Moyens Journaliers Annuels (TMJA)

Compte tenu d'une évolution constante des trafics annuels au niveau de l'échangeur et du boulevard périphérique ces dix dernières années (réseau saturé), nous n'avons supposé aucune variation de trafic quel que soit l'horizon de travail.

► Vitesses

Pour l'ensemble des scénarii pris en compte (actuel, futur sans projet, futur avec projet), les vitesses considérées ont été déterminées à partir du bilan des déplacements 2017 réalisé par l'Observatoire des déplacements à Paris.

► Poids lourds

Un taux moyen de poids lourds de 2,1% a été appliqué sur toutes les zones. Ces taux ont été considérés comme identiques pour l'ensemble des scénarii étudiés.

Le tableau ci-après présente les distances parcourues totales²² considérées dans le cadre de cette étude.

Tableau 17. Distances totales sur le domaine d'étude par scénario

	Longueur totale du réseau étudié	Distance parcourue totale
Scénario actuel	12,35 km	509 976 km/jour
Scénario futur sans projet	12,35 km	509 976 km/jour
Variation au fil de l'eau²³	0 %	0 %
Scénario futur avec projet	13,14 km	543 592 km/jour
Impact du projet²⁴	6,40 %	6,59 %

Entre le scénario « actuel » et le scénario « futur sans projet », on n'observe aucune variation du réseau étudié et aucune variation des distances parcourues du fait de l'hypothèse prise en compte à savoir l'absence d'évolution de trafic entre le scénario « actuel 2018 » et le scénario « futur sans projet 2035 » pour l'ensemble des tronçons pris en compte.

A l'horizon 2035, la mise en place du programme d'aménagement du quartier Charenton-Bercy engendre **une augmentation des distances parcourues totales (différence entre les scénarii avec et sans projet) de l'ordre de 33 616 km/j (+6,59 %)**.

Les trafics routiers pour chaque scénario sont exprimés en TMJA et reportés sur la figure suivante.

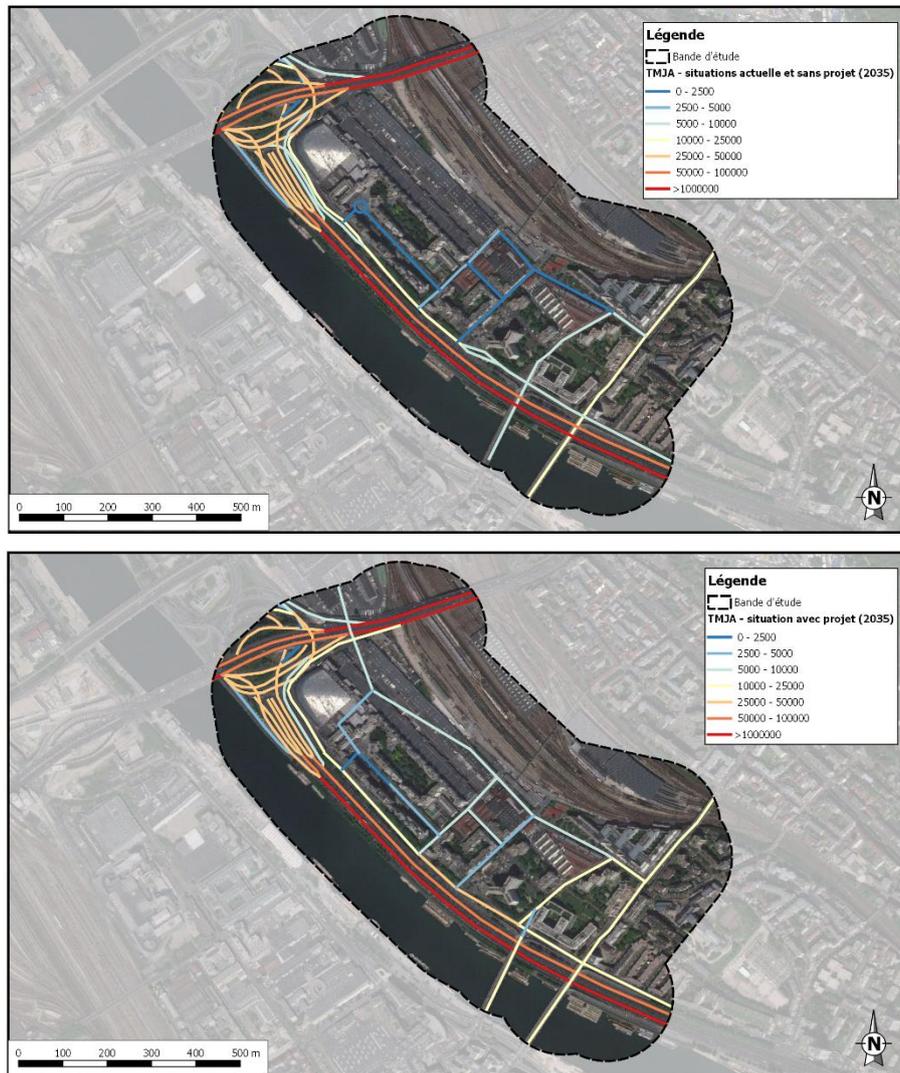
²² Distances parcourues totales = \sum (TMJA x longueur du tronçon)

²³ Variation entre le scénario futur sans projet et le scénario actuel

²⁴ Variation entre le scénario futur avec projet et le scénario futur sans projet

- Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
- Etude de niveau I -
5. Estimation des émissions

Figure 28 : Variation des trafics entre les scénarii



Source : photo aérienne Google

5.2.2 Répartition du parc automobile

Pour les calculs d'émissions à l'échappement et à l'évaporation, il est également nécessaire de connaître la répartition du parc roulant automobile (nombre de véhicules essence ou diesel, catalysés ou non, année de mise en service du véhicule par rapport aux normes sur les émissions). Il est généralement admis que désagréger le parc roulant sur 5 catégories de véhicules permet de décrire avec suffisamment de précision l'état du trafic dans les études d'impact des infrastructures routières. Les catégories pour décrire le parc roulant sont les suivantes :

- Véhicules Particuliers (VP) : regroupant les véhicules utilisés par les particuliers, il s'agit des véhicules citadines et berlines ;
- Véhicules Utilitaires Léger (VUL) : cette catégorie regroupe les petits utilitaires et les très gros véhicules particuliers (gros SUV, hummer, etc.) ;
- Poids Lourds (PL) : Il s'agit des véhicules de plus de 3,5 tonnes possédant généralement plus de deux essieux ;

- Bus et autocars (BUS) : Il s'agit d'une sous-catégorie de la classification PL, décrite de façon explicite, la catégorie BUS permet de représenter avec précision les modifications/créations plans de circulation des BUS ;
- Motos et scooters (2RM)²⁵ : cette catégorie intègre l'ensemble des véhicules motorisés à deux roues.

La répartition du parc roulant dans ces différentes catégories présentées ci-dessus, a été réalisée sur la base du rapport d'AIRPARIF publié en 2018 sur les zones à faible émissions dans la Métropole du Grand Paris²⁶. Cette répartition est présentée dans le tableau suivant et a été utilisée :

- Pour l'ensemble des tronçons dans la zone ;
- Quel que soit l'horizon de travail.

Tableau 18 : Répartition du parc roulant dans la zone d'étude

VP	VUL	PL	BUS	2RM
67,3%	14,1%	2,1%	2,8%	13,7%

Les données du parc roulant français aux différents horizons sont issues du logiciel COPERT qui tient compte des motorisations des véhicules (modernisation du parc, type de carburant).

5.2.3 Les facteurs d'émission

On appelle « facteur d'émission », les quantités de polluants rejetées par un véhicule. Ces facteurs d'émissions varient selon le polluant considéré et selon l'origine des émissions.

5.2.3.1 Facteurs d'émissions à l'échappement et à l'évaporation

Pour les émissions à l'échappement et à l'évaporation, les facteurs d'émissions sont exprimés en g/véh.km. Ces facteurs proviennent d'expérimentations sur banc d'essais ou en conditions réelles. Ils dépendent :

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

Les facteurs d'émissions que nous utiliserons pour la présente étude sont ceux recommandés par l'Union Européenne, c'est-à-dire ceux du programme **COPERT V**. En France, son utilisation est par ailleurs recommandée par le Cerema (2019) pour la réalisation des études d'impact du trafic routier. Pour les horizons futurs, les facteurs d'émissions sont déterminés à partir d'une reconstitution prenant en compte l'évolution des normes pour chaque catégorie de véhicule.

Dans le cadre de l'estimation des émissions à l'échappement et à l'évaporation, il existe également des facteurs de surémissions dues aux démarrages à froid. Ces facteurs sont liés à la typologie des routes (autoroute, urbaine, rurale) et au parcours moyen. En zone urbaine, la longueur moyenne d'un trajet est de l'ordre de 3 km ce qui engendre un facteur d'émission à froid de l'ordre de 50 % alors que sur autoroute la longueur moyenne d'un trajet est de l'ordre de 60 km ce qui engendre un facteur d'émission à froid de l'ordre

²⁵ Les tricycles motorisés n'ont pas été considérés dans cette étude

²⁶ Zone à faibles émissions dans la métropole du Grand Paris. Etude prospective –Evaluation des impacts sur les émissions du trafic routier, la qualité de l'air et l'exposition des populations d'une restriction de circulation des véhicules « non classés » et « CRIT'AIR 5 » dans le périmètre intra A86. Rapport publié par AIRPARIF en décembre 2018.

de 10 %. En moyenne, en France, la longueur moyenne d'un trajet est de 12 km ce qui engendre un facteur d'émission à froid moyen de l'ordre de 30%.

Dans le cadre de cette étude, le parcours moyen retenu sur la zone d'étude sera le parcours moyen en zone urbaine (3 km).

5.2.3.2 Facteurs d'émissions unitaires pour les émissions dues aux équipements automobiles

Les facteurs d'émission choisis pour les polluants émis par les équipements automobiles sont issus de la méthodologie EMEP publié en 2016²⁷ qui propose une description précise de ce type d'émissions par type d'usure (freins et pneus) et couvrent les émissions de matière particulaire en incluant la spéciation du « black carbon », des métaux ainsi que des HAP principaux. Ils sont exprimés en g/véh.km et peuvent être émis par les pneumatiques et les garnitures de freins (notons que les émissions par les huiles lubrifiantes ne sont pas quantifiables, et par conséquent non prises en compte dans cette étude).

5.2.3.3 Facteurs d'émissions unitaires pour les émissions dues à l'entretien des voies

Les facteurs d'émission choisis pour les polluants émis par l'entretien des voies sont issus du document « Sélection des agents dangereux à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires liés aux infrastructures routières » (Ministère de la Santé - Novembre 2004). Ils sont exprimés en g/km.an et sont émis uniquement par les fondants routiers (notons que les émissions par les glissières de sécurité ne sont pas quantifiables, et par conséquent non prises en compte dans cette étude).

5.3 Résultats des estimations des émissions totales de la zone d'étude

Le bilan des émissions totales de chacun des polluants est présenté dans le tableau suivant, et ce pour l'ensemble du domaine d'étude et pour les 3 scénarii. Les tableaux détaillés des émissions estimées sur chacun des tronçons selon le scénario considéré sont fournis en Annexe 5.

On pourra noter que la liste des polluants présentée ici, a été réduite aux polluants nécessaires à la réalisation des volets air et sanitaire dans le cadre d'une étude trafic de niveau I.

Tel que recommandé dans le guide du Cerema (2019), une évaluation des 16 HAP doit être réalisée. Ces 16 HAP ont été exprimés sous la forme d'équivalent BaP, « BaP_{eq} ». Le potentiel toxique équivalent de chacun des HAP a été utilisé pour définir leur contribution relative aux émissions totales de BaP_{eq}.

A noter que seules les émissions des HAP disposant d'une VTR (cf. 8.3.3) sont présentées explicitement dans le tableau ci-dessous.

27 EMEP, Guidebook, 2016. Road transport : Automobile tyre and brake wear, automobile road abrasion

Tableau 19. Émissions totales journalières des tronçons de routes étudiées

	NO_x (kg/j)	SO₂ (g/j)	Benzo(a)pyrène (mg/j)	Benzène (g/j)
Scénario actuel	316	2468	602	3493
Scénario futur sans projet -2035	134	2273	444	2477
Variation au fil de l'eau	-58%	-8%	-26%	-29%
Scénario futur avec projet - 2035	144	2439	473	2709
Impact du projet	7,2%	7,3%	6,4%	9,4%
	CO (kg/j)	COV (kg/j)	Acénaphène (mg/j)	Anthracène (mg/j)
Scénario actuel	383	70	7350	1127
Scénario futur sans projet - 2035	193	45	4269	1399
Variation au fil de l'eau	-50%	-35%	-42%	24%
Scénario futur avec projet - 2035	207	50	4535	1487
Impact du projet	7,7%	9,3%	6,2%	6,3%
	Benzo(ghi)pérylène (mg/j)	PM10 (g/j)	PM2,5 (g/j)	Fluorène (mg/j)
Scénario actuel	1142	22967	16174	993
Scénario futur sans projet - 2035	953	17459	10653	992
Variation au fil de l'eau	-17%	-24%	-34%	-0,02%
Scénario futur avec projet - 2035	1013	18846	11498	1058
Impact du projet	6,3%	7,9%	7,9%	6,6%

	Fluoranthène (mg/j)	Phénanthrène (mg/j)	Pyrène (mg/j)	Nickel (g/j)
Scénario actuel	9248	18187	8456	3,074
Scénario futur sans projet- 2035	7267	15836	5891	3,068
Variation au fil de l'eau	-21%	-13%	-30%	-0,2%
Scénario futur avec projet- 2035	7725	16827	6264	3,27
Impact du projet	6,3%	6,3%	6,3%	6,4%
	Arsenic (g/j)	Chrome g/j	BaPeq (mg/j)	1,3 Butadiène (mg/j)
Scénario actuel	1,018	0,196	1124	691354
Scénario futur sans projet- 2035	1,017	0,193	835	429653
Variation au fil de l'eau	-0,1%	-2%	-26%	-38%
Scénario futur avec projet- 2035	1,081	0,207	888	469436
Impact du projet	6,3%	7,3%	6,4%	9,3%

Entre le scénario « actuel » et le scénario « futur sans projet », alors qu'aucune évolution des trafics et des distances parcourues n'est envisagée, on observe une diminution des émissions de l'ensemble des composés étudiés. Ces diminutions sont principalement liées à l'application des normes d'émissions Euro, au renouvellement du parc automobile et à l'utilisation de nouvelles technologies moins polluantes (véhicules hybrides, etc.).

Ainsi, nous pouvons noter des diminutions différenciées selon les polluants avec :

- une diminution globale importante des émissions en composés organiques volatiles (35%) : polluants caractéristiques des véhicules essences pour lesquels l'évolution du parc roulant est accompagnée d'amélioration technologique ;
- une baisse comprise entre 24% et 58% des émissions en NO_x, en PM et en BaP : polluants caractéristiques des véhicules diesel pour lesquels l'évolution du parc roulant est accompagnée d'améliorations technologiques ;
- Une stagnation des émissions en métaux : ces stagnations résultent de la contribution importante des émissions associées aux fondants, ainsi qu'aux équipements routiers, aux émissions totales de ces métaux.
- Une diminution des émissions en SO₂ de 8% : Les émissions de ce polluant sont directement liées à la consommation de carburant, en baisse entre la situation actuelle en 2018 et la situation à l'horizon 2035. Les améliorations technologiques entraînant une baisse de la consommation de carburant expliquent la diminution des émissions de SO₂ à l'horizon 2035.

Le projet induit, quant à lui, une augmentation de 6,2% à 9,4% des émissions polluantes sur le domaine d'étude (variation entre le scénario « futur avec projet » et le scénario « futur sans projet »). **Cette**

augmentation est directement liée à l'augmentation des distances parcourues totales (+6,59%) et/ou à l'augmentation du réseau routier (+6,40%) ainsi qu'à la légère évolution des vitesses de circulation (cf. Annexe 4) puisque la répartition entre les catégories de véhicules ne varie pas entre les deux scénarii futurs.

Selon les polluants, la variation des émissions est différente car celles-ci peuvent être liées à l'entretien des voies et/ou à l'usure des équipements automobiles et/ou dues à l'échappement et l'évaporation, et ne dépendent pas des mêmes facteurs :

- les émissions liées à l'entretien des voies vont dépendre uniquement de la longueur du tronçon : quel que soit le polluant, les émissions augmentent avec la longueur du tronçon ;
- les émissions liées à l'usure des équipements automobiles vont dépendre :
 - des distances parcourues : les émissions augmentent avec les distances parcourues,
 - du nombre de véhicules par catégorie : les facteurs d'émissions varient entre les VP, VUL, PL, BUS et 2RM et les VL ;
- les émissions à l'échappement et à l'évaporation vont dépendre principalement :
 - des distances parcourues : quel que soit le polluant, les émissions augmentent avec les distances parcourues,
 - du nombre de véhicules par catégorie : les facteurs d'émissions varient entre les VP, VUL, PL, BUS et 2RM;
 - des vitesses de circulation : selon le polluant, les émissions évoluent différemment avec la vitesse. Pour les COV, les émissions diminuent lorsque la vitesse augmente, alors que pour les autres polluants, la vitesse n'influe pas de manière significative sur les émissions, si celle-ci est comprise entre 40 et 90 km/h (l'évolution des émissions en fonction de la vitesse présente un point d'inflexion vers 65 km/h).

Remarques :

- *Pour les poussières totales PM, le logiciel TREFIC permet d'obtenir une spéciation des poussières en PM10 (poussières de diamètre inférieur à 10 µm) et en PM2.5 (poussières de diamètre inférieur à 2,5 µm). Il permet également d'estimer la part des PM2.5 générée par les véhicules essence et la part générée par les véhicules diesel.*
- *Pour le chrome, le logiciel TREFIC ne permet pas la distinction entre le chrome III et le chrome VI. Nous considérerons, dans une approche très majorante, que 10 % du chrome est du chrome VI. En effet, le chrome est un métal dont les principales formes chimiques correspondent à un état trivalent (Cr III) ou hexavalent (Cr VI) ; la forme la plus toxique étant le chrome hexavalent (chrome VI). A titre d'information, un certain nombre d'études ont été réalisées sur différentes activités industrielles : une étude sur les risques cancérigènes liés aux émissions de métaux lourds d'un incinérateur (Hallenbeck, Breen, Brenniman, 1993). Cette étude montre que la part de chrome VI dans le chrome total est comprise entre 7% et 10%.
Par ailleurs, un document de l'INRS, sur l'évaluation de l'exposition des soudeurs au chrome et au nickel pour différents procédés de soudage à l'arc²⁸, présente différentes matrices emploi-exposition pour les fumées de soudage d'acier inoxydable : une matrice proposée par l'OMS et une matrice issue de l'étude INRS. Ainsi, la part du chrome VI dans le chrome total pour des fumées de soudage d'acier inoxydable est la suivante :*
 - *matrice emploi-exposition de l'OMS : 3 % de Cr VI dans le Cr total,*
 - *matrice emploi-exposition de l'INRS : 2,5 % de Cr VI dans le Cr total.*

28 INRS. ND2047, Evaluation de l'exposition des soudeurs au chrome et au nickel pour différents procédés de soudage à l'arc. 9p, 1997.

Enfin, il est noté dans le guide méthodologique pour l'évaluation de l'impact sanitaire des rejets des raffineries de pétrole²⁹ que les métaux sont issus de la combustion de fioul. « Après oxydation dans une unité de combustion, il est très peu vraisemblable de détecter en quantité appréciable des dérivés hexavalents du chrome. 10% est un maximum (C. MANDIN, 2003). ».

Ces spéciations seront utilisées dans le cadre de l'évaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air et dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires.

5.4 Bilan de la consommation énergétique

Le tableau suivant présente les résultats de la consommation énergétique journalière sur le domaine d'étude. Le total est exprimé en Tonne Equivalent Pétrole par jour (TEP/j).

Tableau 20. Consommation énergétique totale sur le domaine d'étude

	Total (TEP/j)
Scénario actuel	31,04
Scénario futur sans projet	29,92
Variation au fil de l'eau	-4%
Scénario futur avec projet	32,1
Impact du projet	+7,3%

D'ici à 2035 (différence entre le scénario « futur sans projet – 2035 » et le scénario « actuel – 2018 »), la consommation énergétique totale diminue d'environ 4%. Cette diminution est directement liée au renouvellement du parc roulant.

Le projet induit, quant à lui, une augmentation de la consommation énergétique totale de 7,3% en 2035 (différence entre les scénarii « futurs avec projet – 2035 » et « futur sans projet – 2035 ») liée notamment à l'augmentation des distances parcourues.

5.5 Bilan des Gaz à Effet de Serre (GES)

Le tableau suivant présente les résultats des émissions des Gaz à Effet de Serre (GES) sur le domaine d'étude. Ces émissions de GES regroupent les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O). Le total est exprimé en équivalent CO₂. Pour convertir les émissions en équivalent CO₂, nous avons utilisé le Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) sur 100 ans du GIEC des gaz étudiés.

Tableau 21. Bilan de gaz à effet de serre sur le domaine d'étude

	GES (kg eq CO ₂ /j)
Scénario actuel	100
Scénario futur sans projet	96
Variation au fil de l'eau	-4%
Scénario futur avec projet	103
Impact du projet	+7,3%

²⁹ Document du groupe de travail constitué du MEDD, direction régionale de l'industrie, DRIRE, ministère de la santé, INERIS, IRSN, UFIP - Février 2006

- Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
 - Etude de niveau I -
 - 5. Estimation des émissions

D'ici à 2035 (différence entre le scénario « futur sans projet – 2035 » et le scénario « actuel – 2018 »), les émissions en GES diminuent de 4 %. Cette diminution est directement liée au renouvellement du parc roulant.

Le projet induit, quant à lui, une augmentation des émissions de GES totale de 7,3 % en 2035 (différence entre les scénarii « futurs avec projet – 2035 » et « futur sans projet – 2035 ») liée notamment à l'augmentation des distances parcourues.

6. Evaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air

L'évaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air s'effectue à partir de l'estimation des concentrations en polluants dans la bande d'étude pour les trois scénarii étudiés :

- le scénario « actuel – 2018 »,
- le scénario « futur avec projet – 2035 »,
- le scénario « futur avec projet – 2035 ».

Cette estimation s'effectue à partir de la modélisation de la dispersion des émissions de polluants automobiles calculées précédemment.

6.1 Méthodologie

Le travail de modélisation des concentrations des polluants résultant du trafic routier a été réalisé à l'aide de la suite logiciel de modélisation de la dispersion atmosphérique ADMS (Cambridge Environmental Research Consultant Ltd, et dans sa dernière version disponible au moment de la rédaction de ce rapport) dans sa suite adaptée à la circulation routière ADMS-Roads.

Le modèle ADMS est un modèle de type gaussien reconnu par les experts des institutions publiques et privées de la pollution atmosphérique en France et à l'international (INERIS, US-EPA, etc.). Ce modèle fait partie de la nouvelle génération de modèles de dispersion atmosphérique et a par ailleurs été validé sur le plan national et international, notamment à travers des comparaisons modèles / mesures, des publications dans des revues scientifiques à comité de lecture.

ADMS permet l'étude d'impacts de rejets chroniques ou accidentels à l'échelle locale et pour des environnements complexes. Il inclut par exemple la prise en compte des phénomènes météorologiques complexes, et une description fine de la couche limite.

Dans le cadre de l'étude d'impact sur la qualité de l'air et sanitaire du projet d'aménagement dans la zone de Charenton-le-Pont, le modèle ADMS est particulièrement adapté pour répondre aux enjeux locaux à l'échelle de ce quartier. ADMS est capable de prendre en compte :

- Une bonne restitution des concentrations en polluants et ceci même à proximité immédiate des sources de pollution (quelques mètres) ;
- La prise en compte de phénomènes souvent « pointés du doigt » par le public, les associations et l'administration tels que la météorologie spécifique (conditions de vent calmes), etc. ;
- La reconnaissance et la validation du modèle ;
- La surélévation des panaches liées aux paramètres d'émissions des sources routières, par exemple ;
- Une occupation des sols pouvant varier dans le domaine – paramètre affectant directement la dispersion des panaches de pollution ;
- La prise en compte de la recirculation de la pollution dans les rues dites canyon.

Les résultats obtenus avec le modèle ADMS sont exprimés en concentrations moyennes annuelle et en percentiles (horaires et/ou journaliers) selon les traceurs. Les dépôts sont exprimés uniquement en moyennes annuelle. Les concentrations et dépôts résultants sont uniquement liés au trafic moyen sur la zone d'étude.

Conformément au guide du Cerema (2019), les concentrations de fond sont intégrées à notre analyse. Ces valeurs présentées dans la section 4.4 sont ajoutées ultérieurement.

6.2 Données d'entrée

En termes de simulation, ont été pris en compte :

- les caractéristiques du domaine d'étude (taille, et occupation des sols) ;
- les récepteurs numériques ;
- les émissions des sources modélisées ;
- les données météorologiques.

6.2.1 Caractéristiques du domaine d'étude

Le domaine modélisé englobe la bande d'étude présentée au paragraphe 2.3 avec un maillage régulier de 42x39 m de résolution. Un maillage irrégulier est défini de façon dynamique à proximité des sources routières permettant de disposer d'une résolution de 5 m autour de ces sources – résolution suffisante pour caractériser précisément la décroissance des panaches de pollution pour les sources routières.

Le relief est peu marqué dans la zone d'étude, tel que présenté sur la Figure 3. Les effets de la topographie sur la dispersion n'ont pas été pris en compte dans cette étude de modélisation.

Concernant l'occupation des sols, une valeur constante a été considérée pour cette étude et fixée à 1 m typique d'un environnement disposant d'un tissu urbain important.

6.2.2 Récepteur numériques

Des points spécifiques appelés « récepteurs » ont été intégrés dans le modèle de dispersion afin d'estimer les concentrations et les dépôts (secs et humides) pour les 3 scénarii étudiés au niveau des populations les plus exposées à savoir les populations dites « sensibles » présentés au paragraphe 3.4.2.

Aucune installation recevant des populations sensibles n'a été retrouvée dans le domaine d'étude pour la situation initiale. On remarque néanmoins que dans le cadre du projet d'aménagement, il est prévu la construction d'une école et d'une crèche.

Dans ces conditions, un calcul de dispersion explicite a été réalisé sur les points de prélèvement déterminés pour la campagne de mesures (Cf. 4.3.3) ainsi qu'au droit des deux récepteurs crèche et école.

Tableau 22 : Localisation des points récepteurs numériques (projection géographique : EPSG : 32631, WGS84 / UTM zone 31N)

Nom du récepteur	Coordonnée X (m)	Coordonnées Y (m)
Pt 1-0	455428	5408412
Pt 2-0	455634	5408475
Pt 3-1	455997	5408269
Pt 4-0	455778	5408293
Pt 5-0	455854	5407982
Pt 6-0	456039	5408011
Pt 7-0	455959	5407875
Pt 8-0	455688	5408058
Pt 9-0	455767	5408062
Pt 10-0	455576	5408241
Pt 11-1	455577	5408428
Pt 12-0	455534	5408467
Pt 13-1	455837	5408170
Pt 14-0	455878	5408125
Pt 15-1	455695	5408181
École	455790	5408075
Crèche	455822	5408103

6.2.3 Données d'émissions atmosphériques

Les émissions de polluants retenues pour la modélisation de la dispersion sont celles calculées précédemment sur chacun des tronçons et pour les 3 scénarii (Cf. 5.3).

6.2.4 Conditions météorologiques

Pour une estimation précise et réaliste, la modélisation a été réalisée à partir de données météorologiques réelles (données tri-horaires sur trois ans). Les données météorologiques réelles permettent de déterminer :

- **la stabilité atmosphérique**, information capitale dans les phénomènes de dispersion atmosphérique des polluants, elle caractérise les propriétés diffusives de l'atmosphère et ne peut en aucun cas être déduite de données statistiques ;
- **le dépôt humide des polluants particulaires** (cas des métaux lourds et des HAP) à partir de la pluviométrie réelle qui permet ainsi de ne pas sous-estimer les flux de dépôt au sol en lien avec les dépôts humides.

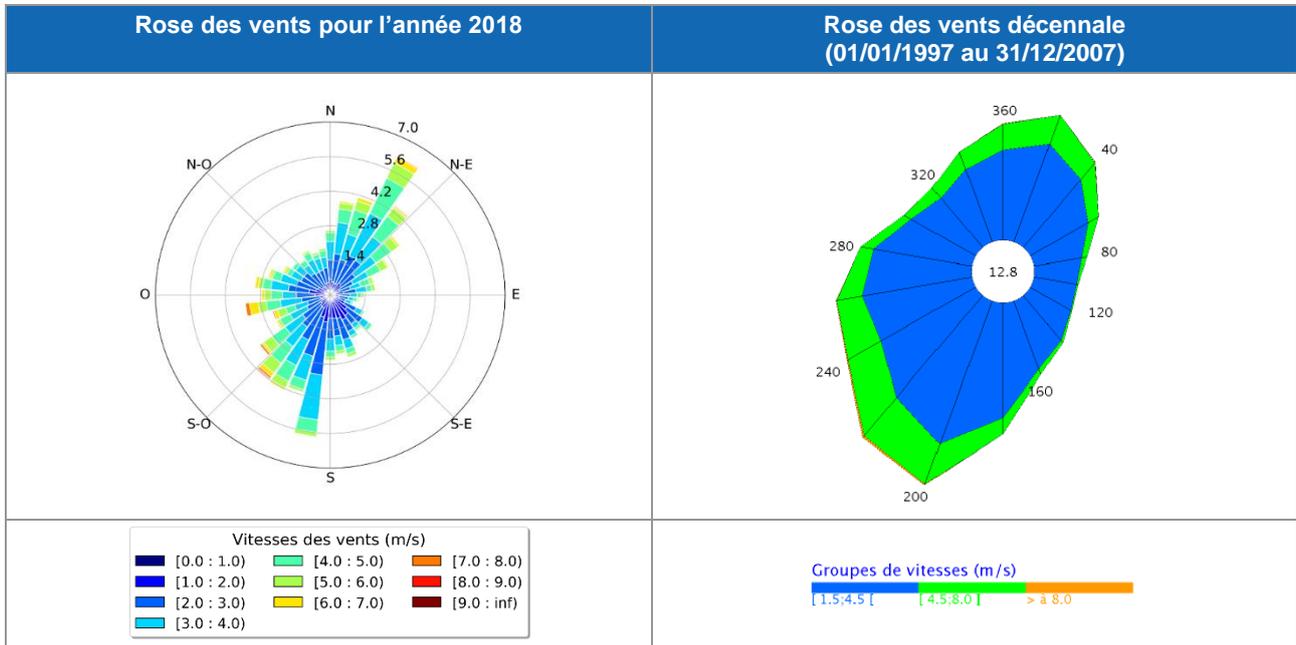
Les données météorologiques nécessaires à la réalisation de cette étude sont : la direction du vent, la vitesse du vent, la température extérieure, la pluviométrie, la nébulosité totale.

Les données météorologiques sur l'année complète la plus récente (année 2018) ont été récupérées à résolution horaire sur la station d'observation la plus représentative de la zone d'étude. Il s'agit de la station Paris-Montsouris localisée à 4 km à l'ouest du site. Ce site d'observation est à la fois référencé sur le réseau de surveillance de Météo France et définie comme une station synoptique par l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM).

A noter que l'ensemble des paramètres météorologiques ont été récupérés depuis la station Paris-Montsouris à l'exception de la nébulosité non-disponible qui a été récupérée depuis la station d'observation Orly.

Les données météorologiques ainsi acquises sont conformes à celles observées sur une période de 10 ans (Cf. figure suivante). En effet, sur la rose des vents de l'année 2018, on observe principalement des vents de secteur nord-nord-est et sud-ouest ainsi que des vents calmes, vents avec une vitesse inférieure à 1 m/s et pour lesquels aucune direction ne peut être associée. On pourra noter que pour les vents calmes, la proportion retrouvée sur la rose des vents décennale (12,8%) est supérieure à celle retrouvée pour l'année 2018.

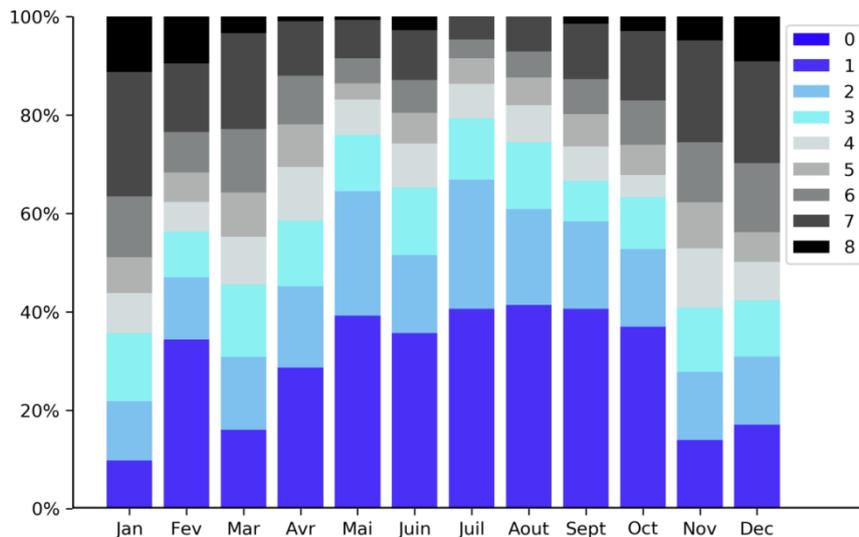
Figure 29 : Comparaison des conditions météorologiques décennale et l'année 2018



La figure suivante permet d'identifier les variations saisonnières observées sur le site météorologique à partir de la couverture nuageuse. Il s'agit d'un paramètre d'observation qui représente les fréquences d'apparition de chaque classe de nébulosité atteinte pour chaque mois. Pour rappel, une nébulosité de 0 correspond à un ciel complètement dégagé, sans nuage, et une nébulosité de 8 correspond à un ciel complètement couvert.

Sur cette figure, on observe une saison sensiblement plus ensoleillée entre mai et octobre avec une couverture nuageuse 60% du temps inférieure à 3. Le mois de décembre est un mois particulièrement couvert avec des niveaux de nébulosité plus élevés (65% de temps occupé par des valeurs supérieures à 4).

Figure 30 : Répartition de la nébulosité sur la station Orly



6.3 Caractéristiques du code utilisé

Les hypothèses de calcul retenues pour les modélisations concernent :

- le modèle de dispersion ;
- la conversion NO/NO₂ ;
- le calcul des dépôts au sol.

6.3.1 Conversion NO/NO₂

ADMS Roads calcule la dispersion des NO_x mais seul le NO₂ est réglementé et fait l'objet de recommandation par les organismes de santé publique. Un module de conversion intégré au logiciel, activé dans cette étude, permet de déterminer les concentrations sur l'ensemble du domaine en moyenne annuelle pour le NO₂ et le NO. La formule de conversion utilisée est celle de Middleton :

$$\left\{ \begin{array}{l} [\text{NO}_2] = 2,166 - [\text{NO}_x] (1,236 - 3,348 A + 1,933 A^2 - 0,326 A^3) \text{ avec } A = \log ([\text{NO}_x]) \\ [\text{NO}] = [\text{NO}_x] - [\text{NO}_2] \end{array} \right.$$

Dans la formule, les concentrations en NO, NO₂ et NO_x sont exprimées en ppb (partie par billion).

Dans la suite de cette étude seules les concentrations en NO₂ seront présentées.

6.3.2 Calculs des dépôts au sol

Les calculs des dépôts au sol ont été réalisés en considérant les dépôts secs mais également les dépôts humides conduisant à un appauvrissement du panache (diminution des concentrations dans l'air).

► Dépôts secs

Les particules se déposent sur les surfaces par divers processus biologiques, chimiques et physiques. Il est donc nécessaire de connaître les vitesses de dépôt des différents polluants étudiés. Le paramètre qui influence les dépôts secs est la vitesse de dépôt, exprimée en m/s. Cette vitesse permet de tenir compte de la capacité du sol à retenir le polluant qui se dépose. Ces vitesses ont fait l'objet de plusieurs recherches et plusieurs références bibliographiques existent sur ces données. Les vitesses de dépôt de chaque polluant étudié sont précisées dans le modèle.

► Dépôts humides

Les dépôts humides correspondent aux dépôts de polluant au sol entraînés par la pluie. Les calculs de dispersion qui intègrent le lessivage par la pluie prennent en compte un coefficient de lessivage exprimé en s⁻¹, correspondant à la proportion du polluant qui est entraîné par la pluie pendant 1 seconde. Ce coefficient varie de 0,4.10⁻⁵ à 3.10⁻³ s⁻¹ selon la littérature et le polluant considéré.

6.4 Résultats de la modélisation

Les concentrations calculées par le modèle ne concernent que les émissions rejetées au niveau des axes routiers pris en compte. La pollution liée à toutes les autres sources de pollution (autres axes routiers, sources industrielles, sources domestiques...) n'est pas considérée dans ce calcul.

De ce fait, si l'on voulait connaître les concentrations réelles dans le domaine, il faudrait ajouter aux valeurs modélisées ci-après, la pollution générée par l'ensemble des autres sources émettrices (routières, industrielles, résidentielles, tertiaires, agricoles, naturelles, etc.) sans prendre en compte les axes routiers déjà modélisés.

Conformément au guide méthodologique du Cerema (2019), les concentrations de fond estimées (et présentées dans la section 4.4) ont été ajoutées aux concentrations modélisées (et correspondant aux sur-concentrations générées par le trafic routier dans la zone d'étude) avec pour objectif de connaître de façon intégrée le risques sanitaires et l'état de la qualité de l'air dans la zone d'étude. On rappelle ici que ces concentrations de fond ont été déterminées à partir des résultats du bilan annuel publié par AIRPARIF (2018) et en s'appuyant sur la campagne de mesures.

6.4.1 Concentrations modélisées sur les récepteurs

Les résultats détaillés sont présentés sous forme de tableaux synthétiques en Annexe 6. Ces tableaux présentent, pour chacun des 3 scénarii, les concentrations en polluants au droit des récepteurs.

Les concentrations modélisées pour les 3 scénarii et pour l'ensemble des substances réglementées, sont comparées aux valeurs réglementaires présentées au paragraphe 4.1.2. :

- Pour le NO₂ : les concentrations moyennes annuelles dépassent la valeur réglementaire (40 µg/m³) sur 11 récepteurs dans le cas du scénario situation actuelle avec une valeur maximale de 55,35 µg/m³. Ces valeurs diminuent fortement dans le cas des deux scénarios projetés : -34% et -31% pour les scénarios sans projet et avec projet respectivement. Cette baisse entraîne le respect des valeurs réglementaires sur l'ensemble des récepteurs. Dans le cas du percentile 99,8 horaire, l'ensemble des concentrations aux points récepteurs respecte la valeur réglementaire fixée à 200 µg/m³. Le scénario le plus impactant est la situation actuelle avec une valeur atteignant 40% du standard applicable. De façon analogue aux moyennes annuelles, les percentiles calculés pour les deux scénarios projetés à horizon 2035 sont moins impactants que le scénario situation actuelle. Sur le point le plus impacté, on observe que le scénario « situation avec projet » augmente les concentrations de 6% par rapport au scénario « sans projet ».
- Pour les poussières (PM10 et PM2.5) : tous les récepteurs présentent des niveaux inférieurs aux valeurs réglementaires, quel que soit le scénario et le paramètre analysé (moyenne annuelle ou percentile journalier). Compte d'un fond urbain important défini pour les PM2.5, la contribution totale calculée est plus importante que pour les PM10 pour atteindre au maximum 60% de la valeur réglementaire.
- Pour le CO : quel que soit le scénario, les maximums journaliers des valeurs glissantes sur 8h respectent la valeur réglementaire fixée à 10 mg/m³.
- Pour le benzène : les niveaux calculés restent inférieurs à la valeur réglementaire applicable de 5 µg/m³ pour atteindre au maximum une contribution atteignant 35% de la limite autorisée dans le cadre du scénario situation actuelle. Dans le cas des scénarios projetés, les concentrations sont maîtrisées à des valeurs inférieures à celles obtenus pour le scénario situation actuelle. L'écart entre les deux scénarios projetés est faible et de l'ordre de 4%.
- Pour SO₂ : comme attendu au regard des faibles teneurs en soufre contenues dans les carburants utilisés en France, les valeurs restent très faibles vis-à-vis des valeurs réglementaires, et ceci quel que soit le scénario étudié. Les valeurs maximales calculées sur les différents récepteurs atteignent moins de 1% de la valeur réglementaire applicable.

- Pour les métaux (arsenic, nickel) et le BaP : on observe que, quel que soit les scénarios étudiés, les niveaux calculés sont largement inférieurs aux valeurs règlementaires applicables. On notera que les niveaux dans le cadre du scénario avec projet sont légèrement supérieurs aux concentrations calculés dans le scénario situation actuelle – 2018. Ceci s'explique par l'augmentation substantielle du réseau routier dans le cadre de l'aménagement du quartier.

On observe globalement sur l'ensemble des récepteurs, une baisse comme attendu par rapport à la situation actuelle – 2018, sur les deux scénarios projetés à l'exception des métaux et du BaP sur lequel les niveaux augmentent en raison de la construction de nouveaux axes routiers.

Enfin, le projet engendre une légère augmentation des concentrations au droit de l'ensemble des récepteurs considérés par rapport à la situation sans projet. Cette augmentation reste toutefois maîtrisée dans des niveaux acceptables vis-à-vis de la réglementation française.

Il convient de signaler que les concentrations au droit des récepteurs ne représentent que des résultats partiels. Ainsi, une analyse plus fine sur l'ensemble du domaine d'étude est réalisée ci-après pour le NO₂. L'ensemble des cartographies des polluants règlementés sont disponibles en Annexe 10.

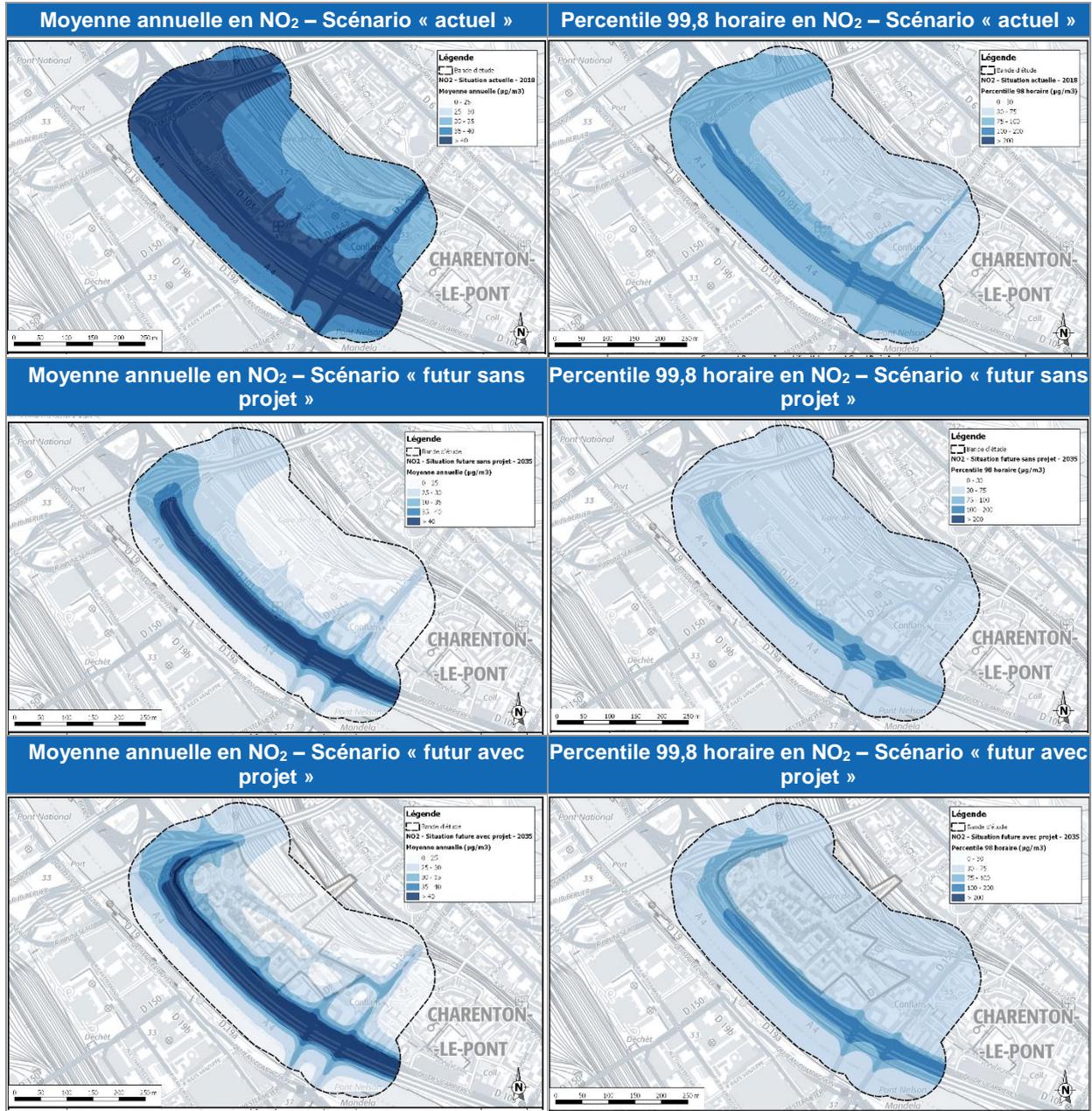
Tableau 23 : Valeurs maximales obtenues au niveau des récepteurs pour les trois scénarios étudiés

Paramètres	Situation actuelle - 2018	Situation sans projet - 2035	Situation avec projet - 2035	Valeur règlementaire
Moyenne annuelle en NO ₂ (µg/m ³)	55,35	36,41	38,40	40
Percentile 99,8 horaire en NO ₂ (µg/m ³)	96,44	73,40	77,94	200
Moyenne annuelle en PM10 (µg/m ³)	24,33	23,85	24,22	40
Percentile 90.4 journalier en PM10 (µg/m ³)	25,80	24,97	25,35	50
Moyenne annuelle en PM2.5 (µg/m ³)	15,06	14,37	14,40	25
Maximum journalier des valeurs glissantes sur 8h en CO (mg/m ³)	3,74	3,63	3,64	10
Moyenne annuelle en benzène (µg/m ³)	1,73	1,56	1,63	5
Percentile 99,2 journalier en SO ₂ (µg/m ³)	0,88	0,85	0,81	125
Percentile 99,7 horaire en SO ₂ (µg/m ³)	1,40	1,47	1,59	350
Concentration moyenne annuelle en arsenic (µg/m ³)	4,10 10 ⁻⁴	4,10 10 ⁻⁴	4,95 10 ⁻⁴	6,00 10 ⁻³
Concentration moyenne annuelle en nickel (µg/m ³)	1,28 10 ⁻³	1,28 10 ⁻³	1,54 10 ⁻³	2,00 10 ⁻³
Concentration moyenne annuelle en benzo(a)pyrène (µg/m ³)	5,32 10 ⁻⁵	3,94 10 ⁻⁵	7,67 10 ⁻⁵	1,00 10 ⁻³

► Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy - Etude de niveau I -

6. Evaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air

Figure 31 : Concentrations moyennes annuelles et percentile 99,8 horaire en NO₂



Source : Fond de plan IGN

Pour une meilleure visibilité, l'ensemble de ces cartes de résultats de modélisation sont reprises en Annexe 10.

Ces cartes montrent que :

- Les concentrations en moyenne annuelle en NO₂ dépassent la valeur réglementaire de 40 µg/m³ :
 - Dans le cas du scénario situation actuelle – 2018 : sur la moitié du domaine principalement en raison de la circulation automobile sur l'autoroute A4 et sur le boulevard périphérique. La zone du projet est également touchée par des niveaux supérieurs au seuil autorisé ;
 - Dans le cas des scénarios projetés – 2035 : Les dépassements sont réduits par rapport à la situation initiale et restent centrés autour des axes routiers les plus importants. La mise en place des nouveaux axes routiers dans la situation avec projet augmente sensiblement les niveaux dans la zone du projet d'environ 2 à 4 µg/m³ par rapport à la situation sans projet ;
- Au niveau des percentiles 99,8 horaires, on n'observe aucun dépassement de la valeur réglementaire de 200 µg/m³ quel que soit le scénario étudié ;
- On note que ces niveaux élevés (particulièrement pour les moyennes annuelles) sont le résultat des tronçons routiers localisés au niveau de l'échangeur et du boulevard périphérique, combinée à un bruit de fond élevé pour le NO₂ en milieu urbain ;
- D'ici à 2035 (différence entre le scénario futur sans projet et le scénario actuel), les concentrations en NO₂ diminuent sensiblement sur l'ensemble du domaine d'étude du fait du renouvellement du parc automobile et des avancées technologiques et réglementaires des émissions de véhicules ;
- En 2035 (différence entre le scénario futur sans projet et avec projet), les concentrations en NO₂ augmentent très légèrement en raison de la création des nouveaux axes routiers. Dans cette optique, on note que l'hypothèse pour définir le scénario futur avec projet est majorante puisqu'elle intègre les trafics maximums sur le domaine d'étude quel que soit la variante envisagée.

6.4.2 Impacts du projet sur la qualité de l'air

Afin d'analyser de façon plus précise les impacts du projet sur la qualité de l'air à l'horizon 2035, une comparaison entre les concentrations du scénario « futurs sans projet » et les concentrations du scénario « futurs avec projet » a été réalisée. Cette comparaison est exprimée en pourcentage d'augmentation ou de réduction.

$$\text{Variation (\%)} = 100 \times \frac{(\text{Concentration} - \text{Scénario avec projet}) - (\text{Concentration} - \text{Scénario sans projet})}{(\text{Concentration} - \text{Scénario sans projet})}$$

Le tableau suivant présente la variation moyenne des concentrations des différents polluants entre le scénario « futur sans projet » et le scénario « futur avec projet ».

Tableau 24. Impacts moyens du projet sur les concentrations des polluants étudiés

Variation moyenne sur l'ensemble du domaine d'étude en %			
Percentile 99,8 en NO₂	Moyenne annuelle en NO₂	Percentile 90,4 journalier en PM10	Moyenne annuelle en PM10
6,1%	2,6%	0,7%	0,4%
Moyenne annuelle en PM2,5	Maximum journalier (8h glissante) en CO	Moyenne annuelle en benzène	Percentile 99,7 horaire en SO₂
0,6%	0,2%	2,1%	10,5%
Percentile 99,2 journalier en SO₂	Moyenne annuelle en arsenic	Moyenne annuelle en nickel	Moyenne annuelle en BaP
11,9%	1,6%	1,5%	1,4%

► Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy - Etude de niveau I -

6. Evaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air

Le projet tend en moyenne à augmenter les concentrations de tous les polluants sur l'ensemble du domaine d'étude entre +0,2 % et +11,9 % selon le polluant considéré. Ces augmentations sont directement reliées aux augmentations des émissions (+0,1 % à +9,4%) engendrées par le projet et à l'ajout de nouveaux tronçons routiers dans le cadre du projet se traduisant par une augmentation de la distance totale parcourue (+6,59%).

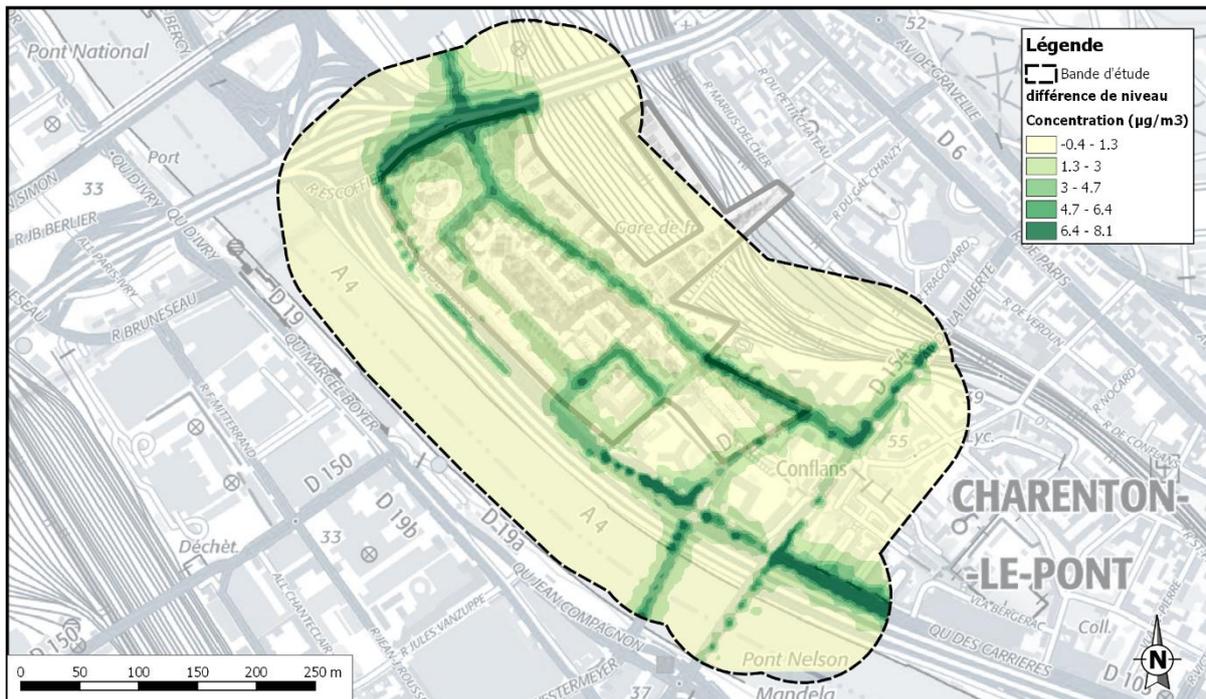
Toutefois, ces **variations de concentrations sont non significatives**. En effet, les concentrations augmentent ou diminuent au maximum de 3,2 µg/m³ pour le NO₂. A titre d'exemple supplémentaire, les concentrations en benzène augmentent ou diminuent au maximum de 0,07 µg/m³, celles des PM10 de 1,0 µg/m³ et celles des PM2.5 de 0,09 µg/m³.

Cependant, il est important de noter que les concentrations en polluants atmosphériques évoluent de manière différenciée selon la zone du domaine d'étude. En effet, les cartes de différences de concentrations entre le scénario « avec projet » et le scénario « sans projet » permettent d'observer les zones pour lesquelles on observe une réduction des concentrations et celles pour lesquelles on observe une augmentation. A titre d'exemple, la carte de variations des concentrations annuelles du NO₂ est présentée page suivante.

Ainsi, on observe une augmentation des concentrations principalement localisée au niveau des axes nouvellement créés (prolongement entre la rue Baron Leroy et la rue de l'Entrepôt) et des axes particulièrement empruntés (rue Escoffier, quai des Carrières).

En conclusion, les impacts du projet à l'horizon 2035 sont peu significatifs et très localisés. En effet, on observe bien une augmentation des concentrations au droit du projet d'aménagement et de ses voies d'accès, cependant ces variations restent faibles. On rappelle également que le scénario avec projet est majorant car intégrant les trafics maximums pour l'ensemble des variantes envisagées.

Figure 32 : Impacts du projet sur les concentrations en NO₂



Source : Fond de plan IGN

7. Evaluation des impacts sanitaires du projet - IPP

L'Indice Pollution Population ou IPP est un indicateur sanitaire simplifié basé sur les concentrations mais également sur la répartition spatiale de la population.

Cet outil est utilisé comme une aide à la comparaison de différents scénarii et notamment du scénario « futur sans projet » et du scénario « futur avec projet ». Il n'est en aucun cas le reflet d'une exposition absolue de la population à la pollution atmosphérique globale.

Conformément à la note méthodologique du Cerema (2019), le calcul de l'IPP est uniquement réalisé pour le NO₂. Ce polluant est considéré comme discriminant et bien maîtrisé (mesure/modélisation) et sa zone de dispersion (100 à 300 m par rapport à l'axe de la voie) englobe le plus souvent celle des autres polluants.

7.1 Méthodologie

Dans le cadre du calcul de l'IPP, à chaque maille du domaine d'étude est affectée la densité de population correspondant à l'IRIS³⁰ sur laquelle elle se situe. Le calcul de l'IPP est ensuite réalisé dans chacune des mailles, en croisant la valeur de quantité de population et la concentration modélisée précédemment. Le résultat fournit un indicateur « d'exposition » de la population.

$$IPP_{maille} = Population \times Concentration$$

Les IPP par maille les plus forts correspondent :

- aux zones où la densité de population est la plus élevée ;
- ou aux zones où les concentrations calculées sont les plus élevées ;
- ou aux deux.

A noter que dans cette étude, la description des populations a été réalisée à l'échelle de l'IRIS³¹.

L'IRIS renseigne la population totale occupant un espace donné. Dans le cas d'un IRIS où coexistent plusieurs types d'occupation des sols (industries, tissu urbain, zones récréatives, etc.), l'IRIS est considéré de sorte à distribuer de façon homogène la population sur l'ensemble du domaine. Par conséquent, le calcul de l'IPP permettra de croiser les données de populations avec les niveaux de pollution en NO₂ de façon qualitative et majorante, en disposant d'informations sur les zones les plus impactées à l'échelle de l'IRIS sans tenir compte des lieux réels d'habitation.

7.2 Données d'entrée

7.2.1 Concentrations modélisées en NO₂

Les concentrations environnementales en NO₂ utilisées lors du calcul de l'IPP sont les concentrations obtenues par la modélisation, présentées précédemment.

30 Un IRIS représente le découpage d'une commune de plus de 5 000 habitants en quartier d'habitation. Par extension, afin de couvrir l'ensemble du territoire, on assimile également à un IRIS chacune des communes non découpées (communes de moins de 5 000 habitants).

31 Et à l'échelle du projet dans le cadre des estimations du nombre de résidents supplémentaires au niveau du projet

7.2.2 Population

La population aux deux horizons d'étude (2018 et 2035) a été estimée à partir des projections de population réalisées par l'INSEE. Ces projections, réalisées à l'échelle du département du Val-de-Marne, permettent de déterminer le pourcentage d'augmentation de la population entre 2015 (année du recensement) et les horizons étudiés. Ces augmentations ont ensuite été appliquées à la répartition de population par IRIS de 2015 présentée au paragraphe 3.4.1.

Dans le cadre du projet d'aménagement, il est prévu la construction de 1 000 logements et d'une surface de 42 000 m² pour accueillir des étudiants et jeunes actifs. Une estimation du nombre de résidents supplémentaires a été réalisée à partir des derniers recensements de l'INSEE datant de 2014 et 2015 sur Charenton-le-Pont au niveau du nombre d'occupants par logement et de la surface d'habitation occupée par la population de la tranche d'âge 20-24 ans.

Les facteurs d'évolution de la population sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 25 : Evolution des populations dans les différents scénarios étudiés

% d'évolution entre 2015 et 2018	% d'évolution entre 2018 et 2035 (sans projet)	% d'évolution entre 2035 (sans projet) et 2035 (avec projet)
+1,32%	+5,27%	+16,6%

Source : INSEE, projection entre 2013 et 2050 dans le Val-de-Marne

Les estimations des populations dans le domaine d'étude sont présentées dans le tableau suivant.

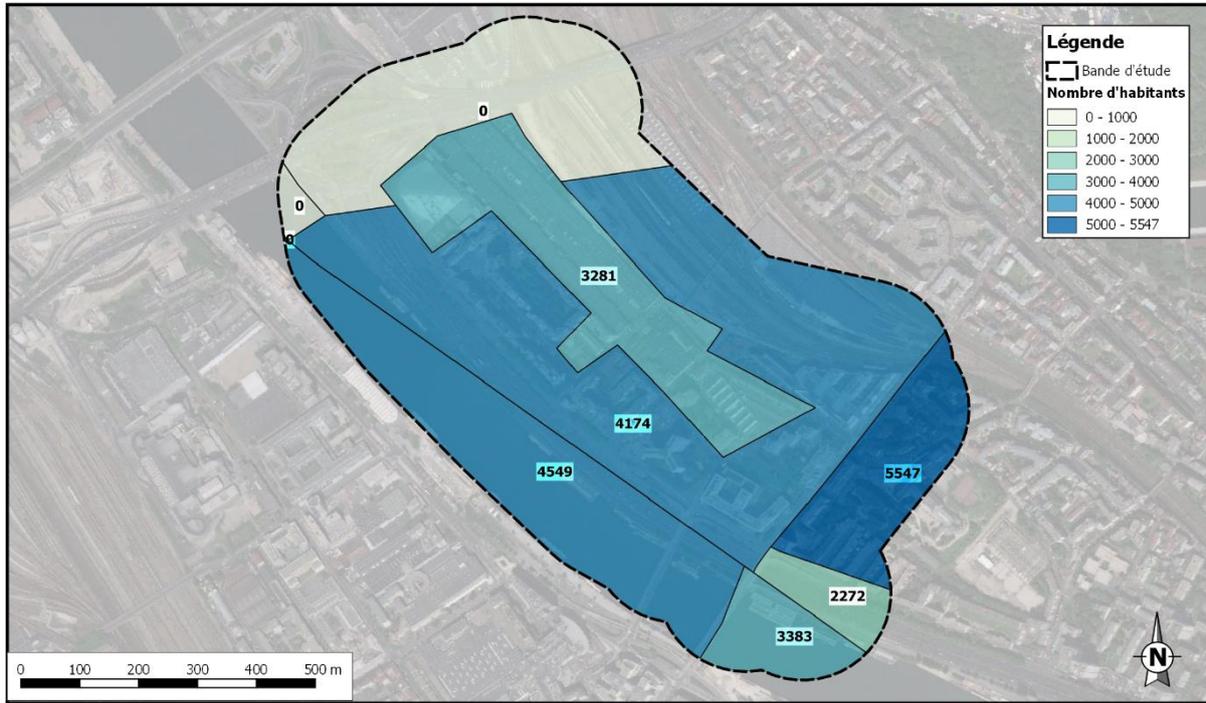
Tableau 26. Estimations des populations dans les différents scénarios étudiés

Situation initiale - 2018	Situation future sans projet - 2035	Situation future avec projet - 2035
18 977	19 977	23 288 Dont 1 144 (habitations) Et 2 167 (étudiants et jeunes actifs)

La figure suivante présente la répartition des populations exposées dans le scénario futur avec projet – 2035 à l'échelle de l'IRIS et du projet.

A noter que la répartition des habitants imputables au projet s'est faite de façon homogène dans les limites du projet lui-même. Les calculs d'IPP permettent ainsi de disposer d'une vision moyenne de l'exposition de ces habitants en fonction de la localisation des lieux d'habitation.

Figure 33 : Estimation des populations dans le domaine d'étude pour la situation future avec projet – 2035 à l'échelle de l'IRIS et du projet



7.3 L'Indice Pollution-Population (IPP) du domaine d'étude

Pour calculer l'IPP sur le domaine d'étude, l'ensemble des IPP par maille a été additionné. L'IPP cumulé, ainsi obtenu, fournit une indication de l'état sanitaire sur l'ensemble du domaine d'étude et permet de voir l'évolution de la situation attendue entre 2018 et 2035, ainsi que l'impact du projet.

Tableau 27. IPP cumulé du benzène

	IPP cumulé
Scénario actuel	236 724
Scénario futur sans projet	167 786
Variation au fil de l'eau	-29 %
Scénario futur avec projet	259 323
Impact du projet	+55 %

D'ici à 2035 (différence entre le scénario « futur sans projet » et le scénario « actuel »), l'IPP cumulé diminue de l'ordre de 29% du fait de la diminution importante des concentrations en NO₂ même en observant une augmentation naturelle du nombre d'habitants à l'horizon 2035. La note méthodologique du CERTU³² (2005) indique que si les différences d'IPP cumulé sont inférieures à 20-30%, les bilans « santé » peuvent être considérés comme équivalents. Ainsi, la situation sanitaire globale tend à s'améliorer à l'horizon 2035 sans projet vis-à-vis de la pollution en NO₂.

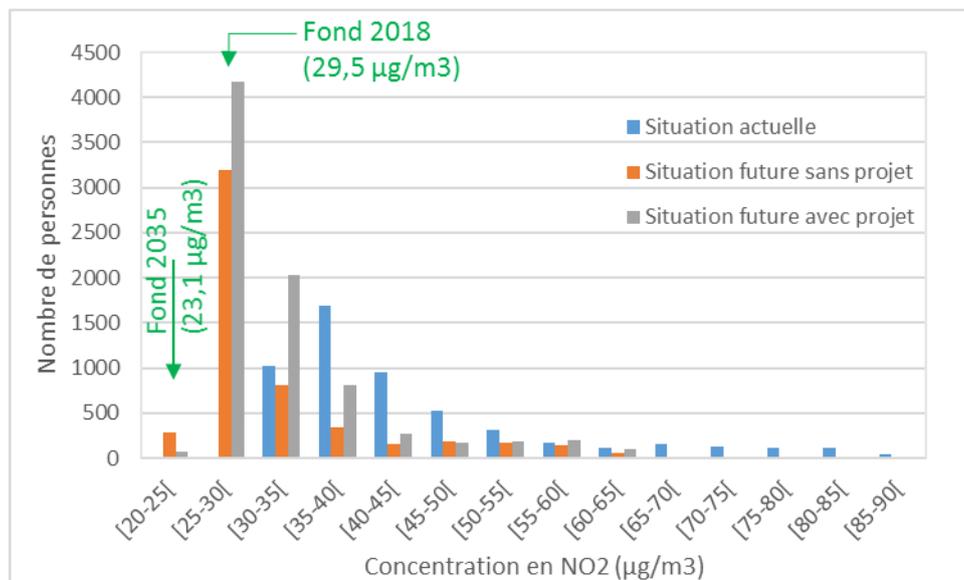
³² Note méthodologique sur l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières » (CERTU – Février 2005).

Le projet engendre, quant à lui, une augmentation de l'IPP cumulé de l'ordre de 55% à l'horizon 2035. Les bilans « santé » du scénario « futur sans projet » et du scénario « futur avec projet » ne sont donc pas équivalents. A la lecture du tableau précédent, les impacts sanitaires du projet sont considérés comme significatifs.

Une analyse plus détaillée doit être poursuivie pour évaluer cet impact. La figure suivante propose de classifier les populations exposées en fonction de gammes de concentrations moyennes en NO₂. Les valeurs de fond calculées pour le NO₂ sont également reportées pour chaque scénario. Globalement, ce graphique montre une amélioration notable de la situation sanitaire à l'horizon 2035 (avec et sans projet) générée par une augmentation du nombre de personnes exposées à des concentrations plus faibles (<35 µg/m³) et une diminution du nombre de personnes exposées à des concentrations plus élevées et dépassant la valeur réglementaire applicable.

On pourra noter néanmoins une augmentation très faible du nombre de personnes exposées à des concentrations comprises entre 55 et 60 µg/m³ à l'horizon 2035 avec projet. Ceci est corrélé à l'augmentation du nombre potentiel de personnes qui résident à proximité des axes routiers structurants (boulevard périphérique notamment) et à la construction de nouvelles voies de circulation.

Figure 34 : Distribution en nombre de personnes pour différentes classes de concentration de NO₂ pour les différents scénarii



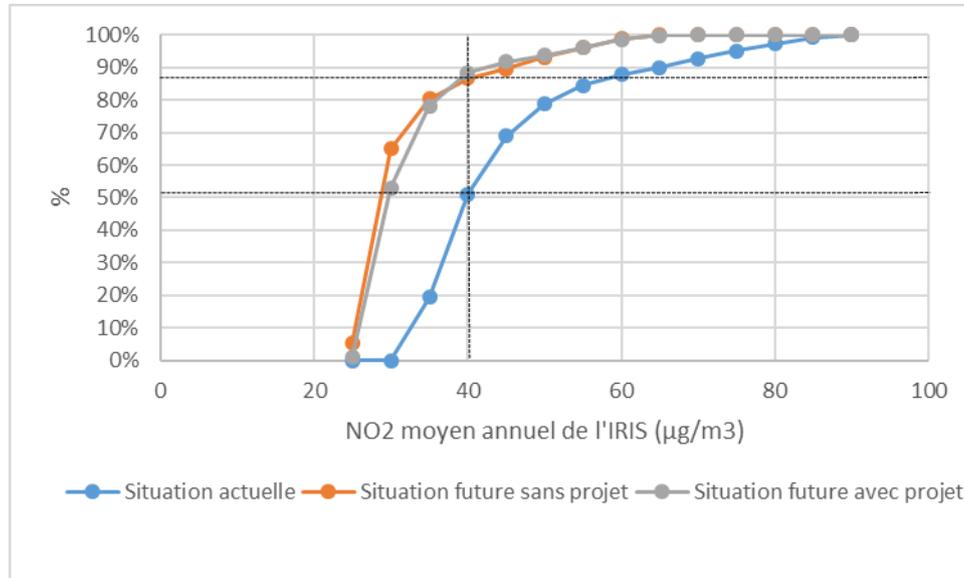
En complément, la figure suivante présente le pourcentage de population cumulée exposée aux concentrations de NO₂ calculées notamment au regard de la valeur règlementaire de 40 µg/m³. Cette figure montre :

- Dans la situation initiale – 2018, 51% des populations sont exposées à des concentrations inférieure à la valeur règlementaire ;
- Dans la situation future sans projet – 2035, 87% des populations sont exposées à des concentrations inférieures à la valeur règlementaire ;
- Dans la situation future avec projet – 2035, 88% des populations sont exposées à des concentrations inférieures à la valeur règlementaire.

Ce graphique met en évidence que l'impact du projet par rapport à la situation sans projet en 2035 est

significative uniquement sur des portions de domaine très localisées et résulte de l'augmentation très importante de la population (+16,6% par rapport à la situation sans projet).

Figure 35 : Répartition cumulée du niveau d'exposition du NO₂ dans la population de la zone d'étude pour les différents scénarii



Cet impact localisé est observable sur les cartes des IPP calculés pour chaque scénario. Les impacts sanitaires globaux observés sont, en effet, la conséquence des variations locales des IPP. Les cartes page suivante présentent les résultats du calcul de l'IPP par maille sur l'ensemble du domaine d'étude pour les 3 scénarii étudiés.

Ainsi, on observe :

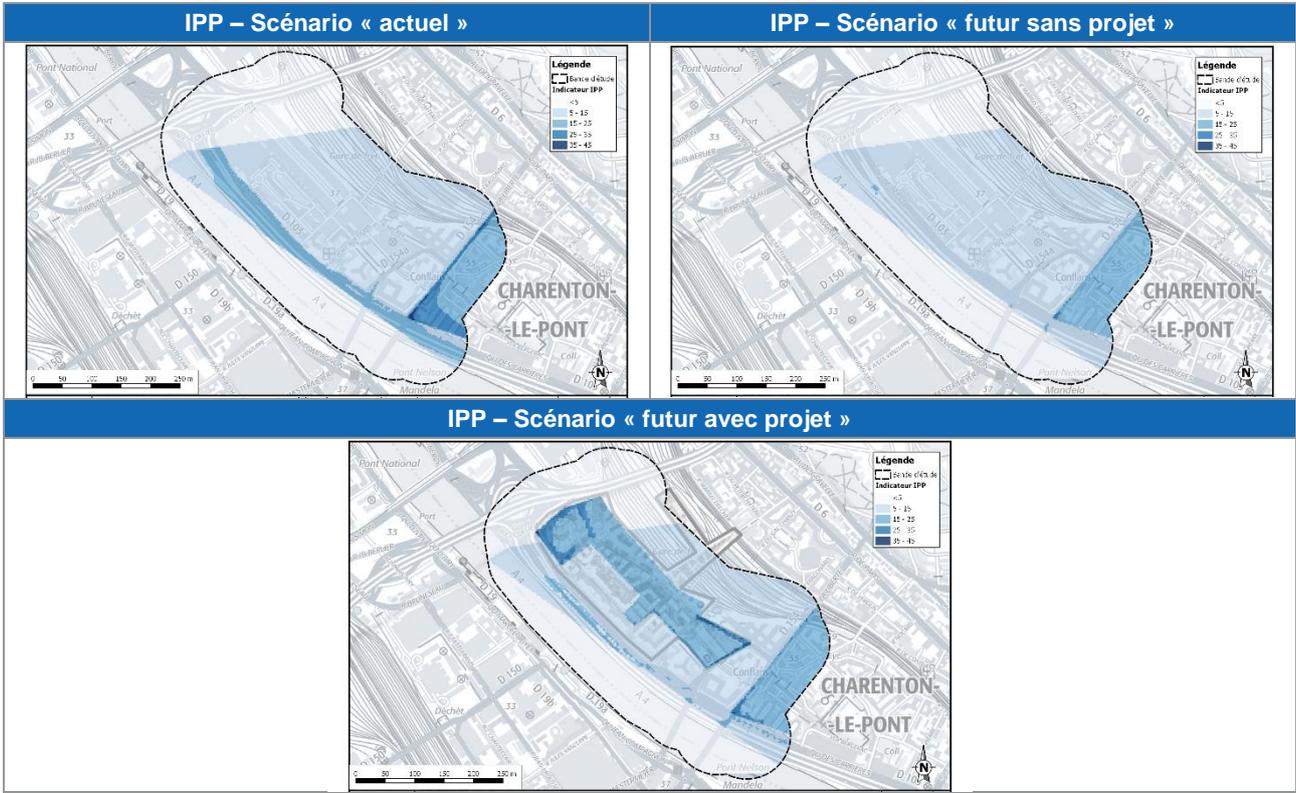
- une diminution des IPP au droit des quartiers en dehors de la zone du projet d'aménagement liée à la diminution des concentrations dans des zones denses en termes de population ;
- une augmentation des IPP au droit des quartiers d'habitations nouvellement créés dans le cadre du projet et de ses voies d'accès liée à l'augmentation des concentrations dans des zones moins denses en termes de population.

En conclusion, les impacts sanitaires globaux du projet à l'horizon 2035 sont considérés comme faiblement significatifs. Cependant, on observe des variations locales différenciées sur l'ensemble du domaine d'étude en particulier au niveau du projet d'aménagement, dans les zones les plus proches du boulevard périphérique et des nouveaux axes routiers. Cet impact sur les nouvelles habitations est limité puisqu'il est prévu d'écarter les zones habitables des voies de circulation structurantes dans la zone d'étude.

► Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
- Etude de niveau I -

7. Evaluation des impacts sanitaires du projet - IPP

Figure 36 : IPP du NO₂



Source : Fond de plan IGN

8. Evaluation quantitative des risques sanitaires

L'objectif de l'évaluation des risques sanitaires est de quantifier les risques liés aux émissions des véhicules circulant sur les axes routiers pris en compte dans le cadre de cette étude selon la méthodologie définie dans :

- la note méthodologique du CEREMA – Février 2019 ;
- les guides de l'INERIS – 2003/2013 ;
- le guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impacts de l'InVS – Février 2000.

8.1 Conceptualisation de l'exposition

Un risque est défini par :

1. une source de contamination,
2. un vecteur de transfert de la contamination,
3. une voie d'exposition,
4. des enjeux (cibles et usages des milieux).

Si l'un de ces éléments n'existe pas, alors il y a absence de risques.

► Source de contamination

Les sources de contamination considérées sont les émissions des véhicules circulant sur les axes routiers pris en compte dans le cadre de cette étude pour les 3 scénarii étudiés. De plus, la pollution de fond a été sommée.

► Voies de transfert et voies d'exposition

Les voies de transferts associées aux émissions des véhicules sont la dispersion atmosphérique, le dépôt au sol et le passage dans les végétaux des composés particulaires.

Compte tenu de l'environnement (absence de jardins potagers et de zones de cultures) et de l'absence d'enjeux identifiés, l'exposition par ingestion n'a pas été considérée dans l'EQRS.

Par conséquent, dans le cadre de cette étude, seule une exposition par inhalation est considérée :

- pour les polluants atmosphériques restant à l'état gazeux, les effets pertinents correspondent à des expositions par voie respiratoire ; seule cette voie est prise en compte ;
- pour les polluants atmosphériques particulaires, l'exposition par inhalation est considérée lorsque les particules sont « inhalables », c'est-à-dire que le diamètre des polluants particulaires est inférieur à 10 µm.

- Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
- Etude de niveau I -
8. Evaluation quantitative des risques sanitaires

Conformément aux préconisations du CEREMA, les polluants traceurs de risques retenus pour la voie inhalation sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 28 : Traceurs de risque pour la voie inhalation

Polluants
Particules (PM10 et PM2.5)
Dioxyde d'azote
Benzène
Acénaphène
Acénaphthylène
Anthracène
Benzo(a)anthracène
Benzo(a)pyrène
Benzo(b)fluoranthène
Benzo(k)fluoranthène
Benzo(ghi)pérylène
Chrysène
Dibenzo(ah)anthracène
Fluorène
Fluoranthène
Indéno(1,2,3-cd)pyrène
Phénanthrène
Pyrène
Benzo(j)fluoranthène
1,3 butadiène
Chrome
Nickel
Arsenic

► Enjeux

L'évaluation porte sur les risques pour les populations :

- **exposées de façon chronique** aux émissions engendrées par le trafic automobile ;
- **exposées de façon aigue** aux émissions engendrées par le trafic automobile.

► Exposition chronique

Un **risque chronique** correspond à la survenue de troubles liés à une exposition prolongée (supérieures à 7 ans pour l'US-EPA et supérieures à 1 an pour l'ATSDR) à de faibles doses. Ils surviennent en général avec un temps de latence qui peut atteindre plusieurs mois, voire même des décennies et sont habituellement irréversibles en l'absence de traitement. Dans ce cas-là, on se réfère à des concentrations en moyennes annuelles.

Au regard des populations identifiées sur le domaine d'étude, les cibles potentielles sont les suivantes :

- Les riverains,
- Les populations dites « sensibles », (écoliers par exemple).

Toutefois, les **riverains** peuvent être considérés comme **les populations les plus impactées**. En effet, leur temps d'exposition est plus élevé que celui des personnes fréquentant les établissements sensibles et peuvent être positionnés à proximité immédiate des routes.

Des riverains étant présents à proximité immédiate de chaque établissement sensible, en premier niveau d'approche, nous étudierons un seul scénario d'exposition en considérant :

- une exposition permanente par inhalation à des concentrations moyennes, 24h/jour et 365 jours par an ;
- une population cible, constituée potentiellement d'adultes et d'enfants :
 - des **enfants** résidant dans les logements. L'âge des enfants résidant à proximité du site est supposé être compris entre **0 et 6 ans**, ces enfants sont considérés comme présent 24h/jour, 365 jours par an, à leur domicile, dans une approche majorante. Pour les enfants, le temps d'exposition sera pris égal à 6 ans.
 - des **adultes** résidant dans les logements. Nous considérerons dans la présente étude que ces adultes sont présents 24 h/jour, 365 jours par an à leur domicile, dans une approche majorante. La durée d'exposition sera prise égale à 30 ans correspondant au 90^{ème} percentile de la distribution des durées de résidence, en France, d'après les abonnements à EDF. Cette durée est préconisée par l'INERIS et l'Observatoire des pratiques de l'évaluation des risques.

Ces hypothèses de travail sont discutées dans le chapitre traitant des incertitudes.

Il convient de préciser qu'en l'absence d'information pertinente sur le transfert des polluants de l'air extérieur vers l'air intérieur où les populations citadines passent une grande partie de leur temps, il a été considéré que les concentrations dans l'air intérieur et dans l'air extérieur sont équivalentes. Par conséquent, le temps passé à l'intérieur des habitations n'est pas distingué du temps passé à l'extérieur.

► Exposition aigue

Un **risque aigue** correspond à la survenue de troubles liés à une exposition très courte à forte dose.

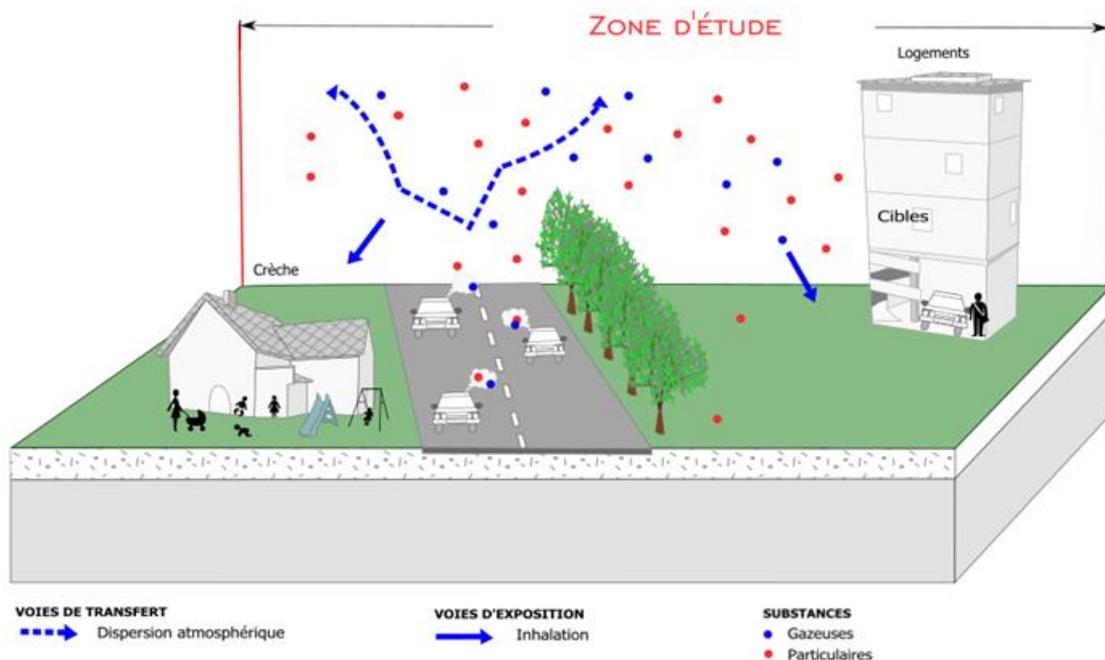
Au regard des populations identifiées, les cibles potentielles sont les riverains, les piétons et les cyclistes (adultes et enfants).

Seuls les effets à seuil et la voie par inhalation seront évalués. Dans ces conditions, les paramètres d'exposition n'interviennent pas (les concentrations maximales modélisées sur 1 heure correspondant à la « pire heure » sont directement divisées par les Valeurs Toxicologiques de Référence).

8.1.2 Synthèse du schéma conceptuel

Le schéma ci-dessous rappelle de façon synthétique, la vision conceptuelle de l'exposition adaptée à la problématique du projet.

Figure 37 : Synthèse du schéma conceptuel



8.2 Identification des dangers

En termes sanitaires, un danger désigne tout effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique. La toxicité d'un composé dépend de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme humain. Différents effets toxiques peuvent être considérés.

Pour l'ensemble des substances identifiées lors de la phase précédente, les effets toxiques ont été collectés et notamment les effets cancérogènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (altération du patrimoine génétique) ainsi que les effets sur la reproduction (reprotoxicité).

En ce qui concerne le potentiel cancérogène, différents organismes internationaux (l'OMS, l'Union Européenne et l'US-EPA) distinguent différentes catégories ou classes. Seule la classification de l'Union Européenne a un caractère réglementaire. C'est également la seule qui classe les substances chimiques quant à leur caractère mutagène et reprotoxique.

Le mode d'exposition a été traité en **effets chroniques**, correspondant à de longues durées d'exposition (supérieures à 7 ans pour l'US-EPA et supérieures à 1 an pour l'ATSDR), et également en **effets aigus**, correspondant à de courtes durées d'exposition (allant de 1 à 14 jours).

8.3 Relations dose-effet/dose-réponse

8.3.1 Les valeurs toxicologiques de références : VTR

La dose est la quantité d'agent dangereux mise en contact avec un organisme vivant. Elle s'exprime généralement en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'inhalation.

L'évaluation quantitative de la relation entre la concentration et l'incidence de l'effet néfaste permet d'élaborer la **Valeur Toxicologique de Référence (VTR)**. Des VTR sont établies par diverses instances internationales ou nationales³³ à partir de l'analyse des données toxicologiques expérimentales chez l'animal et/ou des données épidémiologiques. Ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques établissant une relation quantitative entre une concentration et un effet (toxiques à seuil de dose) ou entre une concentration et une probabilité d'effet (toxiques sans seuil de dose).

Selon les mécanismes toxicologiques en jeu, deux grands types d'effets toxiques peuvent être distingués : **les effets à seuil** et **les effets sans seuil**. Une même substance peut produire ces deux types d'effets.

► Effets à seuil de dose

Les effets à seuil sont des effets pour lesquels il existe un seuil d'exposition en dessous duquel l'effet néfaste n'est pas susceptible de se manifester. Il s'agit des effets toxiques non cancérigènes et des effets cancérigènes non génotoxiques.

Les VTR pour les effets à seuil sont exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'inhalation, avec des dénominations variables selon les pays et les organismes RfC (Reference Concentration – US-EPA), MRL (Minimum Risk Level - ATSDR), REL (Reference Exposure Level – OEHHA), CAA (Concentration dans l'Air Admissible – OMS) ou encore en France VTR (Valeur Toxicologique de Référence - ANSES)).

► Effets sans seuil de dose

Les effets sans seuil (essentiellement les effets cancérigènes génotoxiques) sont des effets pour lesquels il est difficile scientifiquement de définir de façon fiable un niveau d'exposition sans risque. La probabilité de survenue de l'effet néfaste croît avec l'augmentation de la dose.

Les VTR des effets sans seuil de dose sont exprimés au travers d'un indice représentant un excès de risque unitaire (ERU) qui traduit la relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer l'effet. Les ERU sont définis à partir d'études épidémiologiques ou animales. Les niveaux d'exposition appliqués à l'animal sont convertis en niveaux d'exposition équivalents pour l'homme.

Cet ERU représente la probabilité supplémentaire de survenue de l'effet néfaste pour une exposition vie entière à une unité de dose donnée par rapport à une population non exposée. La dénomination proposée la plus classique est l'excès de risque unitaire par inhalation : ERUi en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$.

Pour chacune des substances, il est systématiquement pris en compte les effets à seuil et les effets sans seuil, lorsqu'ils existent.

33 ATSDR Toxicological Profiles (US Agency for Toxic Substances and Disease Registry)

IRIS US-EPA (Integrated Risk Information System ; US Environmental Protection Agency)

OMS. Guidelines for drinking-water quality

INCHEM-IPCS (International Program on Chemical Safety, OMS)

ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail) anciennement AFSSET et Afssa) construisent également des VTR.

8.3.2 Sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence

Lorsque plusieurs valeurs toxicologiques de référence existent pour une même substance, le choix de l'une d'entre elles sera fait selon les critères proposés par la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 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 est prise en compte pour la sélection des VTR.

En l'absence de VTR établie par l'ANSES, en application de la note DGS/DGPR précitée, pour chaque substance, les différentes VTR actuellement disponibles seront recherchées de façon à discuter le choix réalisé sur les critères suivants :

- les valeurs issues d'études chez l'homme par rapport à des valeurs dérivées à partir d'études sur les animaux. Par ailleurs, la qualité de l'étude pivot sera également prise en compte (protocole, taille de l'échantillon, ...)
- les modes de calcul (degré de transparence dans l'établissement de la VTR) et les facteurs de sécurité appliqués constitueront également un critère de choix ;
- les valeurs issues d'organismes reconnus (européens ou autres).

Ainsi, en l'absence d'expertise nationale ou de VTR proposée par l'ANSES, la VTR sera retenue selon l'ordre de priorité défini par la circulaire DGS/DGPR du 31/10/2014 à savoir :

- la VTR la plus récente parmi les trois bases de données : US-EPA, ATSDR ou OMS sauf s'il est fait mention par l'organisme de référence que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée.
- Puis, si aucune VTR n'était retrouvée dans les 4 bases de données (Anses, US-EPA, ATSDR et OMS), la VTR la plus récente proposée par Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA.

8.3.3 Tableau de synthèse des VTR

Les tableaux ci-dessous présentent les VTR retenues pour chaque composé pour la voie d'exposition par inhalation, respectivement en exposition chronique ou aiguë.

Tableau 29. Synthèse des VTR retenues – exposition chronique – voie inhalation

Substance	VTR – Effets à seuil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			VTR - Effets sans seuil ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	
	Effets	Valeur	Organisme	Valeur	Organisme
Particules (PM10 et PM2.5)	-	-	-	-	-
Dioxyde d'azote (NO ₂)	-	-	-	-	-
Benzène	Système sanguin	10	ANSES (2008)	2,60E-05	ANSES (2014)
Acénaphène	-	-	-	6,00E-07	application TEF
Acénaphylène	-	-	-	6,00E-07	application TEF
Anthracène	-	-	-	6,00E-06	application TEF
Benzo(a)anthracène	-	-	-	6,00E-05	application TEF
Benzo(a)pyrène	Effets reprotoxiques	0,002	US EPA (2017)	6,00E-04	US EPA (2017)
Benzo(b)fluoranthène	-	-	-	6,00E-05	application TEF
Benzo(k)fluoranthène	-	-	-	6,00E-05	application TEF
Benzo(ghi)pérylène	-	-	-	6,00E-06	application TEF
Chrysène	-	-	-	6,00E-06	application TEF
Dibenzo(ah)anthracène	-	-	-	6,00E-04	application TEF
Fluorène	-	-	-	6,00E-07	application TEF
Fluoranthène	-	-	-	6,00E-07	application TEF
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	-	-	-	6,00E-05	application TEF
Phénanthrène	-	-	-	6,00E-07	application TEF
Pyrène	-	-	-	6,00E-07	application TEF
Benzo(j)fluoranthène	-	-	-	-	-
1,3 butadiène	Effets reprotoxiques	2	INERIS (2011)	1,70E-04	INERIS (2011)
Chrome VI	Système respiratoire	0,1	US EPA (1998)	6,00E-03	ANSES (2018)
Chrome III	Système hépatique	60	US EPA (1998)	-	-
Nickel	Système respiratoire	0,23	ANSES (2018)	1,70E-04	ANSES (2018)
Arsenic	Effets sur le développement	0,015	INERIS (2010)	1,50E-04	ANSES (2018)

Tableau 30 : Synthèse des VTR retenues – exposition aigue – voie inhalation

Substance	N°CAS	Type d'effet	Organe critique	Espèce	Valeur	Source
NO ₂	10102-44-0	A seuil	Système respiratoire	Homme	MRL = 470 µg/m ³	OEHHA (2008)

Au regard des VTR identifiées, le tableau suivant synthétise, pour chacune des substances, sa prise en compte dans l'évaluation du risque sanitaire.

Tableau 31. Substances retenues pour les différents scénarios d'exposition

Substance	Exposition chronique par inhalation		Exposition aigue par inhalation
	Effet à seuil	Effet sans seuil	Effet à seuil
Particules (PM10 et PM2.5)	Pas de VTR		
Dioxyde d'azote (NO ₂)	Pas de VTR		x
Benzène	x	x	
Acénaphène		x	
Acénaphthylène		x	
Anthracène		x	
Benzo(a)anthracène		x	
Benzo(a)pyrène	x	x	
Benzo(b)fluoranthène		x	
Benzo(k)fluoranthène		x	
Benzo(ghi)pérylène		x	
Chrysène		x	
Dibenzo(ah)anthracène		x	
Fluorène		x	
Fluoranthène		x	
Indéno(1,2,3-cd)pyrène		x	
Phénanthrène		x	
Pyrène		x	
Benzo(j)fluoranthène	Pas de VTR		
1,3 butadiène	x	x	
Chrome VI	x	x	
Chrome III	x		
Nickel	x	x	
Arsenic	x	x	

Lorsqu'un composé considéré présente un potentiel toxique avéré mais pour lequel on ne dispose pas de VTR, ce dernier est toutefois conservé pour la modélisation de façon à estimer les niveaux de concentrations de cette substance attendue dans l'environnement.

Ainsi, le NO₂, les PM10 et les PM2.5 ne disposant pas de valeurs toxicologiques de référence adaptées à une exposition chronique par inhalation et répondant aux exigences de la note DGS/DGPR du 31 octobre 2014 n'ont pas été conservées dans l'évaluation des risques sanitaires stricto sensus. Cependant, il a été réalisé

une comparaison des concentrations environnementales obtenues par modélisation avec d'autres valeurs que les VTR.

8.3.4 Autres valeurs de comparaison utilisées

L'utilisation d'autres valeurs que les Valeurs Toxicologiques de Référence peut être effectuée parallèlement à la quantification des risques sanitaires afin de discuter de l'exposition des individus et d'estimer l'état des milieux, à savoir si un impact est mesuré (ou mesurable) ou non.

Ces valeurs de comparaison sont des valeurs guides définies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ou par l'ANSES. Elles ne doivent pas être confondues avec les valeurs réglementaires présentées au chapitre 4.1.2. En effet, ces valeurs visent à réduire au minimum les expositions aux polluants susceptibles d'altérer la santé ou le bien-être de l'homme et n'ont aucun caractère réglementaire.

Ces valeurs ne sont en aucun cas (conformément à la note d'information DGS/DGPR d'octobre 2014) utilisées pour évaluer les Quotient de Danger (QD) et excès de risques individuels (ERI) faisant référence à une évaluation des risques sanitaires. Ces valeurs appelées valeurs de comparaison constituent des critères de gestion.

Tableau 32. Valeurs guides pour la voie inhalation

Substance	Numéro Cas	Organe critique	Valeur	Source
NO ₂	10102-44-0	Système respiratoire	Valeur Guide = 40 µg/m ³	OMS (2005)
PM10	-	Système respiratoire et cardio-vasculaires	Valeur Guide = 20 µg/m ³	OMS (2005)
PM2.5	-	Système respiratoire et cardio-vasculaires	Valeur Guide = 10 µg/m ³	OMS (2005)
		Système respiratoire	Valeur Guide 24h = 25 µg/m ³	OMS (2005)

8.4 Comparaison aux valeurs de références

Conformément à la note DGS/DGPR d'octobre 2014, nous ne pouvons effectuer un calcul d'indice de risque pour les substances possédant des valeurs guides. Ces valeurs, bien que reposant sur des critères sanitaires sont considérées comme des valeurs de gestion, et ne constituent pas, stricto sensu, des valeurs toxicologiques de référence. Par conséquent pour ces substances, seule une comparaison entre les concentrations environnementales et la valeur guide est possible.

La comparaison entre les valeurs guides et les concentrations maximales modélisées en NO₂, PM10 et PM2.5 sur le domaine d'étude auxquelles nous avons ajouté le bruit de fond est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 33. Comparaison des concentrations maximales modélisées aux valeurs guide

Polluants	Concentration moyenne annuelle maximale sur le domaine d'étude (µg/m ³)		Bruit de fond (µg/m ³)	Total (µg/m ³)	Valeur guide (µg/m ³)	Ratio
NO ₂	Actuel	63	29,0	92 (72,6)	40	2,3
	Futur sans projet	46	23,1	69 (47,1)		1,7
	Futur avec projet	52	23,1	75 (57,1)		1,9
PM10	Actuel	12	22,3	34 (29,3)	20	1,7
	Futur sans projet	9,4	22,3	32 (27,9)		1,6

8. Evaluation quantitative des risques sanitaires

	Futur avec projet	9,7	22,3	32 (31)		1,6
PM2.5	Actuel	10	13	23 (18)	10	2,3
	Futur sans projet	6,8	13	20 (16,5)		2,0
	Futur avec projet	6,9	13	20 (18,4)		2,0

* Les valeurs indiquées entre parenthèses correspondent aux concentrations moyennes annuelles maximales modélisées au droit de la zone du projet uniquement + le bruit de fond.

Les concentrations (concentrations moyennes annuelles maximales sur le domaine d'étude + bruit de fond) en NO₂, PM10 et PM2.5 sont supérieures aux valeurs guides de l'OMS fixées respectivement à 40, 20 et 10 µg/m³, aussi bien pour la situation actuelle que pour les situations futures avec ou sans projet.

Il est à noter que pour les PM10, le bruit de fond à lui seul est déjà supérieur à la valeur guide. Pour les PM2.5 également quel que soit l'horizon, le bruit de fond dépasse la valeur guide.

Il est à noter que seule la part liée au trafic routier est retranscrite par ces concentrations modélisées, et que ceci ne correspond pas à l'exposition globale des populations. C'est pourquoi, nous avons ajouté le bruit de fond.

Pour caractériser le risque aigu, les concentrations maximales journalières ont été comparées à une valeur guide sur 24h pour les poussières fines (PM10 et PM2.5).

Tableau 34 : Comparaison des concentrations maximales journalières aux valeurs guides

Polluants	Concentration maximale journalière sur le domaine d'étude (µg/m ³)	Bruit de fond (µg/m ³)	Total (µg/m ³)	Valeur guide 24h (µg/m ³)	Ratio	
PM2.5	Actuel	26,41	13	39,41	25	1,58
	Futur sans projet	16,97	13	29,97		1,20
	Futur avec projet	18,16	13	31,16		1,24
PM10	Actuel	31,32	22,3	53,62	50	1,07
	Futur sans projet	23,09	22,3	45,39		0,91
	Futur avec projet	25,89	22,3	48,19		0,96

Les concentrations maximales journalières sur le domaine d'étude ont été sommées aux concentrations de fond en moyenne annuelle. Cette hypothèse est réaliste dans la mesure où il est peu probable que l'on retrouve la concentration maximale journalière lié au trafic routier au même moment qu'un pic de pollution lié au bruit de fond dans la zone.

On retiendra de ce tableau :

- Pour les PM2.5 : quel que soit l'horizon d'étude, les valeurs maximales calculées (intégrant le fond urbain) sont supérieures à la valeur guide.
- Pour les PM10 : seul le scénario actuel présente un dépassement de la valeur guide. Concernant les deux scénarios (avec et sans projet) à l'horizon 2035, les valeurs calculées restent inférieures à la valeur guide.
- Pour les PM10 et les PM2.5 :
 - les dépassements sur la valeur maximale résultent de la proximité des axes routiers (échangeur et boulevard périphérique) et de la contribution du bruit de fond significative (de l'ordre 50%).
 - A l'horizon 2035, l'impact du projet reste limité par rapport à la situation sans projet. On observe une variation sur les ratios de 5% au maximum.

8.5 Quantification des expositions par inhalation

La dose d'exposition par inhalation représente la quantité de substances mises en contact avec des surfaces d'échange que sont les parois alvéolaires des poumons et à travers lesquels les substances peuvent éventuellement pénétrer.

Pour la voie respiratoire, la dose d'exposition est généralement remplacée par la concentration inhalée. Lorsque l'on considère des expositions de longue durée, on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée par jour, retranscrite par la formule suivante :

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

Avec : CI : concentration moyenne d'exposition (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

C_i : concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

t_i : fraction du temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée

T : durée d'exposition (6 ans pour les enfants et 30 ans pour les adultes)

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 – sans dimension)

T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (en année, $T_m=70$ ans pour les effets sans seuil et $T_m=T$ pour les effets à seuil)

Les paramètres pris en compte dans ces calculs sont présentés en Annexe 7.

Les tableaux indiquant les concentrations moyennes d'exposition au droit des récepteurs sont présentés en Annexe 8.

8.6 Caractérisation des risques liés aux émissions atmosphériques du projet

8.6.1 Méthodologie de calcul des risques

► Estimation du risque pour les effets à seuil

On définit un quotient de danger (QD) ou un indice de risque (IR) de la manière suivante :

$$QD_{inh} = \frac{CI_{inh}}{VTR_{inh}}$$

Avec

QD_{inh} : Quotient de Danger par inhalation

C_{inh} : concentration inhalée

VTR_{inh} : Valeur Toxicologique pour la voie d'exposition par inhalation

Un QD inférieur à 1 signifie que l'exposition de la population n'atteint pas le seuil de dose à partir duquel peuvent apparaître des effets indésirables pour la santé humaine, alors qu'un ratio supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer dans la population, sans qu'il soit possible d'estimer la probabilité de survenue de cet événement. Lorsque le QD est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique apparaît donc peu probable.

Conformément à la méthodologie préconisée dans le guide INERIS et par l'OPERSEI³⁴, les quotients de danger seront sommés par organes cibles.

34 OPERSEI : Observatoire de pratiques des évaluations de risque sanitaire des études d'impact

► Estimation du risque pour les effets sans seuil

Pour les effets sans seuil et pour des faibles expositions, l'excès de risque individuel (ERI) est calculé de la façon suivante :

$$ERI_{inh} = CI_{inh} \times ERU_{inh}$$

Avec :

ER_{inh} : Excès de Risque Individuel par inhalation

C_{inh} : concentration inhalée

ERU_{inh} : Excès de Risque Unitaire pour la voie d'exposition par inhalation

Les ERI s'expriment sous la forme mathématique suivante 10⁻ⁿ. Par exemple, un excès de risque individuel de 10⁻⁵ représente la probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de développer un cancer pour 100 000 personnes exposées vie entière.

Il n'existe pas de niveau d'excès de risque individuel universellement acceptable. Pour sa part, l'OMS utilise un seuil de 10⁻⁵ (un cas de cancer supplémentaire pour 100 000 personnes exposées durant leur vie entière) pour définir les Valeurs Guides de concentration dans l'eau destinée à la consommation humaine (Guidelines for drinking water quality) [OMS, 1993]. La Circulaire du 8 février 2007 relative aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, du Ministère chargé de l'environnement, recommande le niveau de risque acceptable, « usuellement [retenu] au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé », de 10⁻⁵.

En cas d'exposition conjointe à plusieurs agents dangereux, l'US-EPA recommande de faire la somme des excès de risque individuels (ERI) quels que soient le type de cancer et l'organe touché, de manière à apprécier le risque cancérigène global.

8.6.2 Caractérisation du risque chronique pour les effets à seuil

Une VTR est spécifique d'un effet critique³⁵ sur un organe cible. Pour pouvoir appliquer cette VTR à un autre organe cible que celui de l'effet critique, il faudrait disposer des éléments de toxicologie prouvant que le mécanisme d'action et le seuil d'effet sur les autres organes sont identiques.

Les organes cibles critiques pour les effets toxiques à seuil par inhalation sont récapitulés ci-après.

Tableau 35. Synthèse des organes cibles critiques– inhalation

Organe cible	Substances
Système respiratoire	Chrome VI, Nickel
Système sanguin	Benzène
Effets reprotoxiques/Effets sur le développement	1,3-butadiène, Benzo(a)pyrène, Arsenic
Système hépatique	Chrome III

Les tableaux ci-après présentent les résultats liés à la caractérisation des risques par inhalation, pour les effets à seuil au récepteur le plus impacté. Les résultats pour l'ensemble des récepteurs sont détaillés en Annexe 8.

³⁵ L'effet critique est le premier effet adverse qui survient dans la population d'individus exposés lorsqu'on accroît la dose, et jugé pertinent chez l'homme pour l'élaboration de la VTR. A priori, ce choix permet d'être protecteur vis-à-vis des autres effets observés à condition que la nature des relations dose-effet soit conservée de l'animal à l'homme.

Tableau 36. Quotients de danger – inhalation

Polluants	VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Adulte/Enfant			Récepteur le plus impacté
		Actuel	Futur sans projet	Futur avec projet	
Butadiène (1,3)	2	0,06	0,04	0,04	Pt1-0
Benzène	10	0,17	0,15	0,16	Pt1-0
As	0,015	0,03	0,03	0,03	Pt1-0 / Pt12-0 (futur avec projet)
Ni	0,23	0,006	0,006	0,007	Pt1 / Pt12-0 (futur avec projet)
Cr VI	0,1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	Pt1-0 / Pt12-0 (futur avec projet)
Cr III	60	< 0,001	< 0,001	< 0,001	Pt1-0 / Pt12-0 (futur avec projet)
Benzo(a)pyrène	0,002	0,03	0,02	0,04	Pt1-0 / Pt12-0 (futur avec projet)

Tableau 37. Quotients de danger par organe cible – inhalation

Polluants	Adulte/Enfant			Récepteur le plus impacté
	Actuel	Futur sans projet	Futur avec projet	
QD Système respiratoire	0,006	0,006	0,007	Pt1-0 / Pt12-0 (futur avec projet)
QD Système sanguin	0,17	0,16	0,16	Pt1-0
QD Effets reprotoxiques/Effets sur le développement	0,12	0,09	0,10	Pt1-0 / Pt12-0 (futur avec projet)
QD Système hépatique	< 0,001	< 0,001	< 0,001	Pt1-0 / Pt12-0 (futur avec projet)
QD Somme	0,30	0,25	0,26	Pt1-0 / Pt12-0 (futur avec projet)

L'examen de ces tableaux montre qu'au récepteur le plus impacté, les quotients de danger calculé pour l'ensemble des composés sont inférieurs, voire très inférieurs à la valeur repère de 1 quel que soit le scénario considéré.

Bien que les effets des substances retenues ne portent pas sur les mêmes organes cibles, un quotient de danger sommé a été calculé à titre purement indicatif en sommant l'ensemble des QD de chaque substance. Il est inférieur à la valeur repère pour le scénario actuel et les scénarii futurs avec ou sans projet.

Au récepteur le plus impacté, le risque sanitaire chronique pour les effets à seuil lié à l'inhalation des polluants atmosphériques émis par le trafic routier et le bruit de fond est non significatif pour l'ensemble des scénarii.

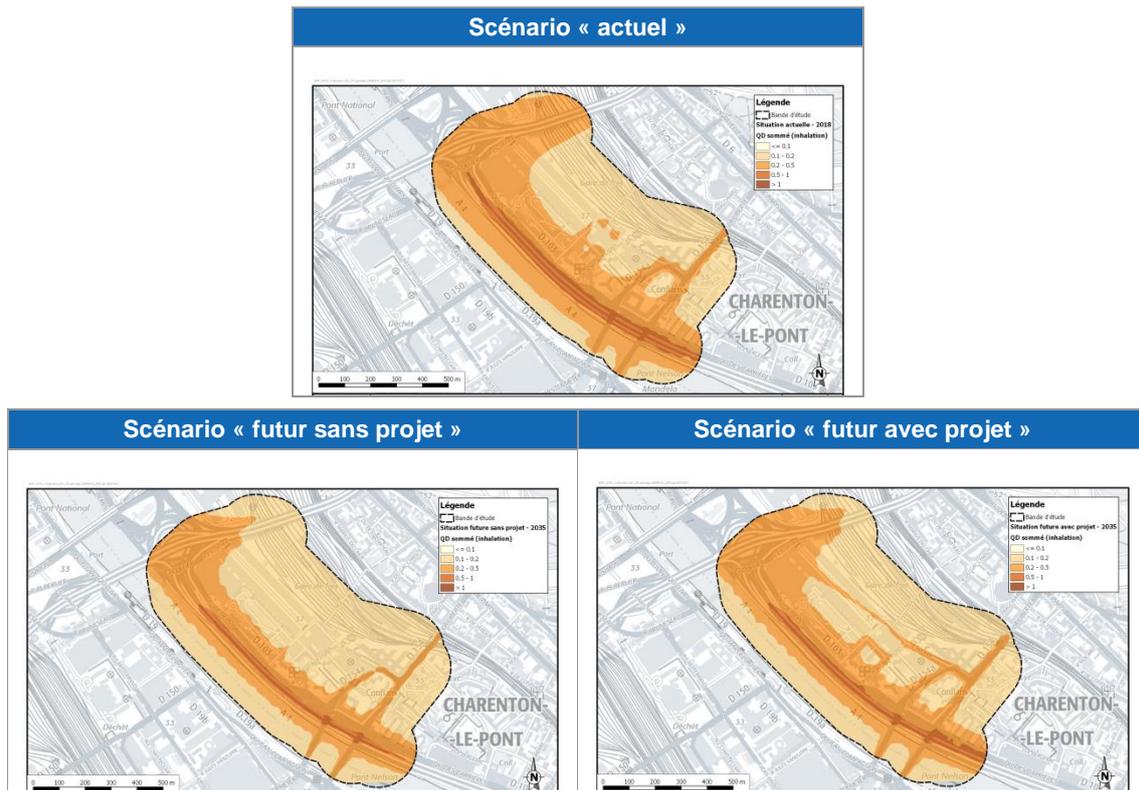
► Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy - Etude de niveau I -

8. Evaluation quantitative des risques sanitaires

On observe également que le projet n'impacte que peu le quotient de danger, au récepteur le plus impacté (variation de moins 6%).

Il convient de signaler que les risques au droit des récepteurs ne représentent que des résultats partiels. Ainsi, une analyse plus fine du QD sommé (tout organe cible confondu) est réalisée ci-après sur l'ensemble du domaine d'étude pour le scénario « actuel », le scénario « futur sans projet » et le scénario « futur avec projet ».

Figure 38 : QD sommé (tout organe cible confondu)



Source : Fond de plan IGN

L'analyse de ces cartes met en évidence une diminution des QD sommé (tout organe cible confondu) entre le scénario « actuel » et les scénarii futurs. On observe que les zones de QD les plus élevées sont localisées au niveau de l'échangeur A4 et sur le boulevard périphérique. Sur l'ensemble du domaine les valeurs de QD sommés (voie inhalation) sont inférieures à la valeur repère de 1 quel que soit le scénario étudié.

En conclusion :

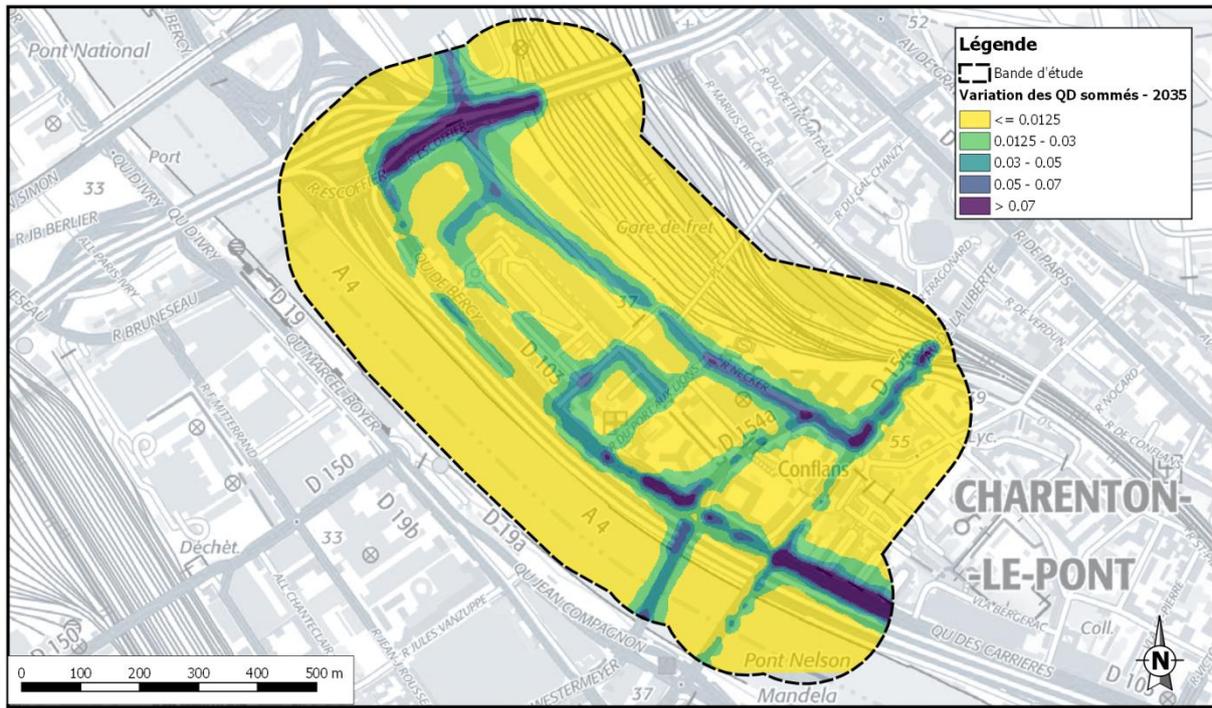
- Pour le scénario actuel: le risque sanitaire chronique pour les effets à seuil lié à l'inhalation des polluants atmosphériques émis par le trafic routier et le bruit de fond est non significatif ;
- Pour les scénarios futurs (avec et sans projet) : le risque sanitaire chronique pour les effets à seuil lié à l'inhalation des polluants atmosphériques émis par le trafic routier et le bruit de fond est non significatif

Afin d'évaluer uniquement l'impact du futur projet, une comparaison entre les QD sommés calculés pour le scénario « futur sans projet » et ceux calculés pour le scénario « futur avec projet » a été effectuée. Les résultats sont présentés sur la figure ci-après.

► Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
- Etude de niveau I -

8. Evaluation quantitative des risques sanitaires

Figure 39 : Impacts du futur projet sur les QD sommés



Source : Fond de plan IGN

L'analyse de cette carte montre des augmentations de QD engendrées par le projet atteignant au maximum 0,07. Ces augmentations sont très localisées en raison de l'augmentation des trafics sur les axes structurants et la création de nouveaux brins. **Par conséquent, l'impact du projet sur les quotients de dangers est faible (variations <+0,07).**

8.6.3 Caractérisation du risque chronique pour les effets sans seuil

Le tableau ci-après présente les résultats liés à la caractérisation des risques par inhalation, pour les effets sans seuil au récepteur le plus impacté. Les résultats pour l'ensemble des récepteurs sont détaillés en Annexe 8.

Tableau 38. Excès de risque individuel au récepteur le plus impacté – inhalation

Polluants	VTR (mg/kg/j)	Actuel 2018		Futur sans projet		Futur avec projet		Récepteur le plus impacté
		Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	
Benzène	2,60E-05	1,92E-05	3,84E-06	1,74E-05	3,48E-06	1,82E-05	3,64E-06	Pt1-0
BaP eq	6,00E-04	2,32E-08	4,65E-09	1,72E-08	3,45E-09	1,94E-08	3,88E-09	Pt1-0
1,3 butadiène	1,70E-04	9,03E-06	1,81E-06	5,66E-06	1,13E-06	6,43E-06	1,29E-06	Pt1-0
Chrome VI	6,00E-03	4,46E-09	8,91E-10	4,40E-09	8,79E-10	8,54E-09	1,71E-09	Pt1-0 / Pt12-0 (futur avec projet)
Nickel	1,70E-04	9,34E-08	1,87E-08	9,34E-08	1,87E-08	1,12E-07	2,24E-08	Pt1-0 / Pt12-0 (futur avec projet)
Arsenic	1,50E-04	2,64E-08	5,27E-09	2,64E-08	5,27E-09	3,18E-08	6,36E-09	Pt1-0 / Pt12-0 (futur avec projet)
ERI sommé		2,84E-05	5,68E-06	2,32E-05	4,64E-06	2,47E-05	4,95E-06	Pt1-0

En gras : ERI supérieur à la valeur repère de 1.10^{-5}

Pour rappel, tel que recommandé dans le guide du Cerema (2019), une évaluation des 16 HAP doit être réalisée. Ces 16 HAP ont été exprimés sous la forme d'équivalent BaP, « BaPeq » par application des facteurs équivalent toxique.

L'examen de ce tableau montre qu'au droit du récepteur le plus impacté, les excès de risque individuel calculés pour le benzène sont, quel que soit le scénario considéré, supérieurs à la valeur repère de 1.10^{-5} . Les excès de risque individuel calculés pour les autres composés sont inférieurs à la valeur repère.

Conformément à ce qui est préconisé dans le guide INERIS, l'ensemble des risques cancérigènes a été sommé quel que soit le type de cancer provoqué, ceci afin d'estimer le risque cancérigène global par inhalation. L'excès de risque individuel sommé pour le récepteur le plus exposé est, quel que soit le scénario considéré, de l'ordre de $2,5.10^{-5}$ soit supérieur à la valeur repère de 1.10^{-5} .

Pour évaluer le risque sanitaire en intégrant toutes les sources de pollution, ces concentrations de fond ont été ajoutées, sur l'ensemble du domaine, aux sur-concentrations générées pour le trafic routier.

Une analyse plus fine au niveau du récepteur sur lequel l'excès de risque individuel sommé, dans le cas de la situation actuelle, est le plus important, montre que la contribution :

- Du bruit de fond atteint 43% ($1,2.10^{-5}$) ;
- Des axes routiers impactés par +/-10% par le projet atteint 8% ($2,14.10^{-6}$) ;
- Des axes routiers échangeur A4 et boulevard périphérique atteint 49% ($1,4.10^{-5}$).

Les concentrations de fond n'étant pas modifiées pour les différents scénarios étudiés, l'excès de risque est de fait systématiquement supérieur à la valeur repère de 1.10^{-5} aux différents horizons.

► Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy - Etude de niveau I -

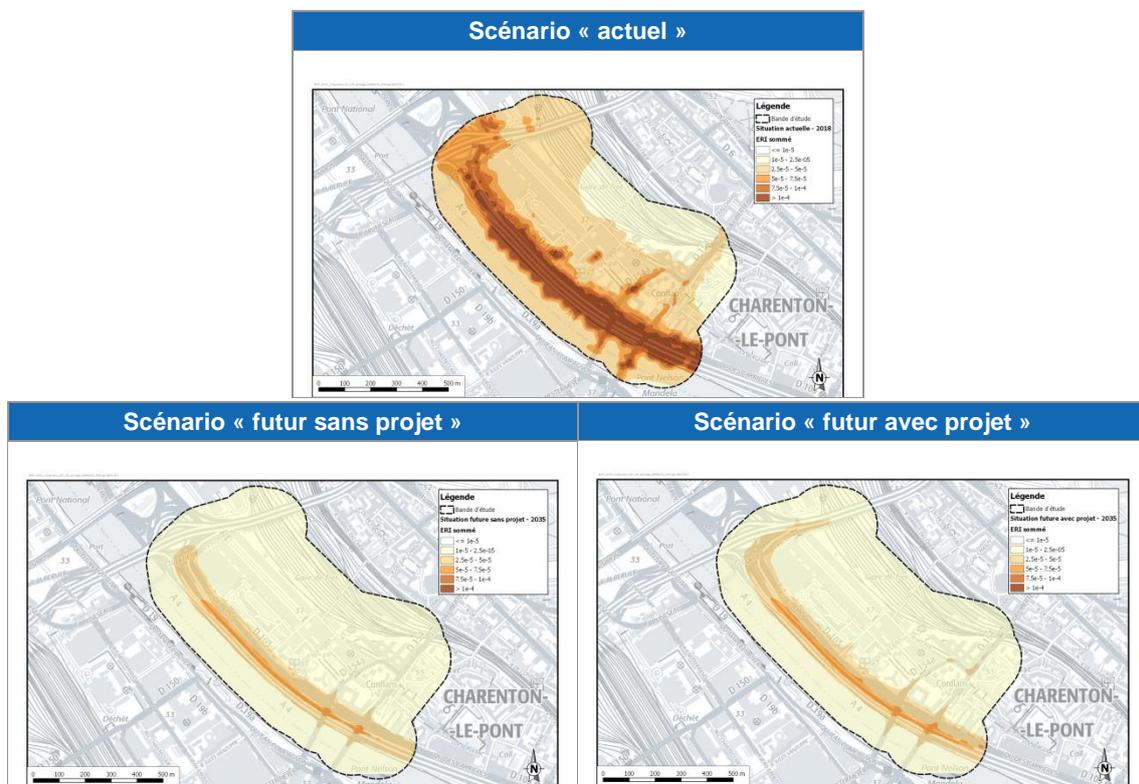
8. Evaluation quantitative des risques sanitaires

Ceci s'explique notamment par le benzène dont le fond urbain est estimé à $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et génère, à lui seul, un excès de risque individuel sommé de $1,22 \cdot 10^{-5}$.

Par conséquent, au récepteur le plus impacté, le risque sanitaire chronique pour les effets sans seuil lié à l'inhalation des polluants atmosphériques émis par le trafic routier et le bruit de fond est significatif quel que soit le scénario considéré. Cet excès de risque individuel sommé calculé résulte majoritairement du bruit de fond et de la contribution des axes au niveau de l'échangeur et du boulevard périphérique.

Il convient de signaler que les risques au droit des récepteurs ne représentent que des résultats partiels. Ainsi, une analyse plus fine de l'ERI sommé est réalisée ci-après sur l'ensemble du domaine d'étude pour le scénario « actuel », le scénario « futur sans projet » et le scénario « futur avec projet ».

Figure 40 : ERI sommé – inhalation



Source : Fond de plan IGN

L'analyse de ces cartes montre une diminution des ERI sommé entre le scénario « actuel » et les scénarii futurs. On observe toutefois, quel que soit le scénario étudié, que l'ERI sommé est supérieur à la valeur repère de 10^{-5} sur l'ensemble du domaine d'étude résultant de la contribution très importante des concentrations de fond et des axes au niveau de l'échangeur et du boulevard périphérique.

Pour le scénario actuel, des excès de risque individuel sommés de l'ordre de $2,5$ à $5 \cdot 10^{-5}$ sont retrouvés sur la majorité du domaine d'étude et dans la zone du projet

Pour les scénarii futurs ces zones sont beaucoup plus localisées au niveau des échangeurs, les excès de risque individuel sommés calculés au niveau du projet sont en nette baisse par rapport à la situation initiale. Des valeurs comprises entre 1 et $2,5 \cdot 10^{-5}$ sont retrouvées. On observe que la situation avec projet n'impacte que très localement la situation sans projet.

► Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy - Etude de niveau I -

8. Evaluation quantitative des risques sanitaires

Afin d'évaluer uniquement l'impact du futur projet, une comparaison entre les ERI sommés calculés pour le scénario « futur sans projet » et ceux calculés pour le scénario « futur avec projet » a été effectuée. Les résultats sont présentés sur la figure suivante.

Figure 41 : Impacts du futur projet sur les ERI sommés - inhalation



Source : Fond de plan IGN

Comme pour les effets à seuil, on observe une augmentation des ERI engendrées par le projet atteignant au maximum 1.10^{-5} uniquement localisé au niveau du quai des Carrières et de la rue Escoffier. Seules les voiries, et non les populations, sont impactées par ces niveaux. **Ces augmentations sont globalement beaucoup plus faibles au niveau de la zone du projet de l'ordre de $2,5.10^{-6}$ au maximum.**

8.6.4 Caractérisation du risque aigu

Le NO₂ est le principal traceur du trafic automobile et le déterminant du risque aigu. Ainsi, la VTR du NO₂ étant définie par l'OEHHA pour 1 heure d'exposition, il a été décidé, dans le cadre du risque aigu de considérer les percentiles 100 horaires auxquels nous avons ajouté le bruit de fond.

Les organes cibles critiques pour les effets toxiques aigus sont récapitulés dans le tableau suivant.

Tableau 39 : Synthèse des organes cibles critiques – inhalation aigu

Organe cible	Substances
Système respiratoire	NO ₂

Les tableaux ci-après présentent les résultats liés à la caractérisation des risques par inhalation, pour les effets à seuil au point le plus impacté du domaine, dans la mesure où cyclistes et piétons peuvent être exposés.

Tableau 40 : Quotients de danger - inhalation

Polluants	VTR (µg/m ³)	Adulte/Enfant		
		Actuel	Futur sans projet	Futur avec projet
NO ₂	470	0,28	0,36	0,38
Valeur Repère		1,0		

L'examen de ce tableau montre qu'au droit du point d'impact maximal, le quotient de danger est de l'ordre de 0,3 à 0,4 selon le scénario considéré (actuel, futur sans projet, futur avec projet).

Ainsi, dans les conditions d'études retenues, il apparaît que le risque sanitaire, au niveau des piétons et des cyclistes pour une exposition aiguë et lié aux émissions des tronçons pris en compte, peut être jugé non significatif pour les effets à seuil.

9. Analyse des incertitudes

Les principales incertitudes liées à la caractérisation des risques concernent les points suivants :

- la quantification des émissions ;
- la représentativité de la station Météo France ;
- la non prise en compte du bruit de fond pour certains polluants ;
- la modélisation des phénomènes physiques et chimiques ;
- les valeurs toxicologiques de référence ;
- le temps d'exposition ;
- les voies d'exposition retenues ;
- les polluants pris en compte.

Les incertitudes associées à chacun de ces points sont discutées dans les paragraphes suivants.

9.1 Quantification des émissions

La quantification des émissions se base sur de nombreuses hypothèses qui engendrent des incertitudes.

Ces hypothèses, non exhaustives, sont :

- la vitesse de circulation des véhicules. La vitesse prise en compte est considérée comme constante. Elle ne tient pas compte des accélérations et décélérations en début et fin de tronçons ;
- le nombre de véhicules pris en compte pour les différents scénarii (actuel, futur avec et sans projet) ;
- les facteurs d'émissions utilisés par TREFIC (facteurs COPERT V) ;
- la répartition du parc automobile.

Les principales incertitudes, pouvant modifier les résultats de l'étude, sont le nombre de véhicules roulant ainsi que la répartition du parc automobile pour les différents scénarii, et en particulier pour les scénarii futurs. Ces incertitudes sont, en l'état actuel des connaissances, non quantifiables. Toutefois, considérer le parc automobile à l'horizon 2030 pour l'horizon 2035 (aucune information n'est publiée sur la répartition du parc roulant français au-delà de 2030) revient à considérer un horizon futur à 2030 sachant que les modélisations statiques de trafic réalisées par ARCADIS ont été réalisées à deux horizons, 2018 et 2035. De fait, il s'agit d'une hypothèse majorante car les projections suggèrent une diminution des émissions polluantes associées au trafic routier à l'horizon 2035 par rapport à l'horizon 2030.

De plus, en l'absence de facteur d'émissions, les émissions liées aux huiles lubrifiantes et aux glissières de sécurité n'ont pas été prises en compte dans cette étude compte tenu du manque de données pour les quantifier.

Enfin, rappelons qu'il a été considéré que pour le chrome, 10 % du chrome total est considéré sous forme de chrome VI et 90% sous forme de chrome III, ce qui engendrent des incertitudes supplémentaires.

Cette dernière hypothèse peut toutefois être qualifiée de majorante en termes d'impact sanitaire.

9.2 Données météorologiques

Les données météorologiques utilisées pour les modélisations (direction du vent, vitesse du vent, température extérieure, pluviométrie et nébulosité) sont des données météorologiques horaires sur trois années consécutives fournies par Météo France. Elles sont issues de la station de Paris-Montsouris, située à 4 km à l'ouest du projet routier à l'exception des données de nébulosité récupérée sur la station de l'aéroport d'Orly. La pluviométrie ayant été intégrée dans le modèle, les dépôts calculés correspondent aux dépôts secs et humides.

La station météorologique de Paris-Montsouris est considérée comme représentative par Météo France des conditions climatiques et météorologiques généralement rencontrées sur le domaine d'étude, tout comme la station d'Orly pour la nébulosité, paramètre synoptique représentatif dans un rayon de 20 km selon l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM). **Ces données ne sont donc pas de nature à modifier les conclusions de l'étude.**

9.3 Prise en compte partielle du bruit de fond

Conformément au guide du Cerema (2019), les données de concentrations de fond ont été estimées à partir de la campagne de mesure réalisée par BURGEAP et des données de fond compilées dans le bilan annuel 2018 publié par AIRPARIF (AIRPARIF 2018). Ces données couvrent les polluants règlementés par les normes françaises sur la qualité de l'air. Ainsi, un fond a été estimé pour les polluants suivants :

- NO₂
- Poussières fines (PM10 et PM2.5)
- CO
- Benzène
- SO₂
- Arsenic
- Nickel
- B(a)P

Concernant les autres polluants, nécessaires au calcul de risque sanitaire, aucune donnée pertinente ne nous a permis d'estimer un fond représentatif dans la zone d'étude. On rappelle ici également que ces concentrations de fond pour ces polluants spécifiques ne sont pas de nature à modifier les conclusions. Ceci revient à considérer que la contribution de ces polluants spécifiques est uniquement liée à la pollution routière.

Il faut rappeler que ne sont pas prises en compte :

- l'impact des tronçons routiers secondaires à proximité de ceux considérés ;
- la présence potentielle dans l'air intérieur de composés organiques volatils (solvants, formaldéhydes, etc.) issus des aménagements et activités dans les locaux, non liée au projet routier.

9.4 Modélisation des phénomènes physiques et chimiques

Les incertitudes relatives aux calculs de modélisation sont de deux types : celles intrinsèques au modèle numérique et celles relatives à la qualité des données d'entrée du modèle.

► Incertitudes du modèle numérique

La modélisation de la dispersion atmosphérique est basée sur des équations mathématiques qui doivent rendre compte des phénomènes physiques et chimiques comme nous pouvons les observer dans la réalité.

Pour rendre compte précisément des niveaux de pollution à proximité des sources, un maillage dynamique a été appliqué (densité du maillage plus importante à proximité des sources). Ceci permet par exemple de caractériser la décroissance rapide des concentrations avec la distance aux sources.

Néanmoins, les modèles numériques de ce type ont tendance à sous-estimer les niveaux de concentrations au-dessus des axes routiers. Il est par ailleurs d'usage de ne regarder les niveaux calculés qu'à partir de quelques mètres au-delà du centre du tronçon routier. Cet impact reste faible car peu de population est présente dans une bande de 50 m autour des axes modélisés, dans la situation actuelle, ce qui minimise les incertitudes sur l'évaluation des risques sanitaires.

► Incertitudes relatives aux données d'entrée

Un bon modèle peut générer de mauvais résultats, si les données d'entrée sont de mauvaise qualité.

Le tableau suivant regroupe les principaux paramètres d'entrée du modèle de dispersion et qualifie leur qualité selon les critères (mauvaise, moyenne et bonne).

Tableau 41. Qualité des données d'entrée du modèle

Données d'entrée	Qualité	Commentaires
Occupation des sols	Bonne	Paramètre de rugosité constant sur le domaine, représentatif d'une occupation « urbaine »
Localisation des sources	Bonne	Localisation des tronçons routiers suffisamment précis à l'échelle de l'étude
Caractéristiques physiques	Bonne	Prise en compte des effets de rue canyon (accumulation de polluants)
Valeurs d'émission des sources	Moyenne	Incertitudes directement liées à quantification des émissions par la méthode COPERT V et le comptage des véhicules
Définition des polluants gazeux	Bonne	L'hypothèse est faite que les gaz se dispersent comme des traceurs passifs
Définition des polluants particulaires	Moyenne	Chaque polluant particulaire possède des propriétés physico-chimiques propres (densité, diamètre...). Compte tenu de la variabilité des polluants contenus dans les particules, il existe une incertitude sur leurs caractéristiques

Aujourd'hui, les données d'entrées disponibles sont les plus représentatives au regard de l'état de l'art actuel sur ce type d'étude et les incertitudes qui en découlent ne peuvent être quantifiées et réduites.

9.5 Valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence comportent structurellement des sources d'incertitudes prises en compte dans l'élaboration même des valeurs. Il est habituellement admis que les valeurs proposées par les organismes compétents sont, dans l'état actuel des connaissances, précautionneuses.

Au regard du composé majoritairement responsable du risque (le benzène), le choix réalisé n'est pas de nature à remettre en cause les conclusions de l'étude. En effet, il s'avère que la VTR a été retenue en accord avec la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014.

9.6 Temps d'exposition

Il a été considéré dans le cadre du scénario d'exposition étudié, l'hypothèse que les cibles du domaine d'étude sont exposées aux émissions liées aux trafics automobile 100 % du temps, c'est-à-dire 24h/24 et 365 jours par an. Ce scénario est conforme aux préconisations du document de l'INERIS (« Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires » Août 2013) qui indique que ce « scénario raisonnablement majorant est recommandé dans tous les cas ».

Cette hypothèse **constitue une hypothèse majorante, mais qui n'est pas de nature à modifier les conclusions de l'étude**. D'une manière générale, il convient de préciser que les risques calculés sont directement proportionnels à ce temps d'exposition.

9.7 Choix des polluants pris en compte

Compte tenu des incertitudes restant encore sur le volet « Effets sur la santé de la pollution de l'air » dans les études d'impact de projets routiers, décrit dans le guide méthodologique du CERTU (2005) et dans l'avis de l'ANSES, publié en juillet 2012, le Cerema a décidé de mettre à jour la sélection des polluants à prendre en compte dans ce type d'évaluation des risques sanitaires.

Selon le guide du Cerema (2019), de nombreux retours d'expérience ont été capitalisés, d'une part, par les organismes en charge des volets « air et santé » des dossiers d'étude d'impact, le Cerema, la Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM) et le Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) et, d'autre part, par les Agences Régionales de Santé (ARS), services instructeurs, représentés par la Direction Générale de la Santé (DGS).

Cet acquis est compilé dans le guide méthodologique du Cerema (2019).

Ce document le plus à jour et le plus abouti sur la liste des polluants à prendre en compte n'est donc pas de nature à modifier les conclusions sur l'évaluation des risques sanitaires.

9.8 Caractérisation du risque chronique par ingestion

Compte-tenu des enjeux identifiés, seule la voie inhalation a été étudiée et présentée dans cette étude. Il a en effet été considéré l'absence de jardin potager dans la zone d'étude du projet. Néanmoins, dans une approche conservatoire, les risques liés à la voie d'exposition par ingestion ont également été estimés par nos soins mais non affichés dans cette étude³⁶.

Notre travail a été réalisé à partir, d'une part, des dépôts modélisés aux différents horizons d'étude et d'autre part, de scénarios d'exposition réaliste et largement utilisés dans les études trafic de niveau I. La synthèse des résultats est la suivante :

- Le risque toxique pour **les effets à seuil**, associé à une ingestion de sols et de végétaux contaminés par les retombées des émissions atmosphériques du trafic routier, quel que soit le scénario considéré, est **non significatif** compte tenu des quotients de danger relatifs à chaque organe cible et du quotient de danger sommé, largement inférieur à la valeur repère de 1 (valeur maximale inférieure à 0,001) pour le récepteur le plus exposé ;
- Le risque toxique pour les **effets sans seuil**, associé à une ingestion de sols et de végétaux contaminés est également **non significatif**. Le calcul de l'excès de risque individuel sommé aboutit, quel que soit le scénario considéré, pour le récepteur le plus exposé, à une valeur très inférieure à la valeur repère de 10^{-5} (de l'ordre de $1 \cdot 10^{-8}$ à $1 \cdot 10^{-7}$).

Ces données ne sont donc pas de nature à modifier les conclusions de l'étude.

³⁶ Nos hypothèses de calcul et nos résultats obtenus pourront être fournis sur demande.

9.9 Synthèse des incertitudes

De nombreux facteurs engendrent des incertitudes sur les risques évalués. Pour la majorité d'entre eux, les connaissances actuelles ne permettent pas aujourd'hui de les réduire (valeurs toxicologiques de référence, modèle de dispersion atmosphérique, ...). La majorité des facteurs utilisés sont considérés comme les plus adaptés et réalistes ou sinon fondés sur des hypothèses majorantes (ex : scénario d'exposition et temps d'exposition).

Les niveaux de concentrations utilisés dans l'étude des risques sanitaires sont calculés en intégrant un bruit de fond réaliste sur les polluants suivis par AIRPARIF. Compte tenu de l'approche majorante présentée dans ce document, les incertitudes qui s'appliquent aux 3 scénarii considérés ne sont pas de nature à modifier les conclusions de l'étude air et santé relatives à l'impact du futur projet.

10. Monétarisation des coûts collectifs

Le décret n°2003-767 introduit les notions de monétarisation et d'analyse des coûts collectifs.

Dans le cadre d'une étude « air et santé », les effets monétarisés sont ceux **en lien avec les thèmes liés relatifs à la pollution atmosphérique**, à savoir :

- les coûts liés à la pollution de l'air,
- les coûts liés aux gaz à effet de Serre.

Dans le cadre de cette étude, ces coûts ont été calculés en tenant compte de la Note technique du 27 juin 2014 qui présente la méthode d'évaluation des projets de transports et notamment les outils de calcul de monétarisation des coûts. Elle remplace l'instruction-cadre du 25 mars 2004, mise à jour le 27 mai 2005.

10.1 Coûts liés à la pollution locale de l'air

Les coûts liés aux effets sur la santé de la pollution de l'air dépendent de la concentration de polluants et de la densité de la population dans les zones impactées. Cela conduit à retenir des valeurs de coûts différentes selon le milieu considéré (en campagne, en milieu urbain diffus...).

Le tableau suivant précise les coûts de pollution (en €/100.véh.km) pour chacune des catégories de véhicules et pour chacun des seuils d'urbanisation.

Tableau 42. Coûts de pollution (en €/100 véh.km)

Catégorie de véhicule	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Inter urbain
VP	15,8	4,3	1,7	1,3	0,9
VUL	32,3	8,7	3,4	2,4	1,6
PL	186,6	37	17,7	9,4	6,4
2 roues	8,7	2,5	1	0,8	0,5
Bus	125,4	24,8	11,9	6,3	4,2

Source : Note technique relative à l'évaluation des projets de transport du 27 juin 2014 et Fiches outils associées

Le choix du seuil d'urbanisation est défini dans le tableau ci-après.

Tableau 43. Densité de population du projet

Paramètre	Interurbain	Urbain diffus	Urbain	Urbain dense	Urbain très dense
Fourchette (hab/km ²)	< 37	37 - 450	450 - 1500	1500 - 4500	> 4500
Densité moyenne (hab/km ²)	25	250	750	2250	6750

Source : Note technique relative à l'évaluation des projets de transport du 27 juin 2014 et Fiches outils associées

Une évolution temporelle de ces valeurs (par rapport à l'année de référence 2010) doit être prise en compte sur la base de :

- l'évolution du PIB par tête : l'instruction de 2014 propose une augmentation de +1,8%/an jusqu'en 2030. Aucune information n'est cependant disponible pour une projection plus lointaine que 2030. Ainsi, en l'absence d'informations complémentaires, nous avons également considéré un taux de croissance de + 1.8%/an au-delà de 2030.
- l'évolution des émissions individuelles : l'instruction de 2014 propose une réduction annuelle de 6% (liée au développement des véhicules Euro/EURO 5 et 6). Aucune information n'est cependant disponible pour une projection plus lointaine que 2020. Ainsi, en l'absence d'informations complémentaires, nous avons également considéré une réduction-6 %/an au-delà de 2020.

Compte-tenu de la densité de population sur la zone d'étude (16 486 hab/km² sur Charenton-le-Pont en 2016), le calcul des coûts collectifs liés à la pollution de l'air a été effectué à partir des coefficients d'un milieu urbain.

Le tableau ci-dessous présente les coûts, liés à la pollution de l'air, estimés dans le cadre de cette étude, (le détail des calculs est présenté en Annexe 9).

Tableau 44. Valeur de la pollution atmosphérique (€/jour)

Coûts liés à la pollution de l'air		
Actuel (2018)	Futur sans projet (2035)	Futur avec projet (2035)
123 786 €/jour	73 942€/jour	78 816 €/jour

Les coûts liés à la pollution de l'air à l'horizon du projet sont évalués à 78 816 €/j. Le projet contribuerait à une augmentation supplémentaire des coûts collectifs d'environ 4 873 €/j. Les coûts sont supérieurs avec le projet en raison de l'augmentation du trafic due au projet et à l'extension des voies de circulation sur la zone du projet.

A noter que les coûts liés à la pollution de l'air sont en forte baisse entre 2018 et 2035, de par la diminution sur les émissions atmosphériques induites par la modernisation du parc roulant.

10.2 Coûts liés à l'effet de serre

Les coûts liés à l'effet de serre additionnel sont calculés sur la base d'une valeur du coût de la tonne de CO₂, et d'une évolution de cette dernière dans le temps préconisée par la note technique de 2014 et le rapport « L'évaluation socioéconomique des investissements publics » du CGSP³⁷ de 2013 à savoir :

- une valeur de 32 € la tonne de CO₂ en 2010 ;
- une valeur de 56 € la tonne de CO₂ en 2020 ;
- une valeur de 100 € la tonne de CO₂ en 2030 ;
- au-delà de 2030, la valeur de la tonne de CO₂ croît selon le taux d'actualisation pris en compte pour le calcul de la valeur actualisée nette socio-économique (VAN-SE) soit, en première approche 4,5% si la VAN-SE est sensible au risque systémique, 4% sinon. Dans une approche majorant, c'est la valeur de 4,5%/an qui a été retenue dans le cadre de cette étude.

En l'absence de valeurs entre 2010, 2020 et 2030, il a été considéré une augmentation linéaire.

37 CGPS : Commissariat Général à la Stratégie et la Perspective

Les résultats des coûts des nuisances liées à l'effet de serre additionnel sont présentés dans le tableau suivant (le détail des calculs est présenté en Annexe 9).

Tableau 45. Résultats du calcul des coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel

Coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel en €/jour		
Actuel (2018)	Futur sans projet (2035)	Futur avec projet (2035)
4 994 €/jour	11 945 €/jour	12 818 €/jour

Les coûts liés à l'effet de serre additionnel à l'horizon du projet sont évalués à 12 818 €/j. Le projet contribuerait à une augmentation supplémentaire des coûts collectifs d'environ 873 €/j. Les coûts sont supérieurs avec le projet en raison de l'augmentation du trafic due au projet.

A noter que les coûts liés à l'effet de serre sont en hausse entre 2018 et 2035, de par la hausse du coût de la tonne de CO₂.

11. Conclusion

Le groupement Bouygues Immobilier UrbanEra et le Grand Paris Aménagement a mandaté BURGEAP pour la réalisation de l'étude « Air et Santé » relative à la transformation du site Charenton-Bercy.

Conformément au « *Guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières* » (CEREMA – Février 2019), cette étude, de niveau I (étude de niveau II relevé au niveau I en raison de la proximité du projet avec le boulevard périphérique et l'échangeur au niveau de l'autoroute A4) comprend :

- une description de l'état actuel de la qualité de l'air (données bibliographiques et mesures *in situ*),
- une estimation des émissions de polluants liées au trafic routier au niveau du domaine d'étude,
- une évaluation des impacts du projet sur l'air,
- une évaluation simplifiée des impacts du projet sur la santé (IPP),
- une évaluation quantitative des risques sanitaires,
- une analyse des incertitudes,
- une estimation des coûts collectifs.

Dans le cadre de cette étude 3 scénarii ont été étudiés :

- le scénario « Actuel – 2018 »,
- le scénario « Futur sans projet – 2035 »,
- le scénario « Futur avec projet – 2035 ».

► Etat actuel de la qualité de l'air

En 2018 (source : AIRPARIF) :

- Les deux stations représentatives de la zone d'étude respectent l'ensemble des seuils réglementaires en vigueur à l'exception de la concentration moyenne annuelle en NO₂ qui dépasse la valeur limite sur la station « Boulevard Périphérique Est » compte tenu de sa proximité aux axes de circulation ;
- L'indice ATMO calculé pour l'agglomération parisienne indique une bonne qualité pour 69 % du temps en 2018 et moyenne à médiocre pour 30 % du temps. Les polluants majoritairement responsables de la dégradation de l'indice ATMO sont l'ozone et les poussières (45% et 55% du temps en 2018). Les poussières sont principalement responsables des indices durant la période hivernale et l'ozone durant la période estivale.

Du 11 au 18 avril 2019, BURGEAP a réalisé des mesures sur le domaine d'étude :

- Pour le NO₂, les concentrations sont relativement homogènes et comprises entre 30 et 40 µg/m³. Toutefois, on relève 3 dépassements de la valeur limite à proximité des axes routiers structurants tels que l'échangeur et le périphérique.
- Pour le benzène, les concentrations sont beaucoup plus hétérogènes, globalement très élevées et dépendent de la distance des points de mesures aux axes de circulation, de la présence de travaux et d'une potentielle influence des sites industriels proches. On note six dépassements de la valeur limite de 5 µg/m³. L'ensemble des concentrations mesurées dans la zone du projet est supérieur à l'objectif de qualité.
- Pour les PM₁₀, les concentrations sont relativement élevées. Toutefois, seul le point positionné à proximité de l'échangeur dépasse la valeur limite (d'un facteur 2).

► Estimation des émissions liées au trafic routier

Entre 2018 et 2035 (comparaison entre le scénario « actuel – 2018 » et le scénario « futur sans projet – 2035 »), alors qu'aucune évolution des trafics et des distances parcourues n'est envisagée sur l'ensemble du domaine d'étude, on observe :

- une diminution de la consommation énergétique totale ainsi qu'une diminution des émissions des composés, directement liée à l'application des normes d'émissions Euro, au renouvellement du parc automobile et à l'utilisation de nouvelles technologies moins polluantes (véhicules hybrides, etc.) ;
- une diminution des émissions de GES et de SO₂, et une stagnation des émissions de métaux.

Le projet induit, quant à lui, une augmentation de 6,2% à 9,4% des émissions polluantes et de la consommation énergétique sur le domaine d'étude (variation entre le scénario « futur avec projet » et le scénario « futur sans projet »). Ces augmentations sont directement liées à l'augmentation des distances parcourues (+6,59%) et/ou à l'augmentation du réseau routier (+6,40%).

► Impacts du projet sur la qualité de l'air

L'évaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air a été réalisée à partir de l'estimation des concentrations en polluants dans la bande d'étude pour les 3 scénarii étudiés. Cette estimation s'effectue à partir de la modélisation de la dispersion des émissions de polluants à l'aide du logiciel ADMS-Roads.

En comparant les différents scénarii, on peut conclure que l'augmentation des concentrations, directement liée à la hausse des distances parcourues (+6,59%) générée par le projet, engendre des variations (augmentations et diminutions) de concentrations sur le domaine d'étude non significatives. En effet, l'augmentation ou la diminution de ces concentrations est faible (augmentations ou diminutions maximales de l'ordre de 3,2 µg/m³ pour le NO₂ et de 0,07 µg/m³ pour le benzène).

► Impacts sanitaires simplifiés du projet (IPP)

Les impacts sur la situation sanitaire de la population riveraine à l'horizon 2035 sont considérés comme faiblement significatifs. Cependant, on observe des variations locales différenciées sur l'ensemble du domaine d'étude, en particulier au niveau du projet d'aménagement, dans les zones les plus proches du boulevard périphérique et des nouveaux axes routiers.

► Impact du projet sur les risques sanitaires

La description des dangers potentiels présentés par les polluants émis et l'identification des relations entre les niveaux d'exposition et la survenue des dangers propres à ces polluants a conduit au choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR). Sur la base des VTR sélectionnées et des expositions estimées à partir des résultats de la modélisation atmosphérique (logiciel ADMS-Roads), les risques sanitaires ont été évalués pour différents récepteurs. Des riverains étant présents à proximité immédiate de populations « sensibles », il a été considéré que l'ensemble des récepteurs est exposé par inhalation en permanence (24h/jour et 365 jours par an).

La quantification des risques sanitaires montre que :

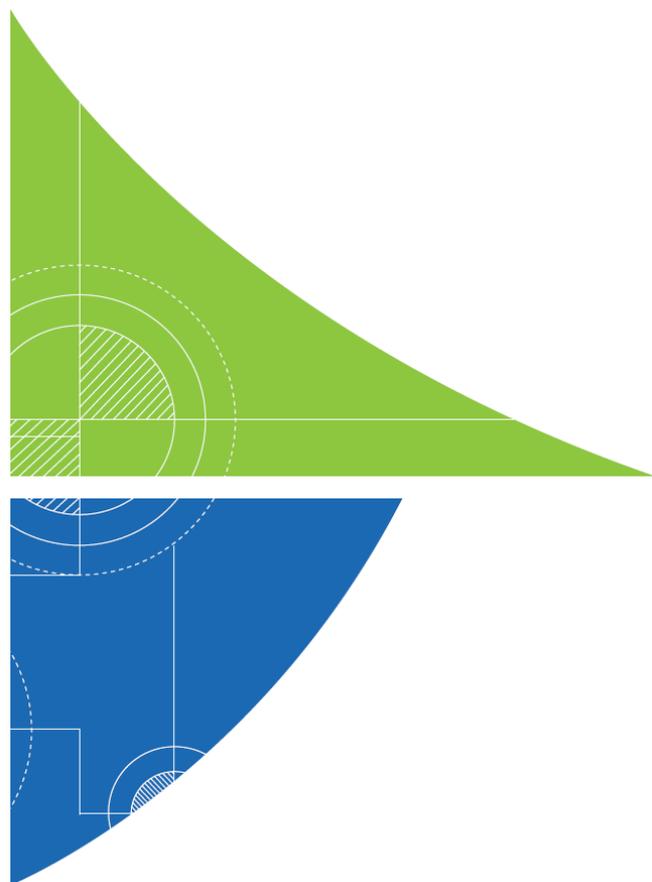
- Le risque pour les **effets toxiques à seuil** associé à une inhalation des émissions atmosphériques du trafic routier et du bruit de fond, quel que soit le scénario considéré, est **non significatif** compte tenu des quotients de danger relatifs à chaque organe cible et du quotient de danger sommé, inférieurs à la valeur repère de 1 pour le récepteur le plus exposé ;
- Au récepteur le plus impacté, le risque sanitaire chronique pour les effets sans seuil lié à l'inhalation des polluants atmosphériques émis par le trafic routier et le bruit de fond est **significatif** quel que soit le scénario considéré. Cet excès de risque individuel sommé calculé résulte majoritairement du bruit de fond et du benzène, et de la contribution des axes au niveau de l'échangeur et du boulevard périphérique ;
- La comparaison des QD calculés pour le scénario « futur sans projet » et ceux calculés pour le scénario « futur avec projet » montre une augmentation des QD engendrée par le projet mais celle-ci peut atteindre au maximum 0,07. Ces augmentations sont très localisées en raison de l'augmentation des trafics sur les axes structurants et la création de nouveaux brins. **Par conséquent, l'impact du projet sur les quotients de dangers est faible (variations <+0,07).** Comme pour les effets à seuil, on observe une augmentation des ERI engendrées par le projet atteignant au maximum 1.10^{-5} uniquement localisé au niveau du quai des Carrières et de la rue Escoffier. Ces augmentations sont globalement beaucoup plus faibles au niveau de la zone du projet de l'ordre de $2,5.10^{-6}$ au maximum.

► Impacts du projet sur les coûts collectifs

A l'échelle globale du domaine d'étude, le projet engendre une augmentation du trafic et une extension des voies de circulation sur la zone. Ces augmentations n'impactent pas les concentrations de manière significative mais impactent les coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique et à l'effet de serre additionnel.

Le projet contribuerait à une augmentation des coûts collectifs liés à l'effet de serre et liés à la pollution de l'air respectivement d'environ 873 €/j en 2035 et d'environ 4 873 €/j en 2035.

ANNEXES



Annexe 1. Signification des principales abréviations

Cette annexe contient 4 pages.

A

AASQA : Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air

AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

As : Arsenic

ATSDR Toxicological Profiles : US Agency for Toxic Substances and Disease Registry

B

BaP : Benzo(a)pyrène

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, xylènes

C

c : catalysé

C₆H₆ : Benzène

Cd : Cadmium

CERTU : Centre d'études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques

CI : Concentration inhalée

CIRC : Centre international de recherche contre le cancer

CITEPA : Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique

CO : Monoxyde de carbone

COV : Composés organiques volatiles

COVNM : Composés organiques non méthaniques

D

DJE : Dose journalière d'exposition en mg/kg/j

E

EIS-PA : Etude d'Impact Sanitaire de la Pollution Atmosphérique

EPA : Environmental Protection Agency

ERI : Excès de Risque Individuel, probabilité d'apparition d'un excès de cancer pour un individu exposé à une dose ou une concentration de substance, durant sa vie entière

ERU : Excès de Risque Unitaire

ERUi : Excès de Risque Unitaire par Inhalation, correspond à la probabilité d'excès de risque cancer pour une exposition vie entière à une concentration standard de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air ambiant

H

HAP : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique

hab : Habitant

HPM : Heure de pointe du matin

HPS : Heure de pointe du soir

I

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, France

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

InVS : Institut de Veille Sanitaire, France

IR : Indice de risque

IRIS US-EPA : Integrated Risk Information System ; US Environmental Protecting Agency

IPP : Indice Pollution-Population

L

LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

M

MRL : Minimal Risk Level, terminologie de l'ATSDR, comprenant les MRL_{or} relatifs à l'exposition par voie orale et les MRL_{inh} relatifs à l'exposition par voie respiratoire, avec 3 durées d'exposition possibles : acute (ac) : 1-14 jours, intermediate (int) : 15-364 jours et chronic (ch) : 365 jours et plus

N

nc : Non Catalysé
Ni : Nickel
NO : Monoxyde d'azote
NO_x : Oxyde d'azote
NO₂ : Dioxyde d'azote

O

OMS : Organisation Mondiale pour la Santé

P

PL : Poids Lourd
PM : Particule en suspension
PM10 : Particule de diamètre aérodynamique inférieur à 10 micromètres
PM2.5 : Particule de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 micromètres
PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère
PDU : Plan de Déplacement Urbain
P100 : percentile 100

Q

QD : Quotient de danger

R

RfC : Reference Concentration, terminologie de l'US-EPA, dose relative à l'exposition par inhalation exprimée en mg/m³ et correspondant à une absence d'effets néfastes durant une vie entière.

S

SO₂ : Dioxyde de soufre
SRCAE : Schéma Régional Climat, Air, Energie

T

TDI : Tolerable Daily Intake –RIVM

TEP : Tonne Equivalent Pétrole

TERA : Société sans but lucratif, pour le meilleur usage des données toxicologiques, USA

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel

U

UE : Union Européenne

US EPA : United States Environmental Protection Agency, agence nationale de protection de l'environnement

uvp : Unité de Véhicule Particulier

V

véh : Véhicule

VG : Valeur Guide.

VL : Véhicule Léger

VP : Véhicule Particulier

VTR : Valeur Toxicologique de Référence, valeur exprimée en dose journalière ou en concentration dans l'air ambiant qui matérialise une relation dose-effet dans le cas d'une exposition par l'environnement ; les VTR sont établies par diverses instances nationales ou internationales

VUP : Véhicule utilitaire Particulier

Annexe 2. Fiche de prélèvements

Cette annexe contient 1 page.

► Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
 - Etude de niveau I -
 Annexes

Point de prélèvement	Pose		Dépose		Durée exposition en minutes	Température en °C	NO2	BTEX	PM10
	Date	Heure	Date	Heure					
1		16:00		17:15	10 155	10,0	P798S	297	FBUA-12
2		15:45		17:00	10 155		P789S	144	
3		16:30		17:45	10 155		P790S	1153	FBUA-10
4		16:15		16:00	10 065		P788S	947	FBUA-11
5		16:45		15:45	10 020		P796S	1233	
6		17:15		16:30	10 035		P792S		
7		17:00		16:15	10 035		P795S	788	
8		17:45	18/04/2019	16:45	10 020		P794S		
9		17:30		17:30	10 080		P787S	794	FBUA-09
10		18:00		18:00	10 080		P791S	802	
11		15:00		15:00	10 080		P793S	571	
12		15:30		15:30	10 080		P797S		
13		15:15		15:15	10 080		Sans réf.		
Blanc							1075		

Annexe 3. Résultats du laboratoire PASSAM

Cette annexe contient 17 pages.

Annexe 4. Caractéristiques des tronçons pris en compte

Cette annexe contient 5 pages.

**CARACTERISTIQUES DES TRONÇONS DANS LA ZONE CHARENTON-BERCY – SCENARIO
« ACTUEL »**

N°	Longueur (km)	Vitesse (km/h)	TMJA (en VP/j)	TMJA (en PL/j)	TMJA (en Veh/j)
0	747	29	1667	577	11850
1	94	29	1364	472	9699
2	450	29	1407	487	10000
3	392	29	1407	487	10000
4	96	29	1407	487	10000
5	316	29	2736	947	19450
6	316	29	1533	530	10899
7	324	29	1203	416	8550
8	439	29	211	73	1500
9	117	29	141	49	1000
10	251	29	366	127	2601
11	115	29	190	66	1350
12	36	29	91	32	650
13	83	29	91	32	650
14	247	29	91	32	650

**CARACTERISTIQUES DES TRONÇONS DANS LA ZONE CHARENTON-BERCY – SCENARIO « FUTUR
SANS PROJET »**

N°	Longueur (km)	Vitesse (km/h)	TMJA (en VP/j)	TMJA (en PL/j)	TMJA (en Veh/j)
0	747	29	1667	577	11850
1	94	29	1364	472	9699
2	450	29	1407	487	10000
3	392	29	1407	487	10000
4	96	29	1407	487	10000
5	316	29	2736	947	19450
6	316	29	1533	530	10899
7	324	29	1203	416	8550
8	439	29	211	73	1500
9	117	29	141	49	1000
10	251	29	366	127	2601
11	115	29	190	66	1350
12	36	29	91	32	650
13	83	29	91	32	650
14	247	29	91	32	650

**CARACTERISTIQUES DES TRONÇONS DANS LA ZONE CHARENTON-BERCY – SCENARIO « FUTUR
AVEC PROJET »**

N°	Longueur (km)	Vitesse (km/h)	TMJA (en VP/j)	TMJA (en PL/j)	TMJA (en Veh/j)
0	214	30	2813	973	19997
1	90	30	2716	940	19311
2	484	30	1927	667	13700
3	259	30	2118	733	15057
4	203	30	1360	470	9665
5	355	30	771	267	5482
6	240	30	1138	394	8090
7	157	30	1389	481	9877
8	264	30	3117	1079	22162
9	174	30	2241	775	15930
10	71	30	633	219	4499
11	228	30	2302	797	16368
12	160	30	3601	1246	25602
13	115	30	4401	1523	31288
14	331	30	3092	1070	21984
15	456	30	3310	1145	23528
16	61	30	1373	475	9758
17	92	30	1199	415	8527
18	112	30	883	305	6275
19	144	30	528	183	3753
20	93	30	451	156	3204
21	165	30	483	167	3435
22	146	30	313	108	2225
23	199	30	582	201	4137

CARACTERISTIQUES DES TRONÇONS AU NIVEAU DE L'ECHANGEUR ET DU BOULEVARD PERIPHERIQUE

Les caractéristiques des tronçons sont identiques quel que soit le scénario étudié.

N°	Longueur (km)	Vitesse (km/h)	TMJA (en VP/j)	TMJA (en PL/j)	TMJA (en Veh/j)
1	166	36	6222	2153	44233
2	270	36	5375	1859	38208
3	167	36	666	230	4732
4	77	36	368	127	2618
6	1002	54	12843	4443	91300
7	63	36	6455	2233	45887
8	98	36	646	223	4590
9	208	36	4222	1461	30015
11	90	36	666	230	4732
12	121	36	5375	1859	38208
13	228	36	471	163	3345
14	103	36	5506	1905	39145
15	250	36	4557	1576	32393
16	142	36	5300	1834	37680
18	28	36	5809	2010	41296
19	111	36	471	163	3345
20	100	36	3752	1298	26671
21	125	36	951	329	6760
22	162	36	368	127	2618
23	196	36	737	255	5238
24	998	54	14366	4970	102129
25	497	36	16680	5771	118581
26	44	36	5627	1947	40000
27	109	36	4222	1461	30015
28	291	36	1284	444	9130
29	270	36	10696	3701	76041
30	94	36	14735	5098	104753
31	56	36	17151	5934	121928
32	449	36	15472	5353	109991

N°	Longueur (km)	Vitesse (km/h)	TMJA (en VP/j)	TMJA (en PL/j)	TMJA (en Veh/j)
33	59	36	18734	6482	133183
34	127	36	2813	973	20000
35	124	36	182	63	1296
36	75	36	3764	1302	26759
36	179	36	3764	1302	26759
37	76	36	3517	1217	25000
39	299	36	11174	3866	79436
40	28	36	11597	4012	82441
41	67	36	9339	3231	66391
42	82	36	5027	1739	35738
43	227	36	4039	1397	28712
43	165	36	4039	1397	28712
44	23	36	323	112	2295
44	51	36	323	112	2295
45	208	36	4753	1644	33787
45	25	36	4753	1644	33787

Annexe 5. Estimation des émissions polluantes

Cette annexe contient 3 pages.

EMISSIONS POLLUANTES – SCENARIO « ACTUEL »

Tronçon	NOx	SO2	BaP	Benzène	CO	COV	Acénaphtène	Anthracène	Benzo(ghi)peryène	PM10	PM2.5	Fluorène	Fluoranthène	Phénanthrène	Pyrène	Ni	As	BaPeq	1,3 butadiène	Cr
	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour
	Emissions totales																			
1	4,78E-03	3,71E-05	8,43E-09	6,76E-05	6,23E-03	1,34E-03	1,01E-07	1,59E-08	1,59E-08	3,47E-04	2,45E-04	1,43E-08	1,29E-07	2,53E-07	1,18E-07	4,25E-08	1,37E-08	1,57E-08	1,30E-05	2,95E-09
2	6,71E-03	5,22E-05	1,18E-08	9,50E-05	8,74E-03	1,88E-03	1,43E-07	2,24E-08	2,24E-08	4,87E-04	3,43E-04	2,01E-08	1,81E-07	3,55E-07	1,65E-07	6,35E-08	2,12E-08	2,21E-08	1,82E-05	4,14E-09
3	5,14E-04	4,00E-06	9,08E-10	7,29E-06	6,71E-04	1,44E-04	1,09E-08	1,72E-09	1,72E-09	3,74E-05	2,63E-05	1,54E-09	1,39E-08	2,72E-08	1,27E-08	2,04E-08	9,42E-09	1,70E-09	1,40E-06	3,18E-10
4	1,31E-04	1,02E-06	2,31E-10	1,85E-06	1,71E-04	3,66E-05	2,78E-09	4,36E-10	4,37E-10	9,50E-06	6,69E-06	3,91E-10	3,53E-09	6,92E-09	3,23E-09	8,85E-09	4,22E-09	4,31E-10	3,56E-07	8,08E-11
5	4,23E-03	3,29E-05	7,47E-09	5,99E-05	5,51E-03	1,18E-03	8,99E-08	1,41E-08	1,41E-08	3,07E-04	2,17E-04	1,27E-08	1,14E-07	2,24E-07	1,04E-07	7,64E-08	3,15E-08	1,39E-08	1,15E-05	2,61E-09
6	5,13E-02	4,04E-04	1,13E-07	2,66E-04	5,39E-02	5,69E-03	1,41E-06	2,09E-07	2,16E-07	3,66E-03	2,58E-03	1,78E-07	1,75E-06	3,46E-06	1,60E-06	4,13E-07	1,14E-07	2,11E-07	6,06E-05	3,21E-08
7	1,89E-03	1,47E-05	3,33E-09	2,67E-05	2,46E-03	5,27E-04	4,01E-08	6,29E-09	6,29E-09	1,37E-04	9,65E-05	5,65E-09	5,09E-08	9,98E-08	4,65E-08	1,65E-08	5,29E-09	6,21E-09	5,12E-06	1,16E-09
8	2,93E-04	2,28E-06	5,17E-10	4,15E-06	3,82E-04	8,19E-05	6,23E-09	9,77E-10	9,78E-10	2,13E-05	1,50E-05	8,77E-10	7,90E-09	1,55E-08	7,22E-09	1,20E-08	5,52E-09	9,66E-10	7,95E-07	1,81E-10
9	4,05E-04	3,15E-05	7,15E-09	5,74E-05	5,28E-03	1,13E-03	8,61E-08	1,35E-08	1,35E-08	2,94E-04	2,07E-04	1,22E-08	1,09E-07	2,14E-07	9,99E-08	4,31E-08	1,52E-08	1,34E-08	1,10E-05	2,50E-09
10	1,31E-03	1,02E-05	2,31E-09	1,85E-05	1,71E-03	3,66E-04	2,78E-08	4,36E-09	4,37E-09	9,50E-05	6,70E-05	3,92E-09	3,53E-08	6,93E-08	3,23E-08	1,48E-08	5,33E-09	4,31E-09	3,55E-06	8,08E-10
11	2,78E-04	2,16E-06	4,90E-10	3,93E-06	3,62E-04	7,77E-05	5,90E-09	9,26E-10	9,27E-10	2,02E-05	1,42E-05	8,32E-10	7,49E-09	1,47E-08	6,85E-09	1,10E-08	5,09E-09	9,15E-10	7,54E-07	1,72E-10
12	3,00E-03	2,34E-05	5,30E-09	4,25E-05	3,91E-03	8,40E-04	6,38E-08	1,00E-08	1,00E-08	2,18E-04	1,54E-04	9,00E-09	8,10E-08	1,59E-07	7,40E-08	2,84E-08	9,50E-09	9,89E-09	8,15E-06	1,85E-09
13	4,95E-04	3,85E-06	8,74E-10	7,01E-06	6,45E-04	1,38E-04	1,05E-08	1,65E-09	1,65E-09	3,60E-05	2,54E-05	1,49E-09	1,34E-08	2,62E-08	1,22E-08	2,68E-08	1,26E-08	1,63E-09	1,34E-06	3,06E-10
14	2,61E-03	2,03E-05	4,60E-09	3,69E-05	3,40E-03	7,29E-04	5,54E-08	8,70E-09	8,70E-09	1,89E-04	1,33E-04	7,82E-09	7,03E-08	1,38E-07	6,43E-08	2,44E-08	8,11E-09	8,59E-09	7,08E-06	1,61E-09
15	5,26E-03	4,09E-05	9,29E-09	7,45E-05	6,86E-03	1,47E-03	1,12E-07	1,75E-08	1,76E-08	3,82E-04	2,69E-04	1,58E-08	1,42E-07	2,78E-07	1,30E-07	5,39E-08	1,87E-08	1,73E-08	1,43E-05	3,25E-09
16	3,48E-03	2,71E-05	6,15E-09	4,93E-05	4,54E-03	9,74E-04	7,40E-08	1,16E-08	1,16E-08	2,53E-04	1,78E-04	1,04E-08	9,39E-08	1,84E-07	8,58E-08	3,32E-08	1,11E-08	1,15E-08	9,45E-06	2,15E-09
17	3,38E-05	2,63E-07	5,97E-11	4,78E-07	4,40E-05	9,44E-06	7,18E-10	1,13E-10	1,13E-10	2,45E-06	1,73E-06	1,02E-10	9,11E-10	1,79E-09	8,33E-10	2,58E-09	1,24E-09	1,11E-10	9,17E-08	2,09E-11
18	7,40E-04	5,76E-06	1,31E-09	1,05E-05	9,65E-04	2,07E-04	1,57E-08	2,47E-09	2,47E-09	5,37E-05	3,79E-05	2,22E-09	2,00E-08	3,92E-08	1,82E-08	6,77E-09	2,22E-09	2,44E-09	2,01E-06	4,57E-10
19	2,40E-04	1,87E-06	4,24E-10	3,40E-06	3,13E-04	6,71E-05	5,10E-09	8,01E-10	8,02E-10	1,75E-05	1,23E-05	7,21E-10	6,48E-09	1,27E-08	5,92E-09	1,30E-08	6,12E-09	7,92E-10	6,52E-07	1,48E-10
20	1,74E-03	1,35E-05	3,07E-09	2,46E-05	2,27E-03	4,86E-04	3,70E-08	5,80E-09	5,81E-09	1,26E-04	8,90E-05	5,21E-09	4,69E-08	9,21E-08	4,29E-08	1,97E-08	7,11E-09	5,73E-09	4,72E-06	1,07E-09
21	5,50E-04	4,28E-06	9,72E-10	7,79E-06	7,17E-04	1,54E-04	1,17E-08	1,84E-09	1,84E-09	4,00E-05	2,82E-05	1,65E-09	1,48E-08	2,91E-08	1,36E-08	3,29E-08	1,56E-08	1,81E-09	1,49E-06	3,40E-10
22	2,75E-04	2,14E-06	4,87E-10	3,91E-06	3,60E-04	7,72E-05	5,86E-09	9,19E-10	9,20E-10	2,00E-05	1,41E-05	8,24E-10	7,43E-09	1,46E-08	6,80E-09	1,87E-08	8,89E-09	9,08E-10	7,49E-07	1,70E-10
23	6,65E-04	5,18E-06	1,17E-09	9,42E-06	8,67E-04	1,86E-04	1,41E-08	2,22E-09	2,22E-09	4,83E-05	3,41E-05	2,00E-09	1,79E-08	3,52E-08	1,64E-08	2,42E-08	1,11E-08	2,19E-09	1,81E-06	4,11E-10
24	5,72E-02	4,50E-04	1,26E-07	2,96E-04	6,01E-02	6,34E-03	1,57E-06	2,33E-07	2,40E-07	4,08E-03	2,88E-03	1,98E-07	1,95E-06	3,85E-06	1,79E-06	4,48E-07	1,20E-07	2,36E-07	6,75E-05	3,57E-08
25	3,82E-02	2,97E-04	6,75E-08	5,41E-04	4,98E-02	1,07E-02	8,12E-07	1,27E-07	1,28E-07	2,78E-03	1,96E-03	1,15E-07	1,03E-06	2,02E-06	9,43E-07	2,51E-07	6,55E-08	1,26E-07	1,04E-04	2,36E-08
26	1,13E-03	8,80E-06	2,00E-09	1,60E-05	1,48E-03	3,17E-04	2,41E-08	3,78E-09	3,78E-09	8,22E-05	5,80E-05	3,39E-09	3,05E-08	5,99E-08	2,79E-08	1,05E-08	3,47E-09	3,73E-09	3,07E-06	6,99E-10
27	2,13E-03	1,66E-05	3,76E-09	3,02E-05	2,78E-03	5,96E-04	4,53E-08	7,10E-09	7,11E-09	1,55E-04	1,09E-04	6,39E-09	5,75E-08	1,13E-07	5,25E-08	2,27E-08	7,98E-09	7,02E-09	5,78E-06	1,32E-09
28	1,72E-03	1,34E-05	3,04E-09	2,44E-05	2,25E-03	4,82E-04	3,66E-08	5,75E-09	5,75E-09	1,25E-04	8,82E-05	5,16E-09	4,65E-08	9,12E-08	4,25E-08	3,98E-08	1,72E-08	5,68E-09	4,68E-06	1,06E-09
29	1,33E-02	1,03E-04	2,35E-08	1,88E-04	1,73E-02	3,72E-03	2,83E-07	4,44E-08	4,44E-08	9,66E-04	6,81E-04	3,99E-08	3,59E-07	7,04E-07	3,28E-07	9,77E-08	2,79E-08	4,38E-08	3,61E-05	8,22E-09
30	6,36E-03	4,95E-05	1,12E-08	9,01E-05	8,30E-03	1,78E-03	1,35E-07	2,12E-08	2,12E-08	4,62E-04	3,26E-04	1,91E-08	1,72E-07	3,37E-07	1,57E-07	4,30E-08	1,15E-08	2,10E-08	1,73E-05	3,93E-09
31	4,47E-03	3,48E-05	7,89E-09	6,33E-05	5,83E-03	1,25E-03	9,50E-08	1,49E-08	1,49E-08	3,25E-04	2,29E-04	1,34E-08	1,21E-07	2,37E-07	1,10E-07	2,92E-08	7,57E-09	1,47E-08	1,21E-05	2,76E-09
32	3,21E-02	2,49E-04	5,66E-08	4,54E-04	4,18E-02	8,96E-03	6,81E-07	1,07E-07	1,07E-07	2,33E-03	1,64E-03	9,61E-08	8,65E-07	1,70E-06	7,90E-07	2,14E-07	5,66E-08	1,06E-07	8,71E-05	1,98E-08
33	5,10E-03	3,97E-05	9,00E-09	7,22E-05	6,65E-03	1,43E-03	1,08E-07	1,70E-08	1,70E-08	3,70E-04	2,61E-04	1,53E-08	1,38E-07	2,70E-07	1,26E-07	3,27E-08	8,35E-09	1,68E-08	1,38E-05	3,15E-09
34	1,64E-03	1,28E-05	2,90E-09	2,33E-05	2,14E-03	4,60E-04	3,49E-08	5,48E-09	5,49E-09	1,19E-04	8,41E-05	4,93E-09	4,43E-08	8,70E-08	4,05E-08	2,20E-08	8,40E-09	5,42E-09	4,46E-06	1,02E-09
35	1,05E-04	8,13E-07	1,85E-10	1,48E-06	1,36E-04	2,93E-05	2,22E-09	3,49E-10	3,49E-10	7,60E-06	5,35E-06	3,13E-10	2,82E-09	5,54E-09	2,58E-09	1,37E-08	6,71E-09	3,45E-10	2,84E-07	6,46E-11
36	3,10E-03	2,41E-05	5,48E-09	4,40E-05	4,05E-03	8,68E-04	6,60E-08	1,04E-08	1,04E-08	2,25E-04	1,59E-04	9,31E-09	8,37E-08	1,64E-07	7,65E-08	3,51E-08	1,27E-08	1,02E-08	8,43E-06	1,92E-09
37	1,24E-03	9,64E-06	2,19E-09	1,75E-05	1,61E-03	3,46E-04	2,63E-08	4,13E-09	4,14E-09	9,00E-05	6,34E-05	3,72E-09	3,34E-08	6,56E-08	3,06E-08	1,45E-08	5,32E-09	4,08E-09	3,36E-06	7,65E-10
38	4,55E-03	3,54E-05	8,04E-09	6,45E-05	5,94E-03	1,27E-03	9,68E-08	1,52E-08	1,52E-08	3,13E-04	2,33E-04	1,37E-08	1,23E-07	2,41E-07	1,12E-07	4,57E-08	1,57E-08	1,50E-08	1,24E-05	2,81E-09
39	1,54E-02	1,20E-04	2,72E-08	2,19E-04	2,01E-02	4,32E-03	3,28E-07	5,15E-08	5,15E-08	1,12E-03	7,90E-04	4,63E-08	4,16E-07	8,17E-07	3,81E-07	1,12E-07	3,17E-08	5,09E-08	4,19E-05	9,53E-09
40	1,48E-03	1,15E-05	2,61E-09	2,09E-05	1,93E-03	4,13E-04	3,14E-08	4,93E-09	4,94E-09	1,07E-04	7,57E-05	4,43E-09	3,99E-08	7,83E-08						

EMISSIONS POLLUANTES – SCENARIO « FUTUR SANS PROJET »

Tronçon	NOx	SO2	BaP	Benzène	CO	COV	Acénaphtène	Anthracène	Benzo(ghi)pérylène	PM10	PM2.5	Fluorène	Fluoranthène	Phénanthrène	Pyrène	Ni	As	BaPeq	1,3 butadiène	Cr
	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour						
Emissions totales																				
1	2,00E-03	3,42E-05	6,22E-09	4,91E-05	3,15E-03	8,94E-04	5,83E-08	1,94E-08	1,32E-08	2,65E-04	1,62E-04	1,43E-08	1,00E-07	2,17E-07	8,16E-08	4,24E-08	1,37E-08	1,17E-08	8,37E-06	2,89E-09
2	2,81E-03	4,80E-05	8,73E-09	6,89E-05	4,42E-03	1,26E-03	8,19E-08	2,72E-08	1,85E-08	3,72E-04	2,28E-04	2,01E-08	1,41E-07	3,05E-07	1,15E-07	6,34E-08	2,12E-08	1,64E-08	1,17E-05	4,06E-09
3	2,15E-04	3,68E-06	6,70E-10	5,29E-06	3,39E-04	9,63E-05	6,28E-09	2,09E-09	1,42E-09	2,85E-05	1,75E-05	1,54E-09	1,08E-08	2,34E-08	8,79E-09	2,04E-08	9,42E-09	1,26E-09	9,01E-07	3,12E-10
4	5,47E-05	9,37E-07	1,70E-10	1,35E-06	8,63E-05	2,45E-05	1,60E-09	5,30E-10	3,61E-10	7,25E-06	4,44E-06	3,91E-10	2,75E-09	5,94E-09	2,24E-09	8,85E-09	4,22E-09	3,19E-10	2,29E-07	7,92E-11
5	1,77E-03	3,03E-05	5,51E-09	4,35E-05	2,79E-03	7,92E-04	5,17E-08	1,72E-08	1,17E-08	2,34E-04	1,44E-04	1,27E-08	8,88E-08	1,92E-07	7,23E-08	7,63E-08	3,15E-08	1,03E-08	7,41E-06	2,56E-09
6	2,24E-02	3,72E-04	8,36E-08	1,67E-04	2,67E-02	3,15E-03	8,32E-07	2,67E-07	1,83E-07	2,75E-03	1,67E-03	1,78E-07	1,40E-06	3,08E-06	1,13E-06	4,12E-07	1,14E-07	1,58E-07	3,19E-05	3,16E-08
7	7,89E-04	1,35E-05	2,46E-09	1,94E-05	1,24E-03	3,53E-04	2,30E-08	7,65E-09	5,20E-09	1,04E-04	6,40E-05	5,65E-09	3,96E-08	8,56E-08	3,22E-08	1,65E-08	5,29E-09	4,60E-09	3,30E-06	1,14E-09
8	1,23E-04	2,10E-06	3,82E-10	3,01E-06	1,93E-04	5,48E-05	3,58E-09	1,19E-09	8,08E-10	1,62E-05	9,94E-06	8,77E-10	6,15E-09	1,33E-08	5,01E-09	1,20E-08	5,52E-09	7,15E-10	5,13E-07	1,78E-10
9	1,69E-03	2,90E-05	5,28E-09	4,16E-05	2,67E-03	7,58E-04	4,95E-08	1,64E-08	1,12E-08	2,24E-04	1,38E-04	1,21E-08	8,51E-08	1,84E-07	6,93E-08	4,30E-08	1,52E-08	9,89E-09	7,10E-06	2,46E-09
10	5,47E-04	9,37E-06	1,70E-09	1,34E-05	8,62E-04	2,45E-04	1,60E-08	5,31E-09	3,61E-09	7,25E-05	4,44E-05	3,92E-09	2,75E-08	5,94E-08	2,24E-08	1,47E-08	5,33E-09	3,19E-09	2,29E-06	7,93E-10
11	1,16E-04	1,99E-06	3,62E-10	2,86E-06	1,83E-04	5,20E-05	3,39E-09	1,13E-09	7,66E-10	1,54E-05	9,43E-06	8,32E-10	5,83E-09	1,26E-08	4,75E-09	1,10E-08	5,08E-09	6,78E-10	4,87E-07	1,68E-10
12	1,26E-03	2,15E-05	3,91E-09	3,09E-05	1,98E-03	5,62E-04	3,67E-08	1,22E-08	8,28E-09	1,66E-04	1,02E-04	9,00E-09	6,30E-08	1,36E-07	5,13E-08	2,84E-08	9,49E-09	7,33E-09	5,26E-06	1,82E-09
13	2,07E-04	3,55E-06	6,45E-10	5,08E-06	3,26E-04	9,26E-05	6,05E-09	2,01E-09	1,37E-09	2,74E-05	1,68E-05	1,49E-09	1,04E-08	2,25E-08	8,47E-09	2,68E-08	1,26E-08	1,21E-09	8,67E-07	3,00E-10
14	1,09E-03	1,87E-05	3,39E-09	2,68E-05	1,72E-03	4,88E-04	3,18E-08	1,06E-08	7,19E-09	1,44E-04	8,85E-05	7,82E-09	5,47E-08	1,18E-07	4,46E-08	2,44E-08	8,11E-09	6,36E-09	4,57E-06	1,58E-09
15	2,20E-03	3,77E-05	6,85E-09	5,41E-05	3,47E-03	9,84E-04	6,42E-08	2,13E-08	1,45E-08	2,91E-04	1,79E-04	1,58E-08	1,10E-07	2,39E-07	8,99E-08	5,38E-08	1,86E-08	1,28E-08	9,21E-06	3,19E-09
16	1,46E-03	2,49E-05	4,53E-09	3,58E-05	2,29E-03	6,52E-04	4,25E-08	1,41E-08	9,60E-09	1,92E-04	1,18E-04	1,04E-08	7,31E-08	1,58E-07	5,95E-08	3,31E-08	1,11E-08	8,50E-09	6,10E-06	2,11E-09
17	1,41E-05	2,42E-07	4,40E-11	3,47E-07	2,23E-05	6,32E-06	4,13E-10	1,37E-10	9,32E-11	1,87E-06	1,15E-06	1,02E-10	7,09E-10	1,53E-09	5,78E-10	2,58E-09	1,24E-09	8,25E-11	5,92E-08	2,05E-11
18	3,10E-04	5,30E-06	9,64E-10	7,61E-06	4,88E-04	1,39E-04	9,04E-09	3,00E-09	2,04E-09	4,10E-05	2,51E-05	2,22E-09	1,55E-08	3,36E-08	1,27E-08	6,76E-09	2,22E-09	1,81E-09	1,30E-06	4,48E-10
19	1,01E-04	1,72E-06	3,13E-10	2,47E-06	1,58E-04	4,49E-05	2,93E-09	9,74E-10	6,63E-10	1,33E-05	8,16E-06	7,21E-10	5,05E-09	1,09E-08	4,11E-09	1,30E-08	6,12E-09	5,87E-10	4,21E-07	1,46E-10
20	7,27E-04	1,25E-05	2,26E-09	1,79E-05	1,15E-03	3,26E-04	2,12E-08	7,05E-09	4,80E-09	9,63E-05	5,90E-05	5,21E-09	3,65E-08	7,90E-08	2,97E-08	1,97E-08	7,11E-09	4,25E-09	3,05E-06	1,05E-09
21	2,32E-04	3,94E-06	7,17E-10	5,65E-06	3,63E-04	1,03E-04	6,72E-09	2,23E-09	1,52E-09	1,87E-05	1,65E-05	1,65E-09	1,16E-08	2,50E-08	9,41E-09	3,29E-08	1,56E-08	1,34E-09	9,64E-07	3,33E-10
22	1,15E-04	1,97E-06	3,59E-10	2,84E-06	1,82E-04	5,17E-05	3,37E-09	1,12E-09	7,60E-10	1,53E-05	9,35E-06	8,24E-10	5,79E-09	1,25E-08	4,71E-09	1,86E-08	8,89E-09	6,73E-10	4,83E-07	1,67E-10
23	2,78E-04	4,77E-06	8,66E-10	6,84E-06	4,38E-04	1,24E-04	8,13E-09	2,70E-09	1,84E-09	3,69E-05	2,26E-05	2,00E-09	1,40E-08	3,02E-08	1,14E-08	2,42E-08	1,11E-08	1,62E-09	1,17E-06	4,03E-10
24	2,49E-02	4,14E-04	9,32E-08	1,86E-04	2,98E-02	3,52E-03	9,27E-07	2,98E-07	2,04E-07	3,06E-03	1,86E-03	1,98E-07	1,56E-06	3,43E-06	1,25E-06	4,47E-07	1,20E-07	1,76E-07	3,55E-05	3,53E-08
25	1,60E-02	2,74E-04	4,98E-08	3,93E-04	2,52E-02	7,15E-03	4,67E-07	1,55E-07	1,05E-07	2,12E-03	1,30E-03	1,15E-07	8,03E-07	1,74E-06	6,53E-07	2,50E-07	6,54E-08	9,33E-08	6,70E-05	2,32E-08
26	4,74E-04	8,11E-06	1,47E-09	1,16E-05	7,46E-04	2,12E-04	1,38E-08	4,59E-09	3,12E-09	6,27E-05	3,84E-05	3,39E-09	2,38E-08	5,14E-08	1,94E-08	1,05E-08	3,47E-09	2,76E-09	1,98E-06	6,86E-10
27	8,91E-04	1,53E-05	2,77E-09	2,19E-05	1,40E-03	3,99E-04	2,60E-08	8,64E-09	5,87E-09	1,18E-04	7,23E-05	6,39E-09	4,47E-08	9,67E-08	3,64E-08	2,26E-08	7,98E-09	5,20E-09	3,73E-06	1,29E-09
28	7,21E-04	1,23E-05	2,24E-09	1,77E-05	1,14E-03	3,23E-04	2,10E-08	6,99E-09	4,75E-09	9,55E-05	5,85E-05	5,16E-09	3,62E-08	7,83E-08	2,95E-08	3,98E-08	1,72E-08	4,21E-09	3,02E-06	1,04E-09
29	5,57E-03	9,53E-05	1,73E-08	1,37E-04	8,77E-03	2,49E-03	1,62E-07	5,40E-08	3,67E-08	7,37E-04	4,52E-04	3,99E-08	2,79E-07	6,04E-07	2,27E-07	9,75E-08	2,79E-08	3,25E-08	2,33E-05	8,06E-09
30	2,66E-03	4,56E-05	8,29E-09	6,54E-05	4,19E-03	1,19E-03	7,77E-08	2,58E-08	1,76E-08	3,53E-04	2,16E-04	1,91E-08	1,34E-07	2,89E-07	1,09E-07	4,29E-08	1,15E-08	1,55E-08	1,11E-05	3,86E-09
31	1,87E-03	3,20E-05	5,82E-09	4,60E-05	2,95E-03	8,37E-04	5,46E-08	1,81E-08	1,23E-08	2,48E-04	1,52E-04	1,34E-08	9,39E-08	2,03E-07	7,64E-08	2,91E-08	7,56E-09	1,09E-08	7,83E-06	2,71E-09
32	1,34E-02	2,30E-04	4,17E-08	3,29E-04	2,11E-02	6,00E-03	3,91E-07	1,30E-07	8,84E-08	1,78E-03	1,09E-03	9,61E-08	6,73E-07	1,46E-06	5,48E-07	2,14E-07	5,66E-08	7,83E-08	5,62E-05	1,94E-08
33	2,13E-03	3,65E-05	6,64E-09	5,24E-05	3,36E-03	9,54E-04	6,23E-08	2,07E-08	1,41E-08	2,83E-04	1,73E-04	1,53E-08	1,07E-07	2,32E-07	8,72E-08	3,26E-08	8,34E-09	1,24E-08	8,93E-06	3,09E-09
34	6,87E-04	1,18E-05	2,14E-09	1,69E-05	1,08E-03	3,08E-04	2,01E-08	6,66E-09	4,53E-09	9,10E-05	5,58E-05	4,93E-09	3,45E-08	7,46E-08	2,81E-08	2,19E-08	8,40E-09	4,01E-09	2,88E-06	9,96E-10
35	4,37E-05	7,49E-07	1,36E-10	1,08E-06	6,89E-05	1,28E-05	1,28E-09	4,24E-10	2,88E-10	5,79E-06	3,55E-06	3,31E-10	2,20E-09	4,75E-09	1,79E-09	1,37E-08	6,71E-09	2,55E-10	1,83E-07	6,34E-11
36	1,30E-03	2,22E-05	4,04E-09	3,19E-05	2,05E-03	5,81E-04	3,79E-08	1,26E-08	8,56E-09	1,72E-04	1,05E-04	9,30E-09	6,52E-08	1,41E-07	5,31E-08	3,50E-08	1,27E-08	7,58E-09	5,44E-06	1,88E-09
37	5,18E-04	8,88E-06	1,61E-09	1,27E-05	8,16E-04	2,32E-04	1,51E-08	5,02E-09	3,42E-09	6,86E-05	4,21E-05	3,72E-09	2,60E-08	5,63E-08	2,12E-08	1,45E-08	5,32E-09	3,02E-09	2,17E-06	7,51E-10
38	1,91E-03	3,26E-05	5,93E-09	4,68E-05	3,00E-03	8,52E-04	5,56E-08	1,85E-08	1,26E-08	2,52E-04	1,55E-04	1,37E-08	9,56E-08	2,07E-07	7,79E-08	4,56E-08	1,57E-08	1,11E-08	7,98E-06	2,76E-09
39	6,46E-03	1,11E-04	2,01E-08	1,59E-04	1,02E-02	2,89E-03	1,88E-07	6,26E-08	4,26E-08	8,55E-04	5,24E-04	4,63E-08	3,24E-07	7,01E-07	2,64E-07	1,12E-07	3,16E-08	3,77E-08	2,70E-05	9,35E-09
40	6,19E-04	1,06E-05	1,93E-09	1,52E-05	9,74E-04	2,77E-04	1,81E-08	6,00E-09	4,08E-09	8,19E-05	5,02E-05	4,43E-09	3,10E-08	6,71E-08	2,53E-08	1,06E-08	2,98E-09	3,61E-09	2,59E-06	8,96E-10
41	1,21E-03	2,08E-05	3,78E-09	2,98E-05	1,91E-03	5,43E-04	3,54E-08	1,18E-08	8,00E-09	1,61E-04	9,85E-05	8,70E-09	6,09E-08	1,32E-07	4,96E-08	2,22E-08	6,53E-09	7,08E-09	5,08E-06	1,76E-09
42	7,92E-04	1,36E-05	2,47E-09	1,95E-05	1,25E-03	3,55E-04	2,31E-08	7,68E-09	5,23E-09	1,05E-04	6,43E-05	5,68E-09	3,98E-08	8,60E-08	3,24E-08	1,85E-08	6,27E-09	4,62E-09	3,32E-06	1,15E-09
43	1,29E-03	2,21E-05	4,01E-09	3,17E-05	2,03E-03	5,77E-04	3,76E-08	1,25E-08	8,50E-09	1,71E-04	1,05E-04	9,23E-09	6,47E-08	1,40E-07	5,27E-08	3,35E-08	1,19E-08	7,52E-09	5,40E-06	1,87E-09
44	3,18E-05	5,																		

EMISSIONS POLLUANTES – SCENARIO « FUTUR AVEC PROJET »

Tronçon	NOx	SO2	BaP	Benzène	CO	COV	Acénaphthène	Anthracène	Benzo(ghi)pérylène	PM10	PM2.5	Fluorène	Fluoranthène	Phénanthrène	Pyrène	Ni	As	BaPeq	1,3 butadiène	Cr
	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour	T/jour
	Emissions totales																			
1	2,00E-03	3,42E-05	6,22E-09	4,91E-05	3,15E-03	8,94E-04	5,83E-08	1,94E-08	1,32E-08	2,65E-04	1,62E-04	1,43E-08	1,00E-07	2,17E-07	8,16E-08	4,24E-08	1,37E-08	1,17E-08	8,37E-06	2,89E-09
2	2,81E-03	4,80E-05	8,73E-09	6,89E-05	4,42E-03	1,26E-03	8,19E-08	2,72E-08	1,85E-08	3,72E-04	2,28E-04	2,01E-08	1,41E-07	3,05E-07	1,15E-07	6,34E-08	2,12E-08	1,64E-08	1,17E-05	4,06E-09
3	2,15E-04	3,68E-06	6,70E-10	5,29E-06	3,39E-04	9,63E-05	6,28E-09	2,09E-09	1,42E-09	2,85E-05	1,75E-05	1,54E-09	1,08E-08	2,34E-08	8,79E-09	2,04E-08	9,42E-09	1,26E-09	9,01E-07	3,12E-10
4	5,47E-05	9,37E-07	1,70E-10	1,35E-06	8,63E-05	2,45E-05	1,60E-09	5,30E-10	3,61E-10	7,25E-06	4,44E-06	3,91E-10	2,75E-09	5,94E-09	2,24E-09	8,85E-09	4,22E-09	3,19E-10	2,29E-07	7,92E-11
5	1,77E-03	3,03E-05	5,51E-09	4,35E-05	2,79E-03	7,92E-04	5,17E-08	1,72E-08	1,17E-08	2,34E-04	1,44E-04	1,27E-08	8,88E-08	1,92E-07	7,23E-08	3,15E-08	1,03E-08	7,41E-06	2,56E-09	
6	2,24E-02	3,72E-04	8,36E-08	1,67E-04	2,67E-02	3,15E-03	8,32E-07	2,67E-07	1,83E-07	2,75E-03	1,67E-03	1,78E-07	1,40E-06	3,08E-06	1,13E-06	4,12E-07	1,14E-07	1,58E-07	3,19E-05	3,16E-08
7	7,89E-04	1,35E-05	2,46E-09	1,94E-05	1,24E-03	3,53E-04	2,30E-08	7,65E-09	5,20E-09	1,04E-04	6,40E-05	5,65E-09	3,96E-08	8,56E-08	3,22E-08	1,65E-08	5,29E-09	4,60E-09	3,30E-06	1,14E-09
8	1,23E-04	2,10E-06	3,82E-10	3,01E-06	1,93E-04	5,48E-05	3,58E-09	1,19E-09	8,08E-10	1,62E-05	9,94E-06	8,77E-10	6,15E-09	1,33E-08	5,01E-09	1,20E-08	5,52E-09	7,15E-10	5,13E-07	1,78E-10
9	1,69E-03	2,90E-05	5,28E-09	4,16E-05	2,67E-03	7,58E-04	4,95E-08	1,64E-08	1,12E-08	2,24E-04	1,38E-04	1,21E-08	1,84E-07	6,93E-08	4,30E-08	1,52E-08	9,89E-09	7,10E-06	2,46E-09	
10	5,47E-04	9,37E-06	1,70E-09	1,34E-05	8,62E-04	2,45E-04	1,60E-08	5,31E-09	3,61E-09	7,25E-05	4,44E-05	3,92E-09	2,75E-08	5,94E-08	2,24E-08	1,47E-08	5,33E-09	3,19E-09	2,29E-06	7,93E-10
11	1,16E-04	1,99E-06	3,62E-10	2,86E-06	1,83E-04	5,20E-05	3,39E-09	1,13E-09	7,66E-10	1,54E-05	9,43E-06	8,32E-10	5,83E-09	1,26E-08	4,75E-09	1,10E-08	5,08E-09	6,78E-10	4,87E-07	1,68E-10
12	1,26E-03	2,15E-05	3,91E-09	3,09E-05	1,98E-03	5,62E-04	3,67E-08	1,22E-08	8,28E-09	1,66E-04	1,02E-04	9,00E-09	6,30E-08	1,36E-07	5,13E-08	2,84E-08	9,49E-09	7,33E-09	5,26E-06	1,82E-09
13	2,07E-04	3,55E-06	6,45E-10	5,08E-06	3,26E-04	9,26E-05	6,05E-09	2,01E-09	1,37E-09	2,74E-05	1,68E-05	1,49E-09	1,04E-08	2,25E-08	8,47E-09	2,68E-08	1,26E-08	1,21E-09	8,67E-07	3,00E-10
14	1,09E-03	1,87E-05	3,39E-09	2,68E-05	1,72E-03	4,88E-04	3,18E-08	1,06E-08	7,19E-09	1,44E-04	8,85E-05	7,82E-09	5,47E-08	1,18E-07	4,46E-08	2,44E-08	8,11E-09	6,36E-09	4,57E-06	1,58E-09
15	2,20E-03	3,77E-05	6,85E-09	5,41E-05	3,47E-03	9,84E-04	6,42E-08	2,13E-08	1,45E-08	2,91E-04	1,79E-04	1,58E-08	1,10E-07	2,39E-07	8,99E-08	5,38E-08	1,86E-08	1,28E-08	9,21E-06	3,19E-09
16	1,46E-03	2,49E-05	4,53E-09	3,58E-05	2,29E-03	6,52E-04	4,25E-08	1,41E-08	9,60E-09	1,93E-04	1,18E-04	1,04E-08	7,31E-08	1,58E-07	5,95E-08	3,31E-08	1,11E-08	8,50E-09	6,10E-06	2,11E-09
17	1,41E-05	2,42E-07	4,40E-11	3,47E-07	2,23E-05	6,32E-06	4,13E-10	1,37E-10	9,32E-11	1,87E-06	1,15E-06	1,02E-10	7,09E-10	1,53E-09	5,78E-10	2,58E-09	1,24E-09	8,25E-11	5,92E-08	2,05E-11
18	3,10E-04	5,30E-06	9,64E-10	7,61E-06	4,88E-04	1,39E-04	9,04E-09	3,00E-09	2,04E-09	4,10E-05	2,51E-05	2,22E-09	1,55E-08	3,36E-08	1,27E-08	6,76E-09	2,22E-09	1,81E-09	1,30E-06	4,48E-10
19	1,01E-04	1,72E-06	3,13E-10	2,47E-06	1,58E-04	4,49E-05	2,93E-09	9,74E-10	6,63E-10	1,33E-05	8,16E-06	7,21E-10	5,05E-09	1,09E-08	4,11E-09	3,10E-08	6,12E-09	5,87E-10	4,21E-07	1,46E-10
20	7,27E-04	1,25E-05	2,26E-09	1,79E-05	1,15E-03	3,26E-04	2,12E-08	7,05E-09	4,80E-09	9,63E-05	5,90E-05	5,21E-09	3,65E-08	7,90E-08	2,97E-08	1,97E-08	7,11E-09	4,25E-09	3,05E-06	1,05E-09
21	2,30E-04	3,94E-06	7,17E-10	5,65E-06	3,63E-04	1,03E-04	6,72E-09	2,23E-09	1,52E-09	3,05E-05	1,87E-05	1,65E-09	1,16E-08	2,50E-08	9,41E-09	3,29E-08	1,56E-08	1,34E-09	9,64E-07	3,33E-10
22	1,15E-04	1,97E-06	3,59E-10	2,84E-06	1,82E-04	5,17E-05	3,37E-09	1,12E-09	7,60E-10	1,53E-05	9,35E-06	8,24E-10	5,79E-09	1,25E-08	4,71E-09	1,86E-08	8,89E-09	6,73E-10	4,83E-07	1,67E-10
23	2,78E-04	4,77E-06	8,66E-10	6,84E-06	4,38E-04	1,24E-04	8,13E-09	2,70E-09	1,84E-09	3,69E-05	2,26E-05	2,00E-09	1,40E-08	3,02E-08	1,14E-08	2,42E-08	1,11E-08	1,62E-09	1,17E-06	4,03E-10
24	2,49E-02	4,14E-04	1,86E-04	9,32E-08	2,98E-02	3,52E-03	9,27E-07	2,98E-07	2,04E-07	3,06E-03	1,28E-03	1,98E-07	1,56E-06	3,43E-06	1,25E-06	4,47E-07	1,20E-07	1,76E-07	3,55E-05	3,53E-08
25	1,60E-02	2,74E-04	4,98E-08	3,93E-04	2,52E-02	7,15E-03	4,67E-07	1,55E-07	1,05E-07	2,12E-03	1,30E-03	1,15E-07	8,03E-07	1,74E-06	6,53E-07	2,50E-07	6,54E-08	9,33E-08	6,70E-05	2,32E-08
26	4,74E-04	8,11E-06	1,47E-09	1,16E-05	7,46E-04	2,12E-04	1,38E-08	4,59E-09	3,12E-09	6,27E-05	3,84E-05	3,39E-09	2,38E-08	5,14E-08	1,94E-08	1,05E-08	3,47E-09	2,76E-09	1,98E-06	6,86E-10
27	8,91E-04	1,53E-05	2,77E-09	2,19E-05	1,40E-03	3,99E-04	2,60E-08	8,64E-09	5,87E-09	1,18E-04	7,23E-05	6,39E-09	4,47E-08	9,67E-08	3,64E-08	2,26E-08	7,98E-09	5,20E-09	3,73E-06	1,29E-09
28	7,21E-04	1,23E-05	2,24E-09	1,77E-05	1,14E-03	3,23E-04	2,10E-08	6,99E-09	4,75E-09	9,55E-05	5,85E-05	5,16E-09	3,62E-08	7,83E-08	2,95E-08	3,98E-08	1,72E-08	4,21E-09	3,02E-06	1,04E-09
29	5,57E-03	9,53E-05	1,73E-08	1,37E-04	8,77E-03	2,49E-03	1,62E-07	5,40E-08	3,76E-08	7,37E-04	4,52E-04	3,99E-08	2,79E-07	6,04E-07	2,27E-07	9,75E-08	2,79E-08	3,25E-08	2,33E-05	8,06E-09
30	2,66E-03	4,56E-05	8,29E-09	6,54E-05	4,19E-03	1,19E-03	7,77E-08	2,58E-08	1,76E-08	3,53E-04	2,16E-04	1,91E-08	1,34E-07	2,89E-07	1,09E-07	4,29E-08	1,15E-08	1,55E-08	1,11E-05	3,86E-09
31	1,87E-03	3,20E-05	5,82E-09	4,60E-05	2,95E-03	8,37E-04	5,46E-08	1,81E-08	1,23E-08	2,48E-04	1,52E-04	1,34E-08	9,39E-08	2,03E-07	7,64E-08	2,91E-08	7,56E-09	1,09E-08	7,83E-06	2,71E-09
32	1,34E-02	2,30E-04	4,17E-08	3,29E-04	2,11E-02	6,00E-03	3,91E-07	1,30E-07	8,84E-08	1,78E-03	1,09E-03	9,61E-08	6,73E-07	1,46E-06	5,48E-07	2,14E-07	5,66E-08	7,83E-08	5,62E-05	1,94E-08
33	2,13E-03	3,65E-05	6,64E-09	5,24E-05	3,36E-03	9,54E-04	6,23E-08	2,07E-08	1,41E-08	2,83E-04	1,73E-04	1,53E-08	1,07E-07	2,32E-07	8,72E-08	3,26E-08	8,34E-09	1,24E-08	8,93E-06	3,09E-09
34	6,87E-04	1,18E-05	1,69E-05	2,14E-09	1,08E-03	3,08E-04	2,01E-08	6,66E-09	4,53E-09	9,10E-05	5,58E-05	4,93E-09	3,45E-08	7,46E-08	2,81E-08	2,19E-08	8,40E-09	4,01E-09	2,88E-06	9,96E-10
35	4,37E-05	7,49E-07	1,36E-10	1,08E-06	6,89E-05	1,96E-05	1,28E-09	4,24E-10	2,88E-10	5,79E-06	3,55E-06	3,13E-10	2,20E-09	4,75E-09	1,79E-09	1,37E-08	6,71E-09	2,55E-10	1,83E-07	6,34E-11
36	1,30E-03	2,22E-05	4,04E-09	3,19E-05	2,05E-03	5,81E-04	3,79E-08	1,26E-08	8,56E-09	1,72E-04	1,05E-04	9,30E-09	6,52E-08	1,41E-07	5,31E-08	3,50E-08	1,27E-08	7,58E-09	5,44E-06	1,88E-09
37	5,18E-04	8,88E-06	1,61E-09	1,27E-05	8,16E-04	2,32E-04	1,51E-08	5,02E-09	3,42E-09	6,86E-05	4,21E-05	3,72E-09	2,60E-08	5,63E-08	2,12E-08	1,45E-08	5,32E-09	3,02E-09	2,17E-06	7,51E-10
38	1,91E-03	3,26E-05	5,93E-09	4,68E-05	3,00E-03	8,52E-04	5,56E-08	1,85E-08	1,26E-08	2,52E-04	1,55E-04	1,37E-08	9,56E-08	2,07E-07	7,79E-08	4,56E-08	1,57E-08	1,11E-08	7,98E-06	2,76E-09
39	6,46E-03	1,11E-04	2,01E-08	1,59E-04	1,02E-02	2,89E-03	1,88E-07	6,26E-08	4,26E-08	8,55E-04	5,24E-04	4,63E-08	3,24E-07	7,01E-07	2,64E-07	1,12E-07	3,16E-08	3,77E-08	2,70E-05	9,35E-09
40	6,19E-04	1,06E-05	1,93E-09	1,52E-05	9,74E-04	2,77E-04	1,81E-08	6,00E-09	4,08E-09	8,19E-05	5,02E-05	4,43E-09	3,10E-08	6,71E-08	2,53E-08	1,06E-0				

Annexe 6. Résultats de la modélisation

Cette annexe contient 6 pages.

**CONCENTRATIONS ET DEPOTS MODELISES AU NIVEAU DES REPECTEURS
 - SCENARIO « ACTUEL »**
Concentrations dans l'air (µg/m³)

Nom du récepteur	Moyenne annuelle en NO2 (µg/m3)	Percentile 99,8 horaire en NO2 (µg/m3)	Moyenne annuelle en PM10 (µg/m3)	Percentile 90.4 journalier en PM10 (µg/m3)	Moyenne annuelle en PM2,5 (µg/m3)	Maximum journalier des valeurs glissantes sur 8h en CO (mg/m3)	Moyenne annuelle en benzène (µg/m3)	Percentile 99,2 journalier en SO2 (µg/m3)	Percentile 99,7 horaire en SO2 (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en arsenic (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en nickel (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en benzo(a)pyrene (µg/m3)
Pt 1-0	55,35	96,44	24,33	25,80	15,06	3,74	1,73	0,88	1,40	4,10E-04	1,28E-03	5,32E-05
Pt 2-0	44,60	87,69	23,40	24,38	14,08	3,67	1,43	0,52	1,01	3,69E-04	1,16E-03	2,89E-05
Pt 3-1	33,80	58,12	22,54	22,79	13,28	3,55	1,19	0,16	0,34	3,30E-04	1,04E-03	6,16E-06
Pt 4-0	36,98	66,76	22,66	22,96	13,47	3,57	1,25	0,23	0,48	3,36E-04	1,06E-03	9,48E-06
Pt 5-0	44,05	76,98	23,23	23,75	14,01	3,60	1,42	0,45	0,70	3,61E-04	1,13E-03	2,44E-05
Pt 6-0	40,32	68,46	23,05	23,49	13,75	3,57	1,33	0,32	0,51	3,53E-04	1,11E-03	1,97E-05
Pt 7-0	45,78	85,00	23,24	24,07	14,15	3,63	1,47	0,57	0,93	3,61E-04	1,14E-03	2,45E-05
Pt 8-0	46,88	85,51	23,31	24,09	14,25	3,64	1,50	0,58	0,94	3,65E-04	1,15E-03	2,66E-05
Pt 9-0	29,00	29,00	22,30	22,30	13,00	3,50	1,10	0,00	0,00	3,20E-04	1,01E-03	5,74E-16
Pt 10-0	43,51	79,51	23,04	23,60	13,93	3,62	1,40	0,47	0,76	3,53E-04	1,11E-03	1,93E-05
Pt 11-1	44,27	81,66	23,62	24,70	14,10	3,63	1,41	0,44	0,82	3,79E-04	1,19E-03	3,46E-05
Pt 12-0	45,88	92,32	23,53	24,62	14,21	3,70	1,47	0,58	1,19	3,75E-04	1,17E-03	3,22E-05
Pt 13-1	35,27	59,72	22,65	22,94	13,38	3,56	1,22	0,20	0,36	3,35E-04	1,06E-03	9,09E-06
Pt 14-0	36,65	65,13	22,61	22,88	13,44	3,57	1,25	0,25	0,45	3,34E-04	1,05E-03	8,01E-06
Pt 15-1	39,69	72,45	22,77	23,12	13,64	3,59	1,31	0,34	0,59	3,41E-04	1,07E-03	1,22E-05
Ecole	48,06	81,10	23,88	24,72	14,41	3,62	1,52	0,54	0,82	3,89E-04	1,22E-03	4,06E-05
Crèche	42,83	72,50	23,29	23,90	13,94	3,59	1,39	0,38	0,61	3,63E-04	1,14E-03	2,53E-05
Maximum récepteur	55,35	96,44	24,33	25,80	15,06	3,74	1,73	0,88	1,40	4,10E-04	1,28E-03	5,32E-05
Valeur réglementaire	40	200	40	50	25	10	5	125	350	6,00E-03	2,00E-02	1,00E-03

* Les valeurs en rouge dépassent la valeur réglementaire.

Concentration moyenne annuelle en 1,3 butadiène (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en benzo(g,h,i)perylene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en acénaphthylène (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en anthracene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en fluorene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en fluoranthene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en phenantrene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en pyrene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en Cr VI (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en Cr III (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en benzo(a)pyrene eq (µg/m3)
1,24E-01	9,16E-05	5,84E-04	9,14E-05	8,20E-05	7,34E-04	1,45E-03	6,77E-04	1,73E-06	1,56E-05	9,03E-05
6,90E-02	5,25E-05	3,35E-04	5,24E-05	4,69E-05	4,21E-04	8,32E-04	3,88E-04	9,42E-07	8,48E-06	5,17E-05
2,00E-02	1,14E-05	7,36E-05	1,13E-05	9,98E-06	9,26E-05	1,80E-04	8,46E-05	2,01E-07	1,81E-06	1,10E-05
3,33E-02	1,74E-05	1,11E-04	1,72E-05	1,52E-05	1,40E-04	2,73E-04	1,28E-04	3,09E-07	2,78E-06	1,68E-05
6,84E-02	4,23E-05	2,73E-04	4,17E-05	3,67E-05	3,43E-04	6,63E-04	3,13E-04	7,96E-07	7,16E-06	4,04E-05
4,64E-02	3,16E-05	2,03E-04	3,13E-05	2,78E-05	2,55E-04	4,98E-04	2,34E-04	6,40E-07	5,76E-06	3,06E-05
8,06E-02	4,45E-05	2,87E-04	4,37E-05	3,82E-05	3,62E-04	6,95E-04	3,29E-04	7,99E-07	7,19E-06	4,21E-05
9,14E-02	5,11E-05	3,31E-04	5,01E-05	4,35E-05	4,17E-04	7,95E-04	3,77E-04	8,66E-07	7,80E-06	4,79E-05
1,24E-07	1,07E-15	6,86E-15	1,06E-15	9,36E-16	8,63E-15	1,68E-14	7,90E-15	1,87E-17	1,68E-16	1,03E-15
6,54E-02	3,56E-05	2,29E-04	3,52E-05	3,11E-05	2,88E-04	5,59E-04	2,63E-04	6,28E-07	5,65E-06	3,42E-05
6,47E-02	6,14E-05	3,92E-04	6,12E-05	5,49E-05	4,93E-04	9,73E-04	4,54E-04	1,13E-06	1,01E-05	6,04E-05
7,65E-02	5,82E-05	3,71E-04	5,80E-05	5,20E-05	4,66E-04	9,22E-04	4,30E-04	1,05E-06	9,45E-06	5,73E-05
2,67E-02	1,73E-05	1,12E-04	1,70E-05	1,49E-05	1,41E-04	2,71E-04	1,28E-04	2,96E-07	2,66E-06	1,64E-05
3,33E-02	1,51E-05	9,78E-05	1,49E-05	1,30E-05	1,23E-04	2,37E-04	1,12E-04	2,61E-07	2,35E-06	1,43E-05
4,79E-02	2,35E-05	1,51E-04	2,31E-05	2,02E-05	1,91E-04	3,66E-04	1,73E-04	3,98E-07	3,58E-06	2,22E-05
8,32E-02	6,49E-05	4,16E-04	6,45E-05	5,74E-05	5,23E-04	1,02E-03	4,80E-04	1,32E-06	1,19E-05	6,32E-05
5,86E-02	4,13E-05	2,65E-04	4,10E-05	3,64E-05	3,33E-04	6,51E-04	3,05E-04	8,23E-07	7,41E-06	4,01E-05

* Les bruits de fond sont intégrés, lorsqu'ils sont disponibles, aux concentrations modélisées.

▶ Dépôts moyens annuels ($\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$)

benzo(g,h,i)perylene	acenaphtene	anthracene	fluorene	fluoranthene	phenantrene	pyrene	benzo(a)pyrene	benzo(a)pyrene eq
8,32E-06	5,30E-05	8,30E-06	7,45E-06	6,66E-05	1,32E-04	6,14E-05	4,82E-06	8,20E-06
4,96E-06	3,16E-05	4,95E-06	4,44E-06	3,98E-05	7,86E-05	3,66E-05	2,78E-06	4,89E-06
8,63E-07	5,55E-06	8,52E-07	7,51E-07	6,98E-06	1,35E-05	6,37E-06	4,60E-07	8,27E-07
1,60E-06	1,03E-05	1,58E-06	1,40E-06	1,29E-05	2,52E-05	1,18E-05	8,67E-07	1,54E-06
2,78E-06	1,80E-05	2,73E-06	2,38E-06	2,26E-05	4,34E-05	2,05E-05	1,49E-06	2,62E-06
1,68E-06	1,08E-05	1,65E-06	1,45E-06	1,36E-05	2,63E-05	1,24E-05	9,57E-07	1,60E-06
3,76E-06	2,43E-05	3,69E-06	3,23E-06	3,06E-05	5,87E-05	2,78E-05	2,05E-06	3,55E-06
4,10E-06	2,66E-05	4,01E-06	3,47E-06	3,35E-05	6,37E-05	3,03E-05	2,06E-06	3,83E-06
9,47E-17	6,08E-16	9,37E-17	8,29E-17	7,65E-16	1,49E-15	6,99E-16	5,08E-17	9,13E-17
3,21E-06	2,06E-05	3,18E-06	2,80E-06	2,60E-05	5,05E-05	2,37E-05	1,73E-06	3,09E-06
4,75E-06	3,03E-05	4,74E-06	4,25E-06	3,81E-05	7,53E-05	3,51E-05	2,67E-06	4,68E-06
5,26E-06	3,35E-05	5,24E-06	4,71E-06	4,21E-05	8,33E-05	3,88E-05	2,96E-06	5,18E-06
1,38E-06	8,88E-06	1,35E-06	1,19E-06	1,12E-05	2,15E-05	1,02E-05	7,24E-07	1,31E-06
1,33E-06	8,60E-06	1,31E-06	1,14E-06	1,08E-05	2,08E-05	9,84E-06	6,97E-07	1,26E-06
2,11E-06	1,36E-05	2,07E-06	1,82E-06	1,71E-05	3,30E-05	1,56E-05	1,09E-06	2,00E-06
3,12E-06	2,01E-05	3,08E-06	2,71E-06	2,53E-05	4,89E-05	2,30E-05	1,78E-06	2,99E-06
2,36E-06	1,52E-05	2,33E-06	2,06E-06	1,91E-05	3,71E-05	1,75E-05	1,34E-06	2,26E-06

**CONCENTRATIONS ET DEPOTS MODELISES AU NIVEAU DES RECEPTEURS
 - SCENARIO « FUTUR SANS PROJET »**
Concentrations dans l'air (µg/m³)

Nom du récepteur	Moyenne annuelle en NO2 (µg/m3)	Percentile 99,8 horaire en NO2 (µg/m3)	Moyenne annuelle en PM10 (µg/m3)	Percentile 90.4 journalier en PM10 (µg/m3)	Moyenne annuelle en PM2,5 (µg/m3)	Maximum journalier des valeurs glissantes sur 8h en CO (mg/m3)	Moyenne annuelle en benzène (µg/m3)	Percentile 99,2 journalier en SO2 (µg/m3)	Percentile 99,7 horaire en SO2 (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en arsenic (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en nickel (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en benzo(a)pyrene (µg/m3)
Pt 1-0	36,41	72,95	23,85	24,97	14,37	3,63	1,56	0,85	1,45	4,10E-04	1,28E-03	3,94E-05
Pt 2-0	32,04	69,38	23,35	24,35	13,91	3,61	1,41	0,65	1,28	3,81E-04	1,19E-03	2,67E-05
Pt 3-1	26,79	45,04	22,67	23,07	13,36	3,54	1,23	0,28	0,54	3,41E-04	1,07E-03	9,30E-06
Pt4-0	28,15	50,22	22,76	23,20	13,48	3,55	1,27	0,35	0,67	3,47E-04	1,09E-03	1,17E-05
Pt 5-0	29,38	51,49	22,80	23,26	13,56	3,55	1,31	0,42	0,69	3,49E-04	1,10E-03	1,26E-05
Pt 6-0	27,35	44,59	22,65	22,99	13,39	3,54	1,24	0,31	0,53	3,40E-04	1,07E-03	8,85E-06
Pt 7-0	30,05	54,63	22,85	23,40	13,62	3,56	1,33	0,47	0,75	3,52E-04	1,11E-03	1,39E-05
Pt 8-0	31,89	60,39	23,02	23,67	13,80	3,57	1,39	0,58	0,93	3,62E-04	1,14E-03	1,84E-05
Pt 9-0	24,97	32,04	22,51	22,72	13,20	3,52	1,17	0,15	0,24	3,32E-04	1,05E-03	5,24E-06
Pt 10-0	30,90	57,07	22,99	23,57	13,73	3,57	1,36	0,54	0,87	3,60E-04	1,13E-03	1,77E-05
Pt 11-1	31,68	62,38	23,49	24,56	13,91	3,59	1,39	0,55	1,03	3,90E-04	1,22E-03	3,04E-05
Pt 12-0	32,73	73,40	23,44	24,55	13,99	3,63	1,43	0,70	1,47	3,86E-04	1,21E-03	2,90E-05
Pt 13-1	27,35	45,17	22,73	23,15	13,42	3,55	1,24	0,31	0,54	3,45E-04	1,09E-03	1,10E-05
Pt 14-0	27,71	47,07	22,68	23,06	13,42	3,55	1,26	0,34	0,59	3,42E-04	1,08E-03	9,76E-06
Pt 15-1	29,22	52,18	22,81	23,26	13,56	3,56	1,30	0,43	0,72	3,50E-04	1,10E-03	1,31E-05
Ecole	31,96	57,63	23,50	24,23	13,93	3,57	1,41	0,54	0,86	3,90E-04	1,22E-03	3,05E-05
Crèche	29,00	49,25	23,02	23,53	13,60	3,55	1,30	0,39	0,64	3,62E-04	1,14E-03	1,84E-05
Maximum récepteur	36,41	73,40	23,85	24,97	14,37	3,63	1,56	0,85	1,47	4,10E-04	1,28E-03	3,94E-05
Valeur réglementaire	40	200	40	50	25	10	5	125	350	6,00E-03	2,00E-02	1,00E-03

Concentration moyenne annuelle en 1,3 butadiène (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en benzo(g,h,i)perylene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en acénaphthylène (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en anthracene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en fluorene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en fluoranthene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en phenantrene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en pyrene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en Cr VI (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en Cr III (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en benzo(a)pyrene eq (µg/m3)
7,77E-02	7,58E-05	3,36E-04	1,11E-04	8,20E-05	3,36E-04	1,25E-03	4,69E-04	1,71E-06	1,54E-05	6,70E-05
5,17E-02	5,13E-05	2,27E-04	7,54E-05	5,55E-05	2,27E-04	8,45E-04	3,18E-04	1,16E-06	1,04E-05	4,54E-05
2,10E-02	1,72E-05	7,66E-05	2,52E-05	1,83E-05	7,66E-05	2,83E-04	1,06E-04	4,03E-07	3,63E-06	1,49E-05
2,91E-02	2,21E-05	9,82E-05	3,24E-05	2,35E-05	9,82E-05	3,63E-04	1,37E-04	5,07E-07	4,56E-06	1,92E-05
3,96E-02	2,68E-05	1,21E-04	3,93E-05	2,73E-05	1,21E-04	4,40E-04	1,66E-04	5,46E-07	4,91E-06	2,23E-05
2,55E-02	1,71E-05	7,67E-05	2,51E-05	1,79E-05	7,67E-05	2,82E-04	1,06E-04	3,84E-07	3,46E-06	1,46E-05
4,48E-02	3,05E-05	1,38E-04	4,48E-05	3,09E-05	1,38E-04	5,02E-04	1,89E-04	6,04E-07	5,44E-06	2,53E-05
5,76E-02	4,12E-05	1,86E-04	6,04E-05	4,16E-05	1,86E-04	6,77E-04	2,55E-04	7,98E-07	7,18E-06	3,40E-05
9,60E-03	8,38E-06	3,71E-05	1,23E-05	9,10E-06	3,71E-05	1,38E-04	5,19E-05	2,27E-07	2,04E-06	7,44E-06
4,67E-02	3,54E-05	1,58E-04	5,19E-05	3,72E-05	1,58E-04	5,82E-04	2,19E-04	7,65E-07	6,89E-06	3,04E-05
4,89E-02	5,83E-05	2,59E-04	8,58E-05	6,30E-05	2,59E-04	9,61E-04	3,61E-04	1,32E-06	1,19E-05	5,15E-05
5,62E-02	5,58E-05	2,47E-04	8,21E-05	6,04E-05	2,47E-04	9,20E-04	3,46E-04	1,26E-06	1,13E-05	4,94E-05
2,48E-02	2,15E-05	9,60E-05	3,15E-05	2,25E-05	9,60E-05	3,53E-04	1,33E-04	4,78E-07	4,30E-06	1,84E-05
2,75E-02	1,89E-05	8,46E-05	2,78E-05	1,98E-05	8,46E-05	3,11E-04	1,17E-04	4,23E-07	3,81E-06	1,62E-05
3,70E-02	2,63E-05	1,18E-04	3,85E-05	2,74E-05	1,18E-04	4,32E-04	1,63E-04	5,67E-07	5,10E-06	2,24E-05
5,17E-02	5,37E-05	2,39E-04	7,90E-05	5,72E-05	2,39E-04	8,85E-04	3,33E-04	1,32E-06	1,19E-05	4,68E-05
3,50E-02	3,31E-05	1,48E-04	4,87E-05	3,52E-05	1,48E-04	5,45E-04	2,05E-04	7,99E-07	7,19E-06	2,87E-05

* Les bruits de fond sont intégrés, lorsqu'ils sont disponibles, aux concentrations modélisées.

▶ Dépôts moyens annuels ($\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$)

benzo(g,h,i)perylene	acenaphtene	anthracene	fluorene	fluoranthene	phenantrene	pyrene	benzo(a)pyrene	benzo(a)pyrene eq
6,88E-06	3,05E-05	1,01E-05	7,45E-06	3,05E-05	1,13E-04	4,26E-05	3,57E-06	6,09E-06
4,78E-06	2,12E-05	7,03E-06	5,18E-06	2,12E-05	7,88E-05	2,96E-05	2,49E-06	4,23E-06
1,39E-06	6,18E-06	2,04E-06	1,48E-06	6,18E-06	2,29E-05	8,60E-06	7,57E-07	1,21E-06
1,99E-06	8,85E-06	2,92E-06	2,12E-06	8,85E-06	3,27E-05	1,23E-05	1,05E-06	1,73E-06
2,33E-06	1,05E-05	3,42E-06	2,38E-06	1,05E-05	3,84E-05	1,45E-05	1,10E-06	1,95E-06
1,50E-06	6,72E-06	2,20E-06	1,56E-06	6,72E-06	2,47E-05	9,30E-06	7,72E-07	1,28E-06
2,65E-06	1,19E-05	3,88E-06	2,68E-06	1,19E-05	4,35E-05	1,64E-05	1,21E-06	2,19E-06
3,59E-06	1,62E-05	5,27E-06	3,63E-06	1,62E-05	5,91E-05	2,23E-05	1,61E-06	2,97E-06
7,24E-07	3,21E-06	1,07E-06	7,87E-07	3,21E-06	1,19E-05	4,49E-06	4,53E-07	6,43E-07
3,16E-06	1,41E-05	4,65E-06	3,33E-06	1,41E-05	5,21E-05	1,96E-05	1,58E-06	2,72E-06
4,59E-06	2,04E-05	6,75E-06	4,96E-06	2,04E-05	7,57E-05	2,84E-05	2,40E-06	4,06E-06
5,01E-06	2,22E-05	7,37E-06	5,43E-06	2,22E-05	8,26E-05	3,11E-05	2,62E-06	4,44E-06
1,73E-06	7,73E-06	2,54E-06	1,81E-06	7,73E-06	2,85E-05	1,07E-05	8,94E-07	1,48E-06
1,66E-06	7,44E-06	2,44E-06	1,74E-06	7,44E-06	2,74E-05	1,03E-05	8,55E-07	1,42E-06
2,34E-06	1,05E-05	3,43E-06	2,44E-06	1,05E-05	3,85E-05	1,45E-05	1,16E-06	1,99E-06
2,57E-06	1,15E-05	3,77E-06	2,68E-06	1,15E-05	4,23E-05	1,59E-05	1,32E-06	2,19E-06
1,87E-06	8,36E-06	2,74E-06	1,95E-06	8,36E-06	3,07E-05	1,16E-05	9,56E-07	1,60E-06

**CONCENTRATIONS ET DEPOTS MODELISES AU NIVEAU DES REPECTEURS
 - SCENARIO « FUTUR AVEC PROJET »**
Concentrations dans l'air (µg/m³)

Nom du récepteur	Moyenne annuelle en NO2 (µg/m3)	Percentile 99,8 horaire en NO2 (µg/m3)	Moyenne annuelle en PM10 (µg/m3)	Percentile 90.4 journalier en PM10 (µg/m3)	Moyenne annuelle en PM2,5 (µg/m3)	Maximum journalier des valeurs glissantes sur 8h en CO (mg/m3)	Moyenne annuelle en benzène (µg/m3)	Percentile 99,2 journalier en SO2 (µg/m3)	Percentile 99,7 horaire en SO2 (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en arsenic (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en nickel (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en benzo(a)pyrene (µg/m3)
Pt 1-0	38,40	77,50	24,07	24,59	14,21	3,64	1,63	0,81	1,56	3,45E-04	1,08E-03	1,08E-05
Pt 2-0	34,03	73,93	23,57	23,96	13,75	3,62	1,48	0,60	1,40	3,36E-04	1,06E-03	7,01E-06
Pt 3-1	28,79	49,59	22,89	22,69	13,20	3,55	1,30	0,24	0,66	3,22E-04	1,02E-03	9,42E-07
Pt4-0	30,14	54,77	22,98	22,82	13,32	3,56	1,34	0,30	0,79	3,23E-04	1,02E-03	1,42E-06
Pt 5-0	31,37	56,03	23,02	22,88	13,40	3,56	1,38	0,37	0,80	3,79E-04	1,19E-03	2,57E-05
Pt 6-0	29,34	49,14	22,87	22,61	13,23	3,55	1,31	0,26	0,64	4,42E-04	1,38E-03	5,33E-05
Pt 7-0	32,04	59,18	23,07	23,01	13,46	3,57	1,40	0,42	0,86	3,56E-04	1,12E-03	1,56E-05
Pt 8-0	33,89	64,94	23,24	23,29	13,64	3,58	1,46	0,53	1,05	3,66E-04	1,15E-03	2,02E-05
Pt 9-0	26,96	36,59	22,73	22,34	13,04	3,53	1,24	0,10	0,35	3,20E-04	1,01E-03	5,31E-17
Pt 10-0	32,90	61,62	23,21	23,18	13,57	3,58	1,43	0,49	0,98	3,27E-04	1,03E-03	3,14E-06
Pt 11-1	33,67	66,93	23,71	24,17	13,74	3,60	1,46	0,50	1,15	3,28E-04	1,04E-03	3,67E-06
Pt 12-0	34,72	77,94	23,66	24,16	13,82	3,64	1,51	0,65	1,59	4,95E-04	1,54E-03	7,67E-05
Pt 13-1	29,34	49,72	22,95	22,76	13,25	3,56	1,32	0,26	0,66	3,24E-04	1,02E-03	1,67E-06
Pt 14-0	29,70	51,62	22,90	22,68	13,26	3,56	1,33	0,29	0,70	3,99E-04	1,25E-03	3,45E-05
Pt 15-1	31,22	56,73	23,03	22,88	13,40	3,57	1,38	0,39	0,84	3,25E-04	1,03E-03	2,19E-06
Ecole	35,86	69,04	24,22	25,35	14,40	3,60	1,55	0,74	1,20	4,32E-04	1,35E-03	4,88E-05
Crèche	27,56	44,77	22,63	22,88	13,40	3,54	1,25	0,31	0,52	3,39E-04	1,07E-03	8,30E-06
Maximum récepteur	38,40	77,94	24,22	25,35	14,40	3,64	1,63	0,81	1,59	4,95E-04	1,54E-03	7,67E-05
Valeur réglementaire	40	200	40	50	25	10	5	125	350	6,00E-03	2,00E-02	1,00E-03

Concentration moyenne annuelle en 1,3 butadiène (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en benzo(g,h,i)perylene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en acénaphthylène (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en anthracene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en fluorene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en fluoranthene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en phenantrene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en pyrene (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en Cr VI (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en Cr III (µg/m3)	Concentration moyenne annuelle en benzo(a)pyrene eq (µg/m3)
8,82E-02	8,53E-05	3,78E-04	1,25E-04	9,23E-05	3,78E-04	1,41E-03	5,28E-04	4,70E-07	4,23E-06	7,55E-05
6,22E-02	6,08E-05	2,69E-04	8,94E-05	6,58E-05	2,69E-04	1,00E-03	3,77E-04	3,04E-07	2,74E-06	5,38E-05
3,15E-02	2,67E-05	1,19E-04	3,92E-05	2,86E-05	1,19E-04	4,40E-04	1,65E-04	4,08E-08	3,67E-07	2,34E-05
3,96E-02	3,16E-05	1,40E-04	4,64E-05	3,38E-05	1,40E-04	5,20E-04	1,96E-04	6,14E-08	5,53E-07	2,76E-05
5,01E-02	3,63E-05	1,63E-04	5,32E-05	3,77E-05	1,63E-04	5,97E-04	2,25E-04	1,12E-06	1,01E-05	3,08E-05
3,60E-02	2,66E-05	1,19E-04	3,91E-05	2,82E-05	1,19E-04	4,39E-04	1,65E-04	2,31E-06	2,08E-05	2,31E-05
5,53E-02	4,01E-05	1,80E-04	5,88E-05	4,12E-05	1,80E-04	6,59E-04	2,48E-04	6,78E-07	6,10E-06	3,37E-05
6,81E-02	5,07E-05	2,28E-04	7,44E-05	5,19E-05	2,28E-04	8,34E-04	3,14E-04	8,75E-07	7,88E-06	4,25E-05
2,01E-02	1,79E-05	7,92E-05	2,63E-05	1,94E-05	7,92E-05	2,95E-04	1,11E-04	2,30E-18	2,07E-17	1,59E-05
5,72E-02	4,49E-05	2,00E-04	6,59E-05	4,75E-05	2,00E-04	7,39E-04	2,78E-04	1,36E-07	1,22E-06	3,89E-05
5,94E-02	6,78E-05	3,01E-04	9,97E-05	7,34E-05	3,01E-04	1,12E-03	4,20E-04	1,59E-07	1,43E-06	6,00E-05
6,67E-02	6,53E-05	2,90E-04	9,61E-05	7,08E-05	2,90E-04	1,08E-03	4,05E-04	3,32E-06	2,99E-05	5,79E-05
3,53E-02	3,10E-05	1,38E-04	4,55E-05	3,29E-05	1,38E-04	5,10E-04	1,92E-04	7,25E-08	6,53E-07	2,69E-05
3,80E-02	2,84E-05	1,27E-04	4,17E-05	3,01E-05	1,27E-04	4,68E-04	1,76E-04	1,49E-06	1,34E-05	2,46E-05
4,75E-02	3,58E-05	1,60E-04	5,25E-05	3,77E-05	1,60E-04	5,89E-04	2,22E-04	9,47E-08	8,52E-07	3,08E-05
7,33E-02	8,55E-05	3,80E-04	1,26E-04	9,17E-05	3,80E-04	1,41E-03	5,30E-04	2,11E-06	1,90E-05	7,49E-05
2,79E-02	1,73E-05	7,75E-05	2,53E-05	1,79E-05	7,75E-05	2,84E-04	1,07E-04	3,60E-07	3,24E-06	1,46E-05

* Les bruits de fond sont intégrés, lorsqu'ils sont disponibles, aux concentrations modélisées.

▶ Dépôts moyens annuels ($\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$)

benzo(g,h,i)perylene	acenaphtene	anthracene	fluorene	fluoranthene	phenantrene	pyrene	benzo(a)pyrene	benzo(a)pyrene eq
7,73E-06	3,42E-05	1,14E-05	8,38E-06	3,42E-05	1,27E-04	4,79E-05	9,56E-07	6,85E-06
5,63E-06	2,50E-05	8,28E-06	6,10E-06	2,50E-05	9,29E-05	3,49E-05	6,25E-07	4,99E-06
2,24E-06	9,96E-06	3,29E-06	2,40E-06	9,96E-06	3,69E-05	1,39E-05	7,14E-08	1,97E-06
2,84E-06	1,26E-05	4,17E-06	3,04E-06	1,26E-05	4,68E-05	1,76E-05	1,22E-07	2,49E-06
3,19E-06	1,43E-05	4,68E-06	3,31E-06	1,43E-05	5,24E-05	1,98E-05	1,10E-06	2,70E-06
2,35E-06	1,05E-05	3,46E-06	2,49E-06	1,05E-05	3,87E-05	1,46E-05	1,77E-06	2,03E-06
3,50E-06	1,57E-05	5,13E-06	3,60E-06	1,57E-05	5,75E-05	2,17E-05	1,28E-06	2,95E-06
4,45E-06	2,00E-05	6,52E-06	4,56E-06	2,00E-05	7,31E-05	2,75E-05	8,39E-07	3,73E-06
1,58E-06	6,98E-06	2,32E-06	1,71E-06	6,98E-06	2,60E-05	9,77E-06	4,70E-18	1,40E-06
4,02E-06	1,79E-05	5,90E-06	4,26E-06	1,79E-05	6,62E-05	2,49E-05	2,77E-07	3,48E-06
5,44E-06	2,41E-05	8,00E-06	5,89E-06	2,41E-05	8,97E-05	3,37E-05	5,43E-07	4,82E-06
5,87E-06	2,60E-05	8,62E-06	6,36E-06	2,60E-05	9,67E-05	3,63E-05	4,39E-06	5,20E-06
2,58E-06	1,15E-05	3,79E-06	2,74E-06	1,15E-05	4,25E-05	1,60E-05	5,38E-07	2,24E-06
2,51E-06	1,12E-05	3,69E-06	2,66E-06	1,12E-05	4,14E-05	1,56E-05	1,13E-06	2,18E-06
3,19E-06	1,42E-05	4,69E-06	3,37E-06	1,42E-05	5,25E-05	1,98E-05	1,88E-07	2,75E-06
3,37E-06	1,50E-05	4,94E-06	3,54E-06	1,50E-05	5,54E-05	2,09E-05	1,78E-06	2,90E-06
1,52E-06	6,84E-06	2,24E-06	1,58E-06	6,84E-06	2,51E-05	9,45E-06	7,31E-07	1,29E-06

Annexe 7. Hypothèses et détails des doses d'exposition

Cette annexe contient 1 page.

INHALATION DE SUBSTANCES DANS L'AIR EXTERIEUR ET/OU INTERIEUR

► Inhalation de substances gazeuses et particulaires

Pour la voie respiratoire, la dose d'exposition est généralement remplacée par la concentration inhalée. Lorsque l'on considère des expositions de longue durée, on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée par jour, retranscrite par l'équation générique suivante :

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

Avec : CI : concentration moyenne d'exposition

C_i : concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i (en mg/m³)

t_i : fraction du temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée

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 – sans dimension)

T : durée d'exposition (en années)

T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée

Les périodes de temps sur lesquelles l'exposition est moyennée (T_m) sont prises égales à :

- 70 ans (correspondant à la durée de vie considérée par l'ensemble des organismes nationaux et internationaux pour l'établissement de valeurs toxicologiques et l'évaluation des risques) pour les effets cancérogènes quel que soit la cible considérée,
- T (correspondant à durée d'exposition) pour les effets toxiques à seuil quel que soit la cible considérée.

Les volumes respiratoires moyens sont pris égaux à 20 m³/jour pour les adultes et les enfants à partir de 7 ans en référence aux débits considérés par les organismes internationaux pour la dérivation des valeurs toxicologiques. On notera cependant que la moyenne établie pour les hommes et les femmes adultes à partir des données de CIBLEX sont de 25,7 m³/jour en période active et 17,5 m³/jour en période de sommeil, pour les enfants de 7 à 12 ans, la moyenne est de 20,9 m³/jour et de 21,4 m³/jour pour les adolescents de 12 à 17 ans.

Pour les enfants de 0 à 7 ans, le volume respiratoire considéré est de 10 m³/jour (moyenne entre les garçons et les filles en période active à partir des données de CIBLEX).

Rappelons que ces volumes respiratoires ne sont pris en compte que pour la dérivation des valeurs toxicologiques de la voie orale à la voie inhalation le cas échéant ; en l'absence de dérivation, ils n'interviennent pas dans les calculs des risques sanitaires.

Annexe 8. Résultats des calculs de risque au droit des récepteurs

Cette annexe contient 6 pages.

SCENARIO « ACTUEL »
► Quotient de danger

Adulte / Enfant

Récepteur	1,3 butadiène	benzène	As	Ni	Cr VI	Cr III	BaP	QD sommé
Pt 1-0	0,062	0,173	0,027	0,006	0	0	0,027	0,295
Pt 2-0	0,035	0,143	0,025	0,005	0	0	0,014	0,222
Pt 3-1	0,01	0,119	0,022	0,005	0	0	0,003	0,159
Pt4-0	0,017	0,125	0,022	0,005	0	0	0,005	0,174
Pt 5-0	0,034	0,142	0,024	0,005	0	0	0,012	0,217
Pt 6-0	0,023	0,133	0,024	0,005	0	0	0,01	0,195
Pt 7-0	0,04	0,147	0,024	0,005	0	0	0,012	0,228
Pt 8-0	0,046	0,15	0,024	0,005	0	0	0,013	0,238
Pt 9-0	0	0,11	0,021	0,004	0	0	0	0,135
Pt 10-0	0,033	0,14	0,024	0,005	0	0	0,01	0,212
Pt 11-1	0,032	0,141	0,025	0,005	0	0	0,017	0,220
Pt 12-0	0,038	0,147	0,025	0,005	0	0	0,016	0,231
Pt 13-1	0,013	0,122	0,022	0,005	0	0	0,005	0,167
Pt 14-0	0,017	0,125	0,022	0,005	0	0	0,004	0,173
Pt 15-1	0,024	0,131	0,023	0,005	0	0	0,006	0,189
Ecole	0,042	0,152	0,026	0,005	0	0	0,02	0,245
Crèche	0,029	0,139	0,024	0,005	0	0	0,013	0,210

► ERI

Adulte

Récepteur	1,3 butadiène	benzène	As	Ni	Cr VI	BaP eq	ERI sommé adulte
Pt 1-0	9,03E-06	1,92E-05	2,64E-08	9,34E-08	4,46E-09	2,32E-08	2,84E-05
Pt 2-0	5,03E-06	1,59E-05	2,37E-08	8,43E-08	2,42E-09	1,33E-08	2,11E-05
Pt 3-1	1,46E-06	1,33E-05	2,12E-08	7,59E-08	5,16E-10	2,82E-09	1,48E-05
Pt4-0	2,43E-06	1,40E-05	2,16E-08	7,71E-08	7,94E-10	4,31E-09	1,65E-05
Pt 5-0	4,98E-06	1,58E-05	2,32E-08	8,27E-08	2,05E-09	1,04E-08	2,09E-05
Pt 6-0	3,38E-06	1,48E-05	2,27E-08	8,09E-08	1,65E-09	7,88E-09	1,83E-05
Pt 7-0	5,87E-06	1,64E-05	2,32E-08	8,27E-08	2,05E-09	1,08E-08	2,24E-05
Pt 8-0	6,66E-06	1,67E-05	2,35E-08	8,35E-08	2,23E-09	1,23E-08	2,35E-05
Pt 9-0	9,03E-12	1,23E-05	2,06E-08	7,36E-08	4,80E-20	2,65E-19	1,24E-05
Pt 10-0	4,76E-06	1,56E-05	2,27E-08	8,08E-08	1,61E-09	8,79E-09	2,05E-05
Pt 11-1	4,71E-06	1,58E-05	2,43E-08	8,65E-08	2,90E-09	1,55E-08	2,06E-05
Pt 12-0	5,57E-06	1,64E-05	2,41E-08	8,56E-08	2,70E-09	1,47E-08	2,21E-05
Pt 13-1	1,95E-06	1,36E-05	2,16E-08	7,70E-08	7,61E-10	4,23E-09	1,56E-05
Pt 14-0	2,43E-06	1,39E-05	2,14E-08	7,66E-08	6,71E-10	3,69E-09	1,64E-05
Pt 15-1	3,49E-06	1,46E-05	2,19E-08	7,81E-08	1,02E-09	5,71E-09	1,82E-05
Ecole	6,06E-06	1,69E-05	2,50E-08	8,87E-08	3,40E-09	1,63E-08	2,31E-05
Crèche	4,27E-06	1,55E-05	2,33E-08	8,30E-08	2,12E-09	1,03E-08	1,98E-05

Enfant

Récepteur	1,3 butadiène	benzène	As	Ni	Cr VI	BaP eq	ERI sommé enfant
Pt 1-0	1,81E-06	3,84E-06	5,27E-09	1,87E-08	8,91E-10	4,65E-09	5,68E-06
Pt 2-0	1,01E-06	3,18E-06	4,74E-09	1,69E-08	4,84E-10	2,66E-09	4,21E-06
Pt 3-1	2,91E-07	2,65E-06	4,25E-09	1,52E-08	1,03E-10	5,65E-10	2,97E-06
Pt4-0	4,85E-07	2,79E-06	4,32E-09	1,54E-08	1,59E-10	8,62E-10	3,30E-06
Pt 5-0	9,97E-07	3,16E-06	4,65E-09	1,65E-08	4,09E-10	2,08E-09	4,18E-06
Pt 6-0	6,76E-07	2,97E-06	4,54E-09	1,62E-08	3,29E-10	1,58E-09	3,66E-06
Pt 7-0	1,17E-06	3,28E-06	4,65E-09	1,65E-08	4,11E-10	2,16E-09	4,47E-06
Pt 8-0	1,33E-06	3,34E-06	4,69E-09	1,67E-08	4,45E-10	2,47E-09	4,70E-06
Pt 9-0	1,81E-12	2,45E-06	4,11E-09	1,47E-08	9,61E-21	5,30E-20	2,47E-06
Pt 10-0	9,53E-07	3,12E-06	4,53E-09	1,62E-08	3,23E-10	1,76E-09	4,10E-06
Pt 11-1	9,43E-07	3,15E-06	4,87E-09	1,73E-08	5,80E-10	3,11E-09	4,12E-06
Pt 12-0	1,11E-06	3,27E-06	4,82E-09	1,71E-08	5,40E-10	2,95E-09	4,41E-06
Pt 13-1	3,89E-07	2,72E-06	4,31E-09	1,54E-08	1,52E-10	8,45E-10	3,13E-06
Pt 14-0	4,85E-07	2,78E-06	4,29E-09	1,53E-08	1,34E-10	7,37E-10	3,29E-06
Pt 15-1	6,98E-07	2,93E-06	4,38E-09	1,56E-08	2,05E-10	1,14E-09	3,65E-06
Ecole	1,21E-06	3,39E-06	5,00E-09	1,77E-08	6,80E-10	3,25E-09	4,63E-06
Crèche	8,54E-07	3,09E-06	4,66E-09	1,66E-08	4,23E-10	2,06E-09	3,97E-06

SCENARIO « FUTUR SANS PROJET »
► Quotient de danger
Adulte / Enfant

Récepteur	1,3 butadiène	benzène	As	Ni	Cr VI	Cr III	BaP	QD sommé
Pt 1-0	0,062	0,173	0,027	0,006	0,000	0,000	0,027	0,294
Pt 2-0	0,035	0,143	0,025	0,005	0,000	0,000	0,014	0,221
Pt 3-1	0,010	0,119	0,022	0,005	0,000	0,000	0,003	0,159
Pt4-0	0,017	0,125	0,022	0,005	0,000	0,000	0,005	0,174
Pt 5-0	0,034	0,142	0,024	0,005	0,000	0,000	0,012	0,217
Pt 6-0	0,023	0,133	0,024	0,005	0,000	0,000	0,010	0,195
Pt 7-0	0,040	0,147	0,024	0,005	0,000	0,000	0,012	0,229
Pt 8-0	0,046	0,150	0,024	0,005	0,000	0,000	0,013	0,238
Pt 9-0	0,000	0,110	0,021	0,004	0,000	0,000	0,000	0,136
Pt 10-0	0,033	0,140	0,024	0,005	0,000	0,000	0,010	0,211
Pt 11-1	0,032	0,141	0,025	0,005	0,000	0,000	0,017	0,221
Pt 12-0	0,038	0,147	0,025	0,005	0,000	0,000	0,016	0,231
Pt 13-1	0,013	0,122	0,022	0,005	0,000	0,000	0,005	0,167
Pt 14-0	0,017	0,125	0,022	0,005	0,000	0,000	0,004	0,172
Pt 15-1	0,024	0,131	0,023	0,005	0,000	0,000	0,006	0,189
Ecole	0,042	0,152	0,026	0,005	0,000	0,000	0,020	0,245
Crèche	0,029	0,139	0,024	0,005	0,000	0,000	0,013	0,210

*Les résultats indiqués 0,000 sont inférieurs à 0,001.

► ERI
Adulte

Récepteur	1,3 butadiène	benzène	As	Ni	Cr VI	BaP eq	ERI sommé adulte
Pt 1-0	5,66E-06	1,74E-05	2,64E-08	9,34E-08	4,40E-09	1,72E-08	2,32E-05
Pt 2-0	3,77E-06	1,57E-05	2,45E-08	8,70E-08	2,98E-09	1,17E-08	1,96E-05
Pt 3-1	1,53E-06	1,37E-05	2,19E-08	7,83E-08	1,04E-09	3,83E-09	1,53E-05
Pt4-0	2,12E-06	1,42E-05	2,23E-08	7,95E-08	1,30E-09	4,94E-09	1,64E-05
Pt 5-0	2,89E-06	1,46E-05	2,24E-08	7,99E-08	1,40E-09	5,73E-09	1,75E-05
Pt 6-0	1,86E-06	1,39E-05	2,19E-08	7,80E-08	9,87E-10	3,75E-09	1,58E-05
Pt 7-0	3,26E-06	1,48E-05	2,26E-08	8,06E-08	1,55E-09	6,51E-09	1,82E-05
Pt 8-0	4,20E-06	1,55E-05	2,33E-08	8,28E-08	2,05E-09	8,74E-09	1,98E-05
Pt 9-0	6,99E-07	1,30E-05	2,13E-08	7,62E-08	5,84E-10	1,91E-09	1,38E-05
Pt 10-0	3,40E-06	1,52E-05	2,32E-08	8,25E-08	1,97E-09	7,82E-09	1,87E-05
Pt 11-1	3,56E-06	1,55E-05	2,50E-08	8,89E-08	3,39E-09	1,32E-08	1,92E-05
Pt 12-0	4,09E-06	1,60E-05	2,48E-08	8,82E-08	3,24E-09	1,27E-08	2,02E-05
Pt 13-1	1,81E-06	1,39E-05	2,22E-08	7,91E-08	1,23E-09	4,73E-09	1,58E-05
Pt 14-0	2,00E-06	1,40E-05	2,20E-08	7,85E-08	1,09E-09	4,17E-09	1,61E-05
Pt 15-1	2,70E-06	1,45E-05	2,25E-08	8,02E-08	1,46E-09	5,76E-09	1,73E-05
Ecole	3,76E-06	1,57E-05	2,51E-08	8,89E-08	3,40E-09	1,20E-08	1,96E-05
Crèche	2,55E-06	1,45E-05	2,33E-08	8,29E-08	2,05E-09	7,39E-09	1,72E-05

Enfant

Récepteur	1,3 butadiène	benzène	As	Ni	Cr VI	BaP eq	ERI sommé enfant
Pt 1-0	1,13E-06	3,48E-06	5,27E-09	1,87E-08	8,79E-10	3,45E-09	4,64E-06
Pt 2-0	7,53E-07	3,14E-06	4,90E-09	1,74E-08	5,97E-10	2,33E-09	3,92E-06
Pt 3-1	3,06E-07	2,73E-06	4,39E-09	1,57E-08	2,07E-10	7,66E-10	3,06E-06
Pt4-0	4,24E-07	2,83E-06	4,46E-09	1,59E-08	2,61E-10	9,87E-10	3,28E-06
Pt 5-0	5,77E-07	2,91E-06	4,48E-09	1,60E-08	2,81E-10	1,15E-09	3,51E-06
Pt 6-0	3,72E-07	2,77E-06	4,37E-09	1,56E-08	1,97E-10	7,51E-10	3,16E-06
Pt 7-0	6,53E-07	2,96E-06	4,52E-09	1,61E-08	3,11E-10	1,30E-09	3,63E-06
Pt 8-0	8,39E-07	3,10E-06	4,66E-09	1,66E-08	4,10E-10	1,75E-09	3,96E-06
Pt 9-0	1,40E-07	2,61E-06	4,27E-09	1,52E-08	1,17E-10	3,83E-10	2,77E-06
Pt 10-0	6,80E-07	3,03E-06	4,63E-09	1,65E-08	3,93E-10	1,56E-09	3,74E-06
Pt 11-1	7,13E-07	3,10E-06	5,01E-09	1,78E-08	6,79E-10	2,65E-09	3,84E-06
Pt 12-0	8,19E-07	3,20E-06	4,97E-09	1,76E-08	6,48E-10	2,54E-09	4,04E-06
Pt 13-1	3,61E-07	2,77E-06	4,44E-09	1,58E-08	2,46E-10	9,46E-10	3,16E-06
Pt 14-0	4,01E-07	2,80E-06	4,40E-09	1,57E-08	2,18E-10	8,33E-10	3,22E-06
Pt 15-1	5,39E-07	2,91E-06	4,50E-09	1,60E-08	2,92E-10	1,15E-09	3,47E-06
Ecole	7,53E-07	3,14E-06	5,01E-09	1,78E-08	6,81E-10	2,41E-09	3,92E-06
Crèche	5,11E-07	2,91E-06	4,66E-09	1,66E-08	4,11E-10	1,48E-09	3,44E-06

SCENARIO « FUTUR AVEC PROJET »
► Quotient de danger

Adulte / Enfant

Récepteur	1,3 butadiène	benzène	As	Ni	Cr VI	Cr III	BaP	QD sommé
Pt 1-0	0,044	0,163	0,023	0,005	0,000	0,000	0,005	0,241
Pt 2-0	0,031	0,148	0,022	0,005	0,000	0,000	0,004	0,210
Pt 3-1	0,016	0,130	0,021	0,004	0,000	0,000	0,000	0,172
Pt4-0	0,020	0,134	0,022	0,004	0,000	0,000	0,001	0,181
Pt 5-0	0,025	0,138	0,025	0,005	0,000	0,000	0,013	0,206
Pt 6-0	0,018	0,131	0,029	0,006	0,000	0,000	0,027	0,212
Pt 7-0	0,028	0,140	0,024	0,005	0,000	0,000	0,008	0,204
Pt 8-0	0,034	0,146	0,024	0,005	0,000	0,000	0,010	0,220
Pt 9-0	0,010	0,124	0,021	0,004	0,000	0,000	0,000	0,160
Pt 10-0	0,029	0,143	0,022	0,004	0,000	0,000	0,002	0,200
Pt 11-1	0,030	0,146	0,022	0,005	0,000	0,000	0,002	0,204
Pt 12-0	0,033	0,151	0,033	0,007	0,000	0,000	0,038	0,262
Pt 13-1	0,018	0,132	0,022	0,004	0,000	0,000	0,001	0,176
Pt 14-0	0,019	0,133	0,027	0,005	0,000	0,000	0,017	0,201
Pt 15-1	0,024	0,138	0,022	0,004	0,000	0,000	0,001	0,188
Ecole	0,037	0,155	0,029	0,006	0,000	0,000	0,024	0,251
Crèche	0,014	0,125	0,023	0,005	0,000	0,000	0,004	0,170

*Les résultats indiqués 0,000 sont inférieurs à 0,001.

► ERI

Adulte

Récepteur	1,3 butadiène	benzène	As	Ni	Cr VI	BaP eq	ERI sommé adulte
Pt 1-0	6,43E-06	1,82E-05	2,22E-08	7,90E-08	1,21E-09	1,94E-08	2,47E-05
Pt 2-0	4,53E-06	1,65E-05	2,16E-08	7,71E-08	7,82E-10	1,38E-08	2,11E-05
Pt 3-1	2,30E-06	1,45E-05	2,07E-08	7,41E-08	1,05E-10	6,01E-09	1,69E-05
Pt4-0	2,89E-06	1,50E-05	2,08E-08	7,43E-08	1,58E-10	7,11E-09	1,79E-05
Pt 5-0	3,65E-06	1,53E-05	2,44E-08	8,66E-08	2,88E-09	7,91E-09	1,91E-05
Pt 6-0	2,62E-06	1,46E-05	2,84E-08	1,00E-07	5,94E-09	5,93E-09	1,74E-05
Pt 7-0	4,03E-06	1,56E-05	2,29E-08	8,15E-08	1,74E-09	8,67E-09	1,97E-05
Pt 8-0	4,96E-06	1,63E-05	2,35E-08	8,37E-08	2,25E-09	1,09E-08	2,13E-05
Pt 9-0	1,46E-06	1,38E-05	2,06E-08	7,36E-08	5,91E-21	4,09E-09	1,54E-05
Pt 10-0	4,17E-06	1,60E-05	2,10E-08	7,52E-08	3,50E-10	9,99E-09	2,02E-05
Pt 11-1	4,33E-06	1,63E-05	2,11E-08	7,54E-08	4,09E-10	1,54E-08	2,08E-05
Pt 12-0	4,86E-06	1,68E-05	3,18E-08	1,12E-07	8,54E-09	1,49E-08	2,18E-05
Pt 13-1	2,57E-06	1,47E-05	2,08E-08	7,44E-08	1,86E-10	6,91E-09	1,73E-05
Pt 14-0	2,77E-06	1,48E-05	2,56E-08	9,09E-08	3,83E-09	6,33E-09	1,77E-05
Pt 15-1	3,46E-06	1,53E-05	2,09E-08	7,47E-08	2,44E-10	7,93E-09	1,89E-05
Ecole	5,34E-06	1,73E-05	2,77E-08	9,81E-08	5,44E-09	1,93E-08	2,28E-05
Crèche	2,03E-06	1,39E-05	2,18E-08	7,78E-08	9,25E-10	3,75E-09	1,61E-05

Enfant

Récepteur	1,3 butadiène	benzène	As	Ni	Cr VI	BaP eq	ERI sommé enfant
Pt 1-0	1,29E-06	3,64E-06	4,43E-09	1,58E-08	2,42E-10	3,88E-09	4,95E-06
Pt 2-0	9,07E-07	3,30E-06	4,32E-09	1,54E-08	1,56E-10	2,77E-09	4,23E-06
Pt 3-1	4,59E-07	2,89E-06	4,14E-09	1,48E-08	2,10E-11	1,20E-09	3,37E-06
Pt4-0	5,77E-07	2,99E-06	4,16E-09	1,49E-08	3,16E-11	1,42E-09	3,59E-06
Pt 5-0	7,30E-07	3,07E-06	4,87E-09	1,73E-08	5,76E-10	1,58E-09	3,82E-06
Pt 6-0	5,24E-07	2,93E-06	5,68E-09	2,01E-08	1,19E-09	1,19E-09	3,48E-06
Pt 7-0	8,06E-07	3,12E-06	4,57E-09	1,63E-08	3,49E-10	1,73E-09	3,94E-06
Pt 8-0	9,92E-07	3,25E-06	4,71E-09	1,67E-08	4,50E-10	2,18E-09	4,27E-06
Pt 9-0	2,93E-07	2,76E-06	4,11E-09	1,47E-08	1,18E-21	8,17E-10	3,08E-06
Pt 10-0	8,34E-07	3,19E-06	4,21E-09	1,50E-08	6,99E-11	2,00E-09	4,05E-06
Pt 11-1	8,65E-07	3,26E-06	4,22E-09	1,51E-08	8,18E-11	3,08E-09	4,15E-06
Pt 12-0	9,72E-07	3,35E-06	6,36E-09	2,24E-08	1,71E-09	2,98E-09	4,36E-06
Pt 13-1	5,14E-07	2,93E-06	4,16E-09	1,49E-08	3,73E-11	1,38E-09	3,47E-06
Pt 14-0	5,53E-07	2,96E-06	5,13E-09	1,82E-08	7,66E-10	1,27E-09	3,53E-06
Pt 15-1	6,92E-07	3,06E-06	4,18E-09	1,49E-08	4,87E-11	1,59E-09	3,78E-06
Ecole	1,07E-06	3,46E-06	5,55E-09	1,96E-08	1,09E-09	3,85E-09	4,56E-06
Crèche	4,06E-07	2,79E-06	4,36E-09	1,56E-08	1,85E-10	7,51E-10	3,21E-06

Annexe 9. Détail de la monétarisation des coûts collectifs

Cette annexe contient 3 pages.

COUTS COLLECTIFS - SCENARIO « ACTUEL »

Coûts liés à la pollution de l'air											
Tronçon	Longueur du brin (km)	Véhicules particuliers (VP)			Véhicules légers (VUL)			Poids lourds (PL)			Coût global €/jour
		Nb de VP/j (TMJA)	Nb de VP.km/j	Coûts VP (€/jour)	Nb de VUL/j (TMJA)	Nb de VUL.km/j	Coûts VUL (€/jour)	Nb de PL/j (TMJA)	Nb de PL.km/j	Coûts PL (€/jour)	
1	0,16640787	29783	4,96E+03	7,83E+02	6222	1,04E+03	3,34E+02	2153	3,58E+02	6,69E+02	1,79E+03
2	0,27051889	25727	6,96E+03	1,10E+03	5375	1,45E+03	4,70E+02	1859	5,03E+02	9,38E+02	2,51E+03
3	0,16751805	3186	5,34E+02	8,43E+01	666	1,12E+02	3,60E+01	230	3,85E+01	7,19E+01	1,92E+02
4	0,07702492	1763	1,36E+02	2,15E+01	368	2,83E+01	9,16E+00	127	9,78E+00	1,83E+01	4,89E+01
5	0,22706959	19333	4,39E+03	6,94E+02	4039	9,17E+02	2,96E+02	1397	3,17E+02	5,92E+02	1,58E+03
6	1,00244215	61475	6,16E+04	9,74E+03	12843	1,29E+04	4,16E+03	4443	4,45E+03	8,31E+03	2,22E+04
7	0,06332303	30897	1,96E+03	3,09E+02	6455	4,09E+02	1,32E+02	2233	1,41E+02	2,64E+02	7,05E+02
8	0,09837672	3091	3,04E+02	4,80E+01	646	6,36E+01	2,05E+01	223	2,19E+01	4,09E+01	1,10E+02
9	0,20802773	20210	4,20E+03	6,64E+02	4222	8,78E+02	2,84E+02	1461	3,04E+02	5,67E+02	1,52E+03
10	0,07535342	18018	1,36E+03	2,15E+02	3764	2,84E+02	9,16E+01	1302	9,81E+01	1,83E+02	4,89E+02
11	0,09045931	3186	2,88E+02	4,55E+01	666	6,02E+01	1,95E+01	230	2,08E+01	3,88E+01	1,04E+02
12	0,1211088	25727	3,12E+03	4,92E+02	5375	6,51E+02	2,10E+02	1859	2,25E+02	4,20E+02	1,12E+03
13	0,2281009	2252	5,14E+02	8,12E+01	471	1,07E+02	3,47E+01	163	3,72E+01	6,94E+01	1,85E+02
14	0,10264067	26358	2,71E+03	4,27E+02	5506	5,65E+02	1,83E+02	1905	1,96E+02	3,65E+02	9,75E+02
15	0,25019189	21811	5,46E+03	8,62E+02	4557	1,14E+03	3,68E+02	1576	3,94E+02	7,36E+02	1,97E+03
16	0,14239158	25371	3,61E+03	5,71E+02	5300	7,55E+02	2,44E+02	1834	2,61E+02	4,87E+02	1,30E+03
17	0,0226842	1545	3,50E+01	5,54E+00	323	7,33E+00	2,37E+00	112	2,54E+00	4,74E+00	1,26E+01
18	0,0276179	27806	7,68E+02	1,21E+02	5809	1,60E+02	5,18E+01	2010	5,55E+01	1,04E+02	2,77E+02
19	0,11067681	2252	2,49E+02	3,94E+01	471	5,21E+01	1,68E+01	163	1,80E+01	3,37E+01	8,99E+01
20	0,10049116	17958	1,80E+03	2,85E+02	3752	3,77E+02	1,22E+02	1298	1,30E+02	2,43E+02	6,50E+02
21	0,12545308	4552	5,71E+02	9,02E+01	951	1,19E+02	3,85E+01	329	4,13E+01	7,70E+01	2,06E+02
22	0,16228134	1763	2,86E+02	4,52E+01	368	5,97E+01	1,93E+01	127	2,06E+01	3,85E+01	1,03E+02
23	0,19576261	3527	6,90E+02	1,09E+02	737	1,44E+02	4,66E+01	255	4,99E+01	9,31E+01	2,49E+02
24	0,99873125	68767	6,87E+04	1,09E+04	14366	1,43E+04	4,63E+03	4970	4,96E+03	9,26E+03	2,47E+04
25	0,49678949	79845	3,97E+04	6,27E+03	16680	8,29E+03	2,68E+03	5771	2,87E+03	5,35E+03	1,43E+04
26	0,04361632	26933	1,17E+03	1,86E+02	5627	2,45E+02	7,93E+01	1947	8,49E+01	1,58E+02	4,23E+02
27	0,10936857	20210	2,21E+03	3,49E+02	4222	4,62E+02	1,49E+02	1461	1,60E+02	2,98E+02	7,97E+02
28	0,29092295	6148	1,79E+03	2,83E+02	1284	3,74E+02	1,21E+02	444	1,29E+02	2,41E+02	6,44E+02
29	0,26965788	51201	1,38E+04	2,18E+03	10696	2,88E+03	9,32E+02	3701	9,98E+02	1,86E+03	4,98E+03
30	0,09362821	70534	6,60E+03	1,04E+03	14735	1,38E+03	4,46E+02	5098	4,77E+02	8,91E+02	2,38E+03
31	0,05651392	82098	4,64E+03	7,33E+02	17151	9,69E+02	3,13E+02	5934	3,35E+02	6,26E+02	1,67E+03
32	0,44917248	74061	3,33E+04	5,26E+03	15472	6,95E+03	2,24E+03	5353	2,40E+03	4,49E+03	1,20E+04
33	0,05900847	89677	5,29E+03	8,36E+02	18734	1,11E+03	3,57E+02	6482	3,82E+02	7,14E+02	1,91E+03
34	0,12664178	13467	1,71E+03	2,69E+02	2813	3,56E+02	1,15E+02	973	1,23E+02	2,30E+02	6,14E+02
35	0,12440087	873	1,09E+02	1,72E+01	182	2,26E+01	7,31E+00	63	7,84E+00	1,46E+01	3,91E+01
36	0,17877118	18018	3,22E+03	5,09E+02	3764	6,73E+02	2,17E+02	1302	2,33E+02	4,34E+02	1,16E+03
37	0,07637391	16833	1,29E+03	2,03E+02	3517	2,69E+02	8,68E+01	1217	9,29E+01	1,73E+02	4,63E+02
38	0,20774424	22750	4,73E+03	7,47E+02	4753	9,87E+02	3,19E+02	1644	3,42E+02	6,37E+02	1,70E+03
39	0,29940145	53487	1,60E+04	2,53E+03	11174	3,35E+03	1,08E+03	3866	1,16E+03	2,16E+03	5,77E+03
40	0,02764221	55510	1,53E+03	2,42E+02	11597	3,21E+02	1,04E+02	4012	1,11E+02	2,07E+02	5,53E+02
41	0,06733807	44703	3,01E+03	4,76E+02	9339	6,29E+02	2,03E+02	3231	2,18E+02	4,06E+02	1,08E+03
42	0,08169852	24064	1,97E+03	3,11E+02	5027	4,11E+02	1,33E+02	1739	1,42E+02	2,65E+02	7,08E+02
43	0,16533132	19333	3,20E+03	5,05E+02	4039	6,68E+02	2,16E+02	1397	2,31E+02	4,31E+02	1,15E+03
44	0,05111389	1545	7,90E+01	1,25E+01	323	1,65E+01	5,33E+00	112	5,72E+00	1,07E+01	2,85E+01
45	0,02538216	22750	5,77E+02	9,12E+01	4753	1,21E+02	3,90E+01	1644	4,17E+01	7,79E+01	2,08E+02
46	0,74674354	7979	5,96E+03	9,41E+02	1667	1,24E+03	4,02E+02	577	4,31E+02	8,04E+02	2,15E+03
47	0,09370874	6531	6,12E+02	9,67E+01	1364	1,28E+02	4,13E+01	472	4,42E+01	8,25E+01	2,21E+02
48	0,44974394	6733	3,03E+03	4,78E+02	1407	6,33E+02	2,04E+02	487	2,19E+02	4,09E+02	1,09E+03
49	0,39228354	6733	2,64E+03	4,17E+02	1407	5,52E+02	1,78E+02	487	1,91E+02	3,56E+02	9,52E+02
50	0,09629539	6733	6,48E+02	1,02E+02	1407	1,35E+02	4,38E+01	487	4,69E+01	8,75E+01	2,34E+02
51	0,31622246	13096	4,14E+03	6,54E+02	2736	8,65E+02	2,79E+02	947	2,99E+02	5,59E+02	1,49E+03
52	0,31645409	7339	2,32E+03	3,67E+02	1533	4,85E+02	1,57E+02	530	1,68E+02	3,13E+02	8,37E+02
53	0,32438475	5757	1,87E+03	2,95E+02	1203	3,90E+02	1,26E+02	416	1,35E+02	2,52E+02	6,73E+02
54	0,43914945	1010	4,44E+02	7,01E+01	211	9,27E+01	2,99E+01	73	3,21E+01	5,98E+01	1,60E+02
55	0,11666436	673	7,85E+01	1,24E+01	141	1,64E+01	5,31E+00	49	5,72E+00	1,07E+01	2,84E+01
56	0,25061836	1751	4,39E+02	6,93E+01	366	9,17E+01	2,96E+01	127	3,18E+01	5,94E+01	1,58E+02
57	0,1149104	909	1,04E+02	1,65E+01	190	2,18E+01	7,05E+00	66	7,58E+00	1,42E+01	3,77E+01
58	0,03637149	438	1,59E+01	2,52E+00	91	3,31E+00	1,07E+00	32	1,16E+00	2,17E+00	5,76E+00
59	0,08341569	438	3,65E+01	5,77E+00	91	7,59E+00	2,45E+00	32	2,67E+00	4,98E+00	1,32E+01
60	0,2471284	438	1,08E+02	1,71E+01	91	2,25E+01	7,26E+00	32	7,91E+00	1,48E+01	3,91E+01

Coûts liés à l'effet de serre additionnel		
Tronçon	Consommation Énergétique	Coût global €/jour
	Teq CO2/jour	
1	1,50702465	7,55E+01
2	2,11605888	1,06E+02
3	0,16226139	8,12E+00
4	0,04125971	2,07E+00
5	1,33474491	6,68E+01
6	16,2021235	8,11E+02
7	0,59488951	2,98E+01
8	0,09242808	4,63E+00
9	1,27838805	6,40E+01
10	0,41280813	2,07E+01
11	0,0876208	4,39E+00
12	0,94734029	4,74E+01
13	0,15625756	7,82E+00
14	0,82258827	4,12E+01
15	1,65918359	8,31E+01
16	1,09848245	5,50E+01
17	0,01066374	5,34E-01
18	0,23350723	1,17E+01
19	0,07581769	3,80E+00
20	0,54872944	2,75E+01
21	0,17363318	8,69E+00
22	0,08692882	4,35E+00
23	0,2099541	1,05E+01
24	18,0567172	9,04E+02
25	12,0608246	6,04E+02
26	0,35720184	1,79E+01
27	0,67209993	3,37E+01
28	0,54372871	2,72E+01
29	4,1981336	2,10E+02
30	2,00799976	1,01E+02
31	1,41075564	7,06E+01
32	10,1149299	5,06E+02
33	1,60900534	8,06E+01
34	0,51852394	2,60E+01
35	0,03299954	1,65E+00
36	0,97936064	4,90E+01
37	0,39092909	1,96E+01
38	1,43700007	7,19E+01
39	4,86927253	2,44E+02
40	0,46655674	2,34E+01
41	0,91528984	4,58E+01
42	0,59775725	2,99E+01
43	0,97184082	4,87E+01
44	0,02402843	1,20E+00
45	0,17557271	8,79E+00
46	1,98755248	9,95E+01
47	0,20412007	1,02E+01
48	1,01020499	5,06E+01
49	0,88113821	4,41E+01
50	0,21629638	1,08E+01
51	1,38144006	6,92E+01
52	0,7745028	3,88E+01
53	0,62287963	3,12E+01
54	0,14794091	7,41E+00
55	0,0262366	1,31E+00
56	0,14648367	7,33E+00
57	0,03487081	1,75E+00
58	0,0053193	2,66E-01
59	0,0121995	6,11E-01
60	0,03614229	1,81E+00

COUTS COLLECTIFS - SCENARIO « FUTUR SANS PROJET »

Coûts liés à la pollution de l'air											
Tronçon	Longueur du brin (km)	Véhicules particuliers (VP)			Véhicules légers (VUL)			Poids lourds (PL)			Coût global €/jour
		Nb de VP/j (TMJA)	Nb de VP.km/j	Coûts VP (€/jour)	Nb de VUL/j (TMJA)	Nb de VUL.km/j	Coûts VUL (€/jour)	Nb de PL/j (TMJA)	Nb de PL.km/j	Coûts PL (€/jour)	
1	0,16635	29783	4,95E+03	4,68E+02	6222	1,04E+03	2,00E+02	2153	3,58E+02	3,99E+02	1,07E+03
2	0,27042	25727	6,96E+03	6,57E+02	5375	1,45E+03	2,81E+02	1859	5,03E+02	5,61E+02	1,50E+03
3	0,16746	3186	5,34E+02	5,04E+01	666	1,12E+02	2,15E+01	230	3,85E+01	4,29E+01	1,15E+02
4	0,077	1763	1,36E+02	1,28E+01	368	2,83E+01	5,47E+00	127	9,78E+00	1,09E+01	2,92E+01
5	0,22698	19333	4,39E+03	4,14E+02	4039	9,17E+02	1,77E+02	1397	3,17E+02	3,54E+02	9,45E+02
6	1,00207	61475	6,16E+04	5,82E+03	12843	1,29E+04	2,48E+03	4443	4,45E+03	4,96E+03	1,33E+04
7	0,0633	30897	1,96E+03	1,85E+02	6455	4,09E+02	7,89E+01	2233	1,41E+02	1,58E+02	4,21E+02
8	0,09834	3091	3,04E+02	2,87E+01	646	6,35E+01	1,23E+01	223	2,19E+01	2,45E+01	6,54E+01
9	0,20795	20210	4,20E+03	3,97E+02	4222	8,78E+02	1,69E+02	1461	3,04E+02	3,39E+02	9,05E+02
10	0,07533	18018	1,36E+03	1,28E+02	3764	2,84E+02	5,47E+01	1302	9,81E+01	1,09E+02	2,92E+02
11	0,09043	3186	2,88E+02	2,72E+01	666	6,02E+01	1,16E+01	230	2,08E+01	2,32E+01	6,20E+01
12	0,12106	25727	3,11E+03	2,94E+02	5375	6,51E+02	1,26E+02	1859	2,25E+02	2,51E+02	6,71E+02
13	0,22802	2252	5,14E+02	4,85E+01	471	1,07E+02	2,07E+01	163	3,72E+01	4,14E+01	1,11E+02
14	0,1026	26358	2,70E+03	2,55E+02	5506	5,65E+02	1,09E+02	1905	1,95E+02	2,18E+02	5,82E+02
15	0,2501	21811	5,45E+03	5,15E+02	4557	1,14E+03	2,20E+02	1576	3,94E+02	4,40E+02	1,17E+03
16	0,14234	25371	3,61E+03	3,41E+02	5300	7,54E+02	1,46E+02	1834	2,61E+02	2,91E+02	7,78E+02
17	0,02268	1545	3,50E+01	3,31E+00	323	7,33E+00	1,41E+00	112	2,54E+00	2,83E+00	7,55E+00
18	0,02761	27806	7,68E+02	7,25E+01	5809	1,60E+02	3,10E+01	2010	5,55E+01	6,19E+01	1,65E+02
19	0,11064	2252	2,49E+02	2,35E+01	471	5,21E+01	1,01E+01	163	1,80E+01	2,01E+01	5,37E+01
20	0,10045	17958	1,80E+03	1,70E+02	3752	3,77E+02	7,27E+01	1298	1,30E+02	1,45E+02	3,88E+02
21	0,12541	4552	5,71E+02	5,39E+01	951	1,19E+02	2,30E+01	329	4,13E+01	4,60E+01	1,23E+02
22	0,16222	1763	2,86E+02	2,70E+01	368	5,97E+01	1,15E+01	127	2,06E+01	2,30E+01	6,15E+01
23	0,19569	3527	6,90E+02	6,52E+01	737	1,44E+02	2,78E+01	255	4,99E+01	5,56E+01	1,49E+02
24	0,99836	68767	6,87E+04	6,48E+03	14366	1,43E+04	2,77E+03	4970	4,96E+03	5,53E+03	1,48E+04
25	0,4966	79845	3,97E+04	3,74E+03	16680	8,28E+03	1,60E+03	5771	2,87E+03	3,20E+03	8,54E+03
26	0,0436	26933	1,17E+03	1,11E+02	5627	2,45E+02	4,74E+01	1947	8,49E+01	9,47E+01	2,53E+02
27	0,10933	20210	2,21E+03	2,09E+02	4222	4,62E+02	8,91E+01	1461	1,60E+02	1,78E+02	4,76E+02
28	0,29081	6148	1,79E+03	1,69E+02	1284	3,73E+02	7,21E+01	444	1,29E+02	1,44E+02	3,85E+02
29	0,26956	51201	1,38E+04	1,30E+03	10696	2,88E+03	5,57E+02	3701	9,98E+02	1,11E+03	2,97E+03
30	0,09359	70534	6,60E+03	6,23E+02	14735	1,38E+03	2,66E+02	5098	4,77E+02	5,32E+02	1,42E+03
31	0,05649	82098	4,64E+03	4,38E+02	17151	9,69E+02	1,87E+02	5934	3,35E+02	3,74E+02	9,99E+02
32	0,449	74061	3,33E+04	3,14E+03	15472	6,95E+03	1,34E+03	5353	2,40E+03	2,68E+03	7,16E+03
33	0,05899	89677	5,29E+03	4,99E+02	18734	1,11E+03	2,13E+02	6482	3,82E+02	4,26E+02	1,14E+03
34	0,12659	13467	1,70E+03	1,61E+02	2813	3,56E+02	6,87E+01	973	1,23E+02	1,37E+02	3,67E+02
35	0,12435	873	1,09E+02	1,02E+01	182	2,26E+01	4,37E+00	63	7,83E+00	8,74E+00	2,34E+01
36	0,1787	18018	3,22E+03	3,04E+02	3764	6,73E+02	1,30E+02	1302	2,33E+02	2,59E+02	6,93E+02
37	0,07635	16833	1,29E+03	1,21E+02	3517	2,69E+02	5,18E+01	1217	9,29E+01	1,04E+02	2,77E+02
38	0,20767	22750	4,72E+03	4,46E+02	4753	9,87E+02	1,91E+02	1644	3,41E+02	3,81E+02	1,02E+03
39	0,29929	53487	1,60E+04	1,51E+03	11174	3,34E+03	6,45E+02	3866	1,16E+03	1,29E+03	3,45E+03
40	0,02763	55510	1,53E+03	1,45E+02	11597	3,20E+02	6,18E+01	4012	1,11E+02	1,24E+02	3,30E+02
41	0,06731	44703	3,01E+03	2,84E+02	9339	6,29E+02	1,21E+02	3231	2,17E+02	2,43E+02	6,48E+02
42	0,08167	24064	1,97E+03	1,86E+02	5027	4,11E+02	7,92E+01	1739	1,42E+02	1,58E+02	4,23E+02
43	0,16527	19333	3,20E+03	3,02E+02	4039	6,68E+02	1,29E+02	1397	2,31E+02	2,57E+02	6,88E+02
44	0,05109	1545	7,89E+01	7,45E+00	323	1,65E+01	3,19E+00	112	5,72E+00	6,38E+00	1,70E+01
45	0,02537	22750	5,77E+02	5,45E+01	4753	1,21E+02	2,33E+01	1644	4,17E+01	4,65E+01	1,24E+02
46	0,74646	7979	5,96E+03	5,62E+02	1667	1,24E+03	2,40E+02	577	4,31E+02	4,80E+02	1,28E+03
47	0,09367	6531	6,12E+02	5,78E+01	1364	1,28E+02	2,47E+01	472	4,42E+01	4,93E+01	1,32E+02
48	0,44957	6733	3,03E+03	2,86E+02	1407	6,33E+02	1,22E+02	487	2,19E+02	2,44E+02	6,52E+02
49	0,39214	6733	2,64E+03	2,49E+02	1407	5,52E+02	1,06E+02	487	1,91E+02	2,13E+02	5,69E+02
50	0,09626	6733	6,48E+02	6,12E+01	1407	1,35E+02	2,61E+01	487	4,69E+01	5,23E+01	1,40E+02
51	0,3161	13096	4,14E+03	3,91E+02	2736	8,65E+02	1,67E+02	947	2,99E+02	3,34E+02	8,92E+02
52	0,31634	7339	2,32E+03	2,19E+02	1533	4,85E+02	9,36E+01	530	1,68E+02	1,87E+02	5,00E+02
53	0,32426	5757	1,87E+03	1,76E+02	1203	3,90E+02	7,53E+01	416	1,35E+02	1,50E+02	4,02E+02
54	0,43898	1010	4,43E+02	4,19E+01	211	9,26E+01	1,79E+01	73	3,20E+01	3,57E+01	9,55E+01
55	0,11662	673	7,85E+01	7,41E+00	141	1,64E+01	3,17E+00	49	5,71E+00	6,37E+00	1,70E+01
56	0,25052	1751	4,39E+02	4,14E+01	366	9,17E+01	1,77E+01	127	3,18E+01	3,55E+01	9,46E+01
57	0,11487	909	1,04E+02	9,86E+00	190	2,18E+01	4,21E+00	66	7,58E+00	8,45E+00	2,25E+01
58	0,03636	438	1,59E+01	1,50E+00	91	3,31E+00	6,39E-01	32	1,16E+00	1,30E+00	3,44E+00
59	0,08338	438	3,65E+01	3,45E+00	91	7,59E+00	1,46E+00	32	2,67E+00	2,98E+00	7,89E+00
60	0,24704	438	1,08E+02	1,02E+01	91	2,25E+01	4,34E+00	32	7,91E+00	8,81E+00	2,34E+01

Coûts liés à l'effet de serre additionnel		
Tronçon	Consommation Énergétique	Coût global €/jour
	Teq CO2/jour	
1	1,44495058	1,80E+02
2	2,02890067	2,53E+02
3	0,1555773	1,94E+01
4	0,0395591	4,93E+00
5	1,27976732	1,59E+02
6	15,6464162	1,95E+03
7	0,57038677	7,11E+01
8	0,08861965	1,10E+01
9	1,22573153	1,53E+02
10	0,39580439	4,93E+01
11	0,0840112	1,05E+01
12	0,9083195	1,13E+02
13	0,14982374	1,87E+01
14	0,78870651	9,83E+01
15	1,59083843	1,98E+02
16	1,05323944	1,31E+02
17	0,01022478	1,27E+00
18	0,22388935	2,79E+01
19	0,07269608	9,06E+00
20	0,52612834	6,56E+01
21	0,16648169	2,07E+01
22	0,08334572	1,04E+01
23	0,20130733	2,51E+01
24	17,4374571	2,17E+03
25	11,5641279	1,44E+03
26	0,34249023	4,27E+01
27	0,64441872	8,03E+01
28	0,52132815	6,50E+01
29	4,02522129	5,02E+02
30	1,92529046	2,40E+02
31	1,35264353	1,69E+02
32	9,69830435	1,21E+03
33	1,54273159	1,92E+02
34	0,49716462	6,20E+01
35	0,03163956	3,94E+00
36	0,9390191	1,17E+02
37	0,37482858	4,67E+01
38	1,37781167	1,72E+02
39	4,66871816	5,82E+02
40	0,44734009	5,57E+01
41	0,87759109	1,09E+02
42	0,57313569	7,14E+01
43	0,93180939	1,16E+02
44	0,02303936	2,87E+00
45	0,16834087	2,10E+01
46	1,89918589	2,37E+02
47	0,1950428	2,43E+01
48	0,96529106	1,20E+02
49	0,84196298	1,05E+02
50	0,20668002	2,58E+01
51	1,32001545	1,64E+02
52	0,74005694	9,22E+01
53	0,5951818	7,42E+01
54	0,14136251	1,76E+01
55	0,02507179	3,12E+00
56	0,13997513	1,74E+01
57	0,03332158	4,15E+00
58	0,00508315	6,33E-01
59	0,01165783	1,45E+00
60	0,03453777	4,30E+00

COÛTS COLLECTIFS - SCENARIO « FUTUR AVEC PROJET »

Coûts liés à la pollution de l'air												Coûts liés à l'effet de serre additionnel		
Tronçon	Longueur du brin (km)	Véhicules particuliers (VP)			Véhicules légers (VUL)			Poids lourds (PL)			Coût global €/jour	Tronçon	Consommation Énergétique Teq CO2/jour	Coût global €/jour
		Nb de VP/j (TMJA)	Nb de VP.km/j	Coûts VP (€/jour)	Nb de VUL/j (TMJA)	Nb de VUL.km/j	Coûts VUL (€/jour)	Nb de PL/j (TMJA)	Nb de PL.km/j	Coûts PL (€/jour)				
1	0,16635	29783	4,95E+03	4,68E+02	6222	1,04E+03	2,00E+02	2153	3,58E+02	3,99E+02	1,07E+03	1	1,44495058	1,80E+02
2	0,27042	25727	6,96E+03	6,57E+02	5375	1,45E+03	2,81E+02	1859	5,03E+02	5,61E+02	1,50E+03	2	2,02890067	2,53E+02
3	0,16746	3186	5,34E+02	5,04E+01	666	1,12E+02	2,15E+01	230	3,85E+01	4,29E+01	1,15E+02	3	0,1555773	1,94E+01
4	0,077	1763	1,36E+02	1,28E+01	368	2,83E+01	5,47E+00	127	9,78E+00	1,09E+01	2,92E+01	4	0,0395591	4,93E+00
5	0,22698	19333	4,39E+03	4,14E+02	4039	9,17E+02	1,77E+02	1397	3,17E+02	3,54E+02	9,45E+02	5	1,27976732	1,59E+02
6	1,00207	61475	6,16E+04	5,82E+03	12843	1,29E+04	2,48E+03	4443	4,45E+03	4,96E+03	1,33E+04	6	15,6464162	1,95E+03
7	0,0633	30897	1,96E+03	1,85E+02	6455	4,09E+02	7,89E+01	2233	1,41E+02	1,58E+02	4,21E+02	7	0,57038677	7,11E+01
8	0,09834	3091	3,04E+02	2,87E+01	646	6,35E+01	1,23E+01	223	2,19E+01	2,45E+01	6,54E+01	8	0,08861965	1,10E+01
9	0,20795	20210	4,20E+03	3,97E+02	4222	8,78E+02	1,69E+02	1461	3,04E+02	3,39E+02	9,05E+02	9	1,22573153	1,53E+02
10	0,07533	18018	1,36E+03	1,28E+02	3764	2,84E+02	5,47E+01	1302	9,81E+01	1,09E+02	2,92E+02	10	0,39580439	4,93E+01
11	0,09043	3186	2,88E+02	2,72E+01	666	6,02E+01	1,16E+01	230	2,08E+01	2,32E+01	6,20E+01	11	0,0840112	1,05E+01
12	0,12106	25727	3,11E+03	2,94E+02	5375	6,51E+02	1,26E+02	1859	2,25E+02	2,51E+02	6,71E+02	12	0,9083195	1,13E+02
13	0,22802	2252	5,14E+02	4,85E+01	471	1,07E+02	2,07E+01	163	3,72E+01	4,14E+01	1,11E+02	13	0,14982374	1,87E+01
14	0,1026	26358	2,70E+03	2,55E+02	5506	5,65E+02	1,09E+02	1905	1,95E+02	2,18E+02	5,82E+02	14	0,78870651	9,83E+01
15	0,2501	21811	5,45E+03	5,15E+02	4557	1,14E+03	2,20E+02	1576	3,94E+02	4,40E+02	1,17E+03	15	1,59083843	1,98E+02
16	0,14234	25371	3,61E+03	3,41E+02	5300	7,54E+02	1,46E+02	1834	2,61E+02	2,91E+02	7,78E+02	16	1,05323944	1,31E+02
17	0,02268	1545	3,50E+01	3,31E+00	323	7,33E+00	1,41E+00	112	2,54E+00	2,83E+00	7,55E+00	17	0,01022478	1,27E+00
18	0,02761	27806	7,68E+02	7,25E+01	5809	1,60E+02	3,10E+01	2010	5,55E+01	6,19E+01	1,65E+02	18	0,22388935	2,79E+01
19	0,11064	2252	2,49E+02	2,35E+01	471	5,21E+01	1,01E+01	163	1,80E+01	2,01E+01	5,37E+01	19	0,07269608	9,06E+00
20	0,10045	17958	1,80E+03	1,70E+02	3752	3,77E+02	7,27E+01	1298	1,30E+02	1,45E+02	3,88E+02	20	0,52612834	6,56E+01
21	0,12541	4552	5,71E+02	5,39E+01	951	1,19E+02	2,30E+01	329	4,13E+01	4,60E+01	1,23E+02	21	0,16648169	2,07E+01
22	0,16222	1763	2,86E+02	2,70E+01	368	5,97E+01	1,15E+01	127	2,06E+01	2,30E+01	6,15E+01	22	0,08334572	1,04E+01
23	0,19569	3527	6,90E+02	6,52E+01	737	1,44E+02	2,78E+01	255	4,99E+01	5,56E+01	1,49E+02	23	0,20130733	2,51E+01
24	0,99836	68767	6,87E+04	6,48E+03	14366	1,43E+04	2,77E+03	4970	4,96E+03	5,53E+03	1,48E+04	24	17,4374571	2,17E+03
25	0,4966	79845	3,97E+04	3,74E+03	16680	8,28E+03	1,60E+03	5771	2,87E+03	3,20E+03	8,54E+03	25	11,5641279	1,44E+03
26	0,0436	26933	1,17E+03	1,11E+02	5627	2,45E+02	4,74E+01	1947	8,49E+01	9,47E+01	2,53E+02	26	0,34249023	4,27E+01
27	0,10933	20210	2,21E+03	2,09E+02	4222	4,62E+02	8,91E+01	1461	1,60E+02	1,78E+02	4,76E+02	27	0,64441872	8,03E+01
28	0,29081	6148	1,79E+03	1,69E+02	1284	3,73E+02	7,21E+01	444	1,29E+02	1,44E+02	3,85E+02	28	0,52132815	6,50E+01
29	0,26956	51201	1,38E+04	1,30E+03	10696	2,88E+03	5,57E+02	3701	9,98E+02	1,11E+03	2,97E+03	29	4,02522129	5,02E+02
30	0,09359	70534	6,60E+03	6,23E+02	14735	1,38E+03	2,66E+02	5098	4,77E+02	5,32E+02	1,42E+03	30	1,92529046	2,40E+02
31	0,05649	82098	4,64E+03	4,38E+02	17151	9,69E+02	1,87E+02	5934	3,35E+02	3,74E+02	9,99E+02	31	1,35264353	1,69E+02
32	0,449	74061	3,33E+04	3,14E+03	15472	6,95E+03	1,34E+03	5353	2,40E+03	2,68E+03	7,16E+03	32	9,69830435	1,21E+03
33	0,05899	89677	5,29E+03	4,99E+02	18734	1,11E+03	2,13E+02	6482	3,82E+02	4,26E+02	1,14E+03	33	1,54273159	1,92E+02
34	0,12659	13467	1,70E+03	1,61E+02	2813	3,56E+02	6,87E+01	973	1,23E+02	1,37E+02	3,67E+02	34	0,49716462	6,20E+01
35	0,12435	873	1,09E+02	1,02E+01	182	2,26E+01	4,37E+00	63	7,83E+00	8,74E+00	2,34E+01	35	0,03163956	3,94E+00
36	0,1787	18018	3,22E+03	3,04E+02	3764	6,73E+02	1,30E+02	1302	2,33E+02	2,59E+02	6,93E+02	36	0,9390191	1,17E+02
37	0,07635	16833	1,29E+03	1,21E+02	3517	2,69E+02	5,18E+01	1217	9,29E+01	1,04E+02	2,77E+02	37	0,37482858	4,67E+01
38	0,20767	22750	4,72E+03	4,46E+02	4753	9,87E+02	1,91E+02	1644	3,41E+02	3,81E+02	1,02E+03	38	1,37781167	1,72E+02
39	0,29929	53487	1,60E+04	1,51E+03	11174	3,34E+03	6,45E+02	3866	1,16E+03	1,29E+03	3,45E+03	39	4,66871816	5,82E+02
40	0,02763	55510	1,53E+03	1,45E+02	11597	3,20E+02	6,18E+01	4012	1,11E+02	1,24E+02	3,30E+02	40	0,44734009	5,57E+01
41	0,06731	44703	3,01E+03	2,84E+02	9339	6,29E+02	1,21E+02	3231	2,17E+02	2,43E+02	6,48E+02	41	0,87759109	1,09E+02
42	0,08167	24064	1,97E+03	1,86E+02	5027	4,11E+02	7,92E+01	1739	1,42E+02	1,58E+02	4,23E+02	42	0,57313569	7,14E+01
43	0,16527	19333	3,20E+03	3,02E+02	4039	6,68E+02	1,29E+02	1397	2,31E+02	2,57E+02	6,88E+02	43	0,93180939	1,16E+02
44	0,05109	1545	7,89E+01	7,45E+00	323	1,65E+01	3,19E+00	112	5,72E+00	6,38E+00	1,70E+01	44	0,02303936	2,87E+00
45	0,02537	22750	5,77E+02	5,45E+01	4753	1,21E+02	2,33E+01	1644	4,17E+01	4,65E+01	1,24E+02	45	0,16834087	2,10E+01
46	0,21428	13465	2,89E+03	2,72E+02	2813	6,03E+02	1,16E+02	973	2,08E+02	2,32E+02	6,21E+02	46	0,90652686	1,13E+02
47	0,08986	13003	1,17E+03	1,10E+02	2716	2,44E+02	4,71E+01	940	8,45E+01	9,42E+01	2,52E+02	47	0,36713836	4,58E+01
48	0,48375	9225	4,46E+03	4,21E+02	1927	9,32E+02	1,80E+02	667	3,23E+02	3,60E+02	9,61E+02	48	1,4022166	1,75E+02
49	0,25896	10138	2,63E+03	2,48E+02	2118	5,48E+02	1,06E+02	733	1,90E+02	2,12E+02	5,65E+02	49	0,8249651	1,03E+02
50	0,20334	6508	1,32E+03	1,25E+02	1360	2,77E+02	5,34E+01	470	9,56E+01	1,07E+02	2,85E+02	50	0,41574405	5,18E+01
51	0,35527	3691	1,31E+03	1,24E+02	771	2,74E+02	5,29E+01	267	9,49E+01	1,06E+02	2,82E+02	51	0,41208009	5,14E+01
52	0,23965	5447	1,31E+03	1,23E+02	1138	2,73E+02	5,26E+01	394	9,44E+01	1,05E+02	2,81E+02	52	0,41022491	5,11E+01
53	0,1565	6651	1,04E+03	9,83E+01	1389	2,17E+02	4,20E+01	481	7,53E+01	8,39E+01	2,24E+02	53	0,32706309	4,08E+01
54	0,26428	14922	3,94E+03	3,72E+02	3117	8,24E+02	1,59E+02	1079	2,85E+02	3,18E+02	8,49E+02	54	1,23917895	1,54E+02
55	0,17399	10726	1,87E+03	1,76E+02	2241	3,90E+02	7,53E+01	775	1,35E+02	1,50E+02	4,02E+02	55	0,58635613	7,31E+01
56	0,07051	3029	2,14E+02	2,02E+01	633	4,46E+01	8,61E+00	219	1,54E+01	1,72E+01	4,60E+01	56	0,06711667	8,36E+00
57	0,22788	11021	2,51E+03	2,37E+02	2302	5,25E+02	1,01E+02	797	1,82E+02	2,03E+02	5,41E+02	57	0,78916512	9,83E+01
58	0,16006	17239	2,76E+03	2,61E+02	3601	5,76E+02	1,11E+02	1246	1,99E+02	2,22E+02	5,94E+02	58	0,86694494	1,08E+02
59	0,11463	21067	2,41E+03	2,28E+02	4401	5,04E+02	9,74E+01	1523	1,75E+02	1,95E+02	5,20E+02	59	0,75876751	9,46E+01
60	0,3306	14803	4,89E+03	4,62E+02	3092	1,02E+03	1,97E+02	1070	3,54E+02	3,94E+02	1,05E+03	60	1,53765349	1,92E+02
61	0,4562	15842	7,23E+03	6,82E+02	3310	1,51E+03	2,91E+02	1145	5,22E+02	5,82E+02	1,56E+03	61	2,2708173	2,83E+02
62	0,06111	6570	4,01E+02	3,79E+01	1373	8,39E+01	1,62E+01	475	2,90E+01	3,24E+01	8,65E+01	62	0,12616689	1,57E+01
63	0,09172	5742	5,27E+02	4,97E+01	1199	1,10E+02	2,12E+01	415	3,81E+01	4,24E+01	1,13E+02	63	0,16546496	2,06E+01
64	0,11155	4225	4,71E+02	4,45E+01	883	9,85E+01	1,90E+01	305	3,40E+01	3,79E+01	1,01E+02	64	0,14806101	1,85E+01
65	0,14448	2527	3,65E+02	3,45E+01	528	7,63E+01	1,47E+01	183	2,64E+01	2,95E+01	7,87E+01	65	0,1147623	1,43E+01
66	0,0929	2157	2,00E+02	1,89E+01	451	4,19E+01	8,09E+00	156	1,45E+01	1,62E+01	4,32E+01	66	0,06297578	7,85E+00
67	0,16499	2313	3,82E+02	3,60E+01	483									

Annexe 10. Cartes contenues dans le rapport

Cette annexe contient 40 pages.

- Etude « Air et santé » dans le cadre de la création de la ZAC relative à l'aménagement du quartier de Charenton-Bercy
 - Etude de niveau I -
 - Annexes

BOUYGUES IMMOBILIER URBANERA

Charenton (94)

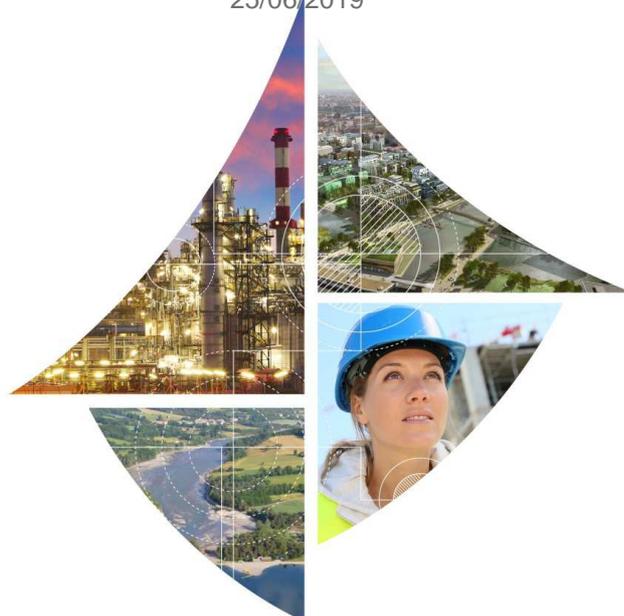
Note de synthèse sur les mesures de réduction des impacts sur la qualité de l'air dans le cadre de l'aménagement du quartier Charenton-Bercy

Rapport

Réf : CACIIF191276 / RACIIF03781-01

CODU / ER / OL

25/06/2019



BOUYGUES IMMOBILIER URBANERA

Charenton (94)

Note de synthèse sur les mesures de réduction des impacts sur la qualité de l'air dans le cadre de l'aménagement du quartier Charenton-Bercy

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Version provisoire	25/06/2019	01	Coraly Ducatillon	Edwige REVELAT	Olivia Llongario

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CACIIF191276 / RACIIF03781-01
Numéro d'affaire :	A49794
Domaine technique :	PA01
Mots clé du thésaurus	IMPACT SUR LA QUALITE DE L'AIR

BURGEAP Agence Ile-de-France • 143 avenue de Verdun – 92442 Issy-les-Moulineaux Cedex
 Tél : 01.46.10.25.70 • Fax : 01.46.10.25.64 • burgeap.paris@groupeginger.com

SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
1. Mesures destinées à limiter les impacts du projet	4
1.1 Air extérieur	5
1.1.1 Réduction des polluants à la source	5
1.1.2 Réduction de l'exposition des riverains	8
1.2 Air intérieur	20
1.2.1 Localisation des sites sensibles	20
1.2.2 Conception des bâtiments et choix des matériaux	20
2. Mesures destinées à limiter les impacts du projet en phase chantier	21
2.1 Description des sources de pollution potentielle	21
2.2 Mesures de réduction des émissions	21
3. Efficacité des mesures de réduction	23
CONCLUSION	24

TABLEAUX

Tableau 1 : Distance minimale à un axe routier en fonction du trafic moyen journalier annuel (TMJA) pour considérer une station de fond urbain – ADEME	9
Tableau 2 : Capture de différents types de pollution par les feuilles.....	10
Tableau 3 : Risque d'accumulation des polluants en fonction du ratio H/D - ADEME	16

FIGURES

Figure 1 : Courbes d'émissions en g/km pour les véhicules légers en fonction de la vitesse et de l'année du parc roulant – SETRA	6
Figure 2 : Tableaux de comparaison de différents végétaux selon leur potentiel allergisant (source : www.pollens.fr)	7
Figure 3 : Fiche méthodologique Erable (Source : RNSA).....	8
Figure 4 : Illustration du piégeage des polluants gazeux par les végétaux.....	11
Figure 5 : Piégeage des particules par les végétaux	12
Figure 6 : Dispersion des polluants en fonction du bâti.....	13
Figure 7 : Plantes extérieures : quelques exemples de plantes utilisées pour la dépollution de l'air	14
Figure 8 : Accumulation des polluants dans une rue canyon (source : ADEME).....	16
Figure 9 : Comparaison des teneurs en NO ₂ entre une rue canyon et non canyon - Etude Lig'Air.....	16
Figure 10 : Effet d'une rue canyon végétalisée sur les concentrations en PM10	17
Figure 11 : Protection contre la pollution urbaine	17
Figure 12 : Mesures de concentrations de particules le long d'un axe équipé d'un mur anti-bruit (de -300 à 0 m) puis sans mur (de 0 à 250 m)	18
Figure 13 : Evolution des concentrations des NO _x , NO ₂ et PM10 en fonction de la distance à un écran	19
Figure 14 : Variation des concentrations en fonction des directions de vent	19

INTRODUCTION

Le groupement Bouygues Immobilier UrbanEra et le Grand Paris Aménagement a mandaté BURGEAP pour la réalisation de l'étude « Air et Santé » relative à la transformation du site Charenton-Bercy. L'objectif du projet est de développer, sur 360 000 m², l'attractivité économique, environnementale, résidentielle, urbaine et culturelle de Charenton-le-Pont à l'échelle du Grand Paris et de renforcer la qualité de vie de ses habitants.

La présente étude concerne les mesures de lutte contre la pollution atmosphérique, d'une part en phase chantier lors des travaux d'aménagement et d'autre part dans le cadre de ce projet.

L'étude « Air et Santé » étant en cours de rédaction, ce rapport sera basé sur les retours d'expériences et la bibliographie. Les préconisations seront reprises et adaptées à l'issue des conclusions de l'étude « Air et Santé ».

1. Mesures destinées à limiter les impacts du projet

La pollution atmosphérique dans une zone où le trafic routier est important est une nuisance pour laquelle il n'existe pas de mesure compensatoire quantifiable mais plusieurs types d'actions peuvent être envisagés pour limiter, notamment à proximité d'une voie routière donnée, la pollution :

- **La réduction ou la préservation par la « matière grise »** (éloignement des sites sensibles, à forte densité de population pour les projets neufs...), qui consiste à étudier les mesures constructives pour éviter au maximum les situations à risques ;
- **La réduction des émissions polluantes à la source** : indépendamment des mesures envisageables sur le véhicule lui-même, on peut influencer les émissions polluantes par une modification des conditions de circulation (limitation de vitesse à certaines périodes ou en continu, restrictions pour certains véhicules...). Ces mesures relèvent de la législation des transports ;
- **La limitation de la dispersion des polluants** : on distingue deux types de pollution, la pollution gazeuse et la pollution particulaire.
La pollution gazeuse ne peut pas être éliminée par un obstacle physique à l'inverse des ondes sonores, qui peuvent être stoppées par un écran ou un talus antibruit. On pourra tout au plus limiter les situations à risques en facilitant sa dilution ou déviation du panache de polluants d'un endroit vers un autre. De nouveaux procédés « digesteurs de NOx » au niveau des murs et revêtements de chaussées peuvent également être mis en place suivant leurs performances techniques.
La diffusion de la pollution particulaire peut, quant à elle, être piégée en intégrant des écrans physiques ou végétaux (mur anti-bruit, barrière végétale) mais également en agissant directement sur le tracé (adaptation des profils en long, modulation du profil en travers, utilisation d'enrobés drainants).
- **Le suivi, la surveillance et l'information.** Dans le cadre de très gros projets tels que rencontrés dans des études « Air et Santé » de niveau I ou dans le cas où des problèmes de pollution sont à attendre (dépassement des objectifs de qualité de l'air, milieu fortement urbanisé...), des capteurs de la pollution peuvent être installés à demeure. L'implantation de ce type de station vient généralement compléter le dispositif de surveillance des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) et peut être réalisé en liaison avec celles-ci. Le maître d'ouvrage pourra ainsi réaliser le suivi de l'impact de l'infrastructure, associé à l'AASQA qui en assurera la surveillance et la diffusion de l'information. Ces stations localisées à proximité du trafic routier sont majoritairement équipées d'analyseurs en continu, pour les polluants traceurs de la pollution routière tels que les NOx, le benzène ou les particules PM10.

1.1 Air extérieur

1.1.1 Réduction des polluants à la source

1.1.1.1 Réduction des émissions du trafic routier

La réduction des émissions d'origine routière s'envisage, dans un premier temps, grâce au renouvellement sur le long terme du parc automobile par des véhicules moins polluants (mise en circulation de véhicules conformes à la dernière norme EURO et de véhicules électriques). Cette solution passive peut être accompagnée par différents leviers :

- Leviers sociaux : sensibilisation des usagers, formation à l'éco-conduite, promotion du co-voiturage, modification des habitudes de transport ou de consommation ;
- Leviers économiques : taxe ou prime pour accélérer le renouvellement du parc ;
- Leviers organisationnels : optimisation des circuits logistiques, organisation multimodes (transport combiné) ;
- Leviers structurels : zones réservées à une catégorie de véhicules moins émissifs (« ZFE¹ : Zone à Faibles Emissions).

Les leviers sociaux et économiques ne rentrent pas dans le domaine d'action du maître d'œuvre car ils découlent d'une politique nationale, ou dans une moindre mesure, de l'agglomération parisienne. L'approche structurelle visant à mettre en place une ZFE sort également du contexte de l'étude car elle nécessite l'implication de l'agglomération. Par ailleurs, la zone d'étude bénéficiera d'un atout majeur dans l'objectif de réduction du trafic routier en profitant de la proximité du centre-ville et des transports collectifs.

Les solutions possibles qui demeurent du ressort de l'aménageur permettant de limiter le trafic sont :

- L'aménagement des transports doux afin de laisser aux usagers la liberté de choisir leur mode de circulation ;
- Limiter les places de stationnement afin d'une part, de privilégier des personnes qui souhaitent profiter de l'accessibilité du site en transport en commun et d'autre part, de limiter l'attractivité de la zone ;
- Regrouper les places de stationnement en un seul espace à proximité des axes structurants. Ce choix permet de réduire la circulation sur la zone, limiter les distances parcourues à la recherche d'un stationnement, mutualiser le stationnement avec des structures extérieures à l'éco-quartier (transport en commun, bâtiments tertiaires...) et permet d'économiser de l'espace urbain. Un parking en silo ou semi-enterré est moins coûteux et évolutif (adapté en fonction de l'évolution de la zone) par rapport à un parking sous-terrain ;
- Limiter le linéaire de voirie accessible aux véhicules (favoriser les rues piétonnes...) ;
- Faire en sorte que certaines zones ne puissent être traversées que par les riverains.

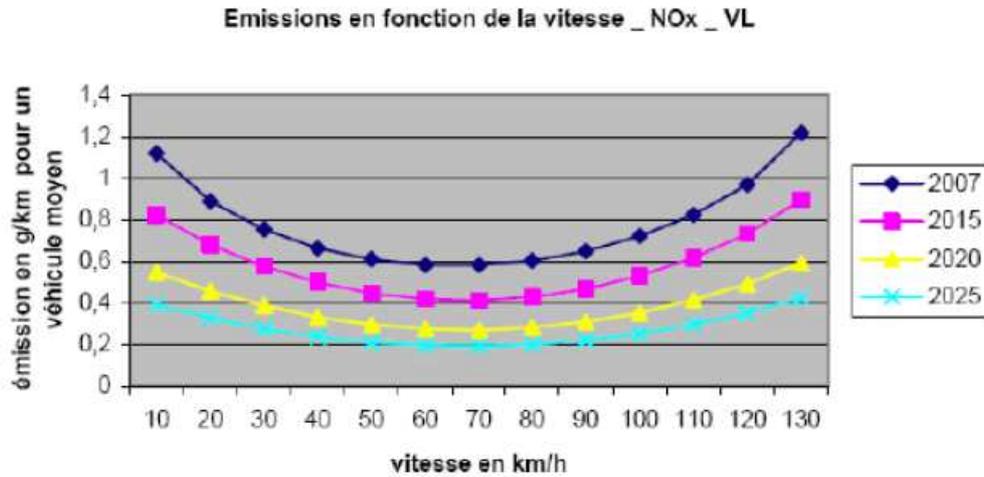
En plus des solutions visant à réduire le trafic sur la zone, l'aménagement du futur réseau de voirie peut également être pris en compte pour limiter les émissions atmosphériques. Les émissions du trafic routier sont pour une part liées à la vitesse de circulation mais également au mode de conduite des usagers. Une conduite agressive va générer une surémission des émissions de COV et de NOx respectivement de 15 à 400 % et de 20 à 150 % et une hausse de la consommation en carburant de 12 à 40 %.

La limitation de la vitesse par l'implantation de « zone 30 »² peut être une solution pour contribuer à l'apaisement de la circulation et au changement durable des comportements par report modal. Toutefois, il est important de rappeler que d'après les courbes d'émissions des polluants, les émissions sont plus importantes pour des vitesses de circulations faibles.

¹ ADEME, Rincenc Air, Pouponneau M., Forestier B., Cape F. 2019. Les zones à faibles émissions (Low Emission Zones) à travers l'Europe : déploiement, retours d'expériences, évaluation d'impacts et efficacité du système – Rapport. 136 pages.

² <https://www.cerema.fr/fr/actualites/zone-30-pollution-locale>

Figure 1 : Courbes d'émissions en g/km pour les véhicules légers en fonction de la vitesse et de l'année du parc roulant – SETRA



L'interprétation de ces courbes d'émissions doit cependant être modulée, car elles sont déterminées sur des trajets théoriques prenant en compte un certains nombres de cycles d'accélération/décélération. L'actualité scientifique récente a montré que ces courbes théoriques peuvent ne pas être en adéquation avec le trajet réel des usagers et par conséquent avec les émissions réelles des véhicules en circulation et non sur banc d'essais. Dans l'état actuel des connaissances, il est difficile de se prononcer sur l'efficacité de cette mesure sur la qualité de l'air. Si ce mode d'apaisement est sélectionné, il peut être envisagé de mettre en place un suivi de la qualité de l'air afin de valider l'approche.

Toujours dans l'optique d'une circulation apaisée, la gestion de la vitesse sur la zone doit également être réalisée afin de limiter les cycles de décélération/accélération. L'aménagement peut apporter plusieurs réponses à cette problématique : réalisation de zones de rencontre où l'automobiliste a une allure modérée compte tenu de la priorité des piétons et des cyclistes, largeur de voie réduite, champ visuel restreint.

Par ailleurs, en cas de mise en place de ralentisseurs (décrochés verticaux ou horizontaux, rond-point...), ceux-ci doivent permettre à l'automobiliste de conserver une conduite souple. Par exemple, les ralentisseurs nécessitant un passage à l'arrêt du véhicule pour les traverser sont à éviter. Lig'Air a réalisé une étude montrant une diminution des émissions comprise entre 10 et 40 % dans le cadre d'un aménagement de type chicane par rapport à un aménagement de type dos d'âne³.

1.1.1.2 Eviter les sources supplémentaires

L'aménagement de l'éco-quartier doit permettre de limiter les déplacements des résidents en proposant une qualité de service suffisante. Toutefois, certaines entités polluantes sont à éviter ou à encadrer. Par exemple, il a été montré au cours d'une étude réalisée par Airparif pour le compte de l'INERIS⁴ que les stations-services impactent la qualité de l'air avec des teneurs à proximité pouvant être majorées de 2 µg/m³ concernant le benzène. Cette valeur est à mettre en perspective à la valeur de l'objectif de qualité (2 µg/m³) et soulignant la contribution significative de la mise en place d'une station-service sur la qualité de l'air.

Des conditions défavorables de dispersion, une rue étroite et une atmosphère stable, sont autant de facteurs qui contribuent à augmenter l'impact de la station-service. Leur implantation est donc à éviter ou à minima à éloigner des habitations.

³ Lig'Air. Novembre 2008. Zones 30 – Simulation de l'impact des aménagements urbains sur la qualité de l'air – Rapport. 20 pages

⁴ Impact local des station-service sur les concentrations de benzène dans l'environnement (air intérieur et extérieur) – Etude exploratoire sur deux sites parisiens – INERIS – N° -DRC-09-104235-03943A. 2010.

Arbres		
Espèces	Famille	Potentiel allergisant
Érables*	Acéracées	Modéré
Aulnes*	Bétulacées	Fort
Bouleaux*		Fort
Charmes*		Fort
Charme-Houblon		Faible/Négligeable
Noisetiers*		Fort
Baccharis	Composées	Modéré
Cades	Cupressacées	Fort
Cyprès commun		Fort
Cyprès d'Arizona		Fort
Genévriers		Faible/Négligeable
Thuyas*		Faible/Négligeable
Robiniers*	Fabacées	Faible/Négligeable
Châtaigniers*	Fagacées	Faible/Négligeable
Hêtres*		Modéré
Chênes*		Modéré
Noyers*	Juglandacées	Faible/Négligeable
Mûriers à papier*	Moracées	Fort
Mûriers blanc*		Faible/Négligeable
Frênes*	Olivacées	Fort
Oliviers		Fort
Troènes*		Modéré
Pins*	Pinacées	Faible/Négligeable
Platanes**	Platanacées	Modéré**
Peupliers*	Salicacées	Faible/Négligeable
Saules*		Modéré
Ifs*	Taxacées	Faible/Négligeable
Cryptoméria du Japon	Taxodiacees	Fort
Tilleuls*	Tilliacées	Modéré
Ormes*	Ulmacées	Faible/Négligeable

*plusieurs espèces
 ** le pollen de platane est faiblement allergisant. Par contre, les micro-aiguilles contenus dans les bourres provenant de la dégradation des capitules femelles de l'année précédente sont très irritantes.

Herbacées spontanées		
Espèces	Familles	Potentiel allergisant
Chénopodes*	Chénopodiacées	Modéré
Soude brulée (Salsola kali)		Modéré
Amброisies*	Composées	Fort
Armoises*		Fort
Marguerites*		Faible/Négligeable
Pissenlits*		Faible/Négligeable
Mercuriales*	Euphorbiacées	Modéré
Plantains*	Plantaginacées	Modéré
Graminées	Poacées	Fort
Oseilles* (Rumex)	Polygonacées	Modéré
Orties*	Urticacées	Faible/Négligeable
Pariétaires		Fort

*plusieurs espèces

Graminées Ornementales		
Espèces	Familles	Potentiel allergisant
Baldingère	Poacées	Fort
Calamagrostis		Modéré
Canche cespitueuse		Fort
Elyme des sables		Modéré
Fétuques*		Fort
Fromental élevé		Fort
Queue de lièvre		Modéré
Stipe géante		Modéré

*nombreuses espèces

Figure 2 : Tableaux de comparaison de différents végétaux selon leur potentiel allergisant (source : www.pollens.fr)

De façon analogue à la pollution de l'air issue du trafic routier, le risque allergique peut également être pris en compte par l'aménageur en privilégiant des espèces ayant un faible pouvoir allergisant. Les risques allergisants d'une végétation variée sont plus faibles que si une seule espèce monopolise l'espace (phénomène de sensibilisation). Ainsi, une charge identique de pollen répartie entre plusieurs espèces diminue le risque allergène. Le risque allergène se mesure à partir du potentiel allergisant d'une espèce végétale qui est la capacité de son pollen à provoquer une allergie pour une partie non-négligeable de la population et dépend de :

- La quantité de pollens dans l'air ;
- La sensibilité des individus ;
- Le potentiel allergisant de chaque espèce.

Sur la figure Figure 2, sont reportés les différents potentiels allergisants des végétaux par famille. Ce potentiel allergisant peut être :

- Faible ou négligeable (espèce pouvant être plantée en zones urbaines) ;
- Modéré (espèce ne pouvant être plantée qu'en petits nombres) ;
- Fort (espèce ne pouvant pas être plantée en zones urbaines).

Dans un contexte de végétalisation, il est possible de consulter la base de données de la RNSA (Réseau National de surveillance Aérobiologique) qui documente et fournit des fiches méthodologiques par type de végétaux dont un exemple est présenté sur la figure suivante ().



Figure 3 : Fiche méthodologique Erable (Source : RNSA)

1.1.2 Réduction de l'exposition des riverains

Les sources de pollution locales existantes dont les effets peuvent faire l'objet d'abattement, par des solutions envisageables par l'aménageur, concernent principalement les émissions du trafic routier et les besoins en chauffage et climatisation des logements.

D'une façon générale, la dilution, ou la dispersion atmosphérique, est le principal moyen d'abattre les concentrations à proximité des voies de circulation. Ce phénomène est lié à la turbulence atmosphérique.

Quatre mécanismes sont mis en jeu :

- le déplacement des voitures sur l'axe routier génère une situation turbulente qui contribue à mélanger le panache de pollution ;
- la situation de la route par rapport au niveau du sol, en dépression ou surélevée, génère également de la turbulence en fonction des directions de vent. Un encaissement de la route notamment par la proximité d'immeubles de hauteurs importantes (rue canyon) empêchera la libre circulation des polluants et contribuera à accroître les concentrations au sol ;
- les effets thermiques agissent aussi sur la turbulence mais essentiellement en saison chaude. Le réchauffement du sol hétérogène en fonction des surfaces (bitume, terre) provoque des recirculations des masses d'air proches du sol (effets des îlots de chaleur urbain) ;
- les ouvrages routiers comme les murs anti-bruit ou l'implantation de végétation le long de la voie produisent de la turbulence et influencent ainsi la dilution des polluants routiers.

D'autres solutions peuvent être mises en œuvre pour traiter directement les émissions polluantes :

- application de revêtements catalytiques sur la chaussée ou sur les écrans acoustiques le long des voies : sous l'action des UV, certains polluants sont plus rapidement dégradés au contact du catalyseur ;
- la végétalisation des façades dans le cas des rues canyons.

Les paragraphes suivants détaillent les différentes approches qui pourraient être envisagées en mettant l'accent sur leurs limites et contraintes.

1.1.2.1 Eloignement par rapport aux axes de circulation

La dispersion naturelle des polluants constitue le premier moyen de protection contre la pollution routière. En effet, sous l'effet des mouvements de voiture, la dilution des polluants et l'effet dispersif du vent, les concentrations en polluants diminuent en fonction de l'éloignement à l'axe.

La distance pour laquelle il est possible de considérer que l'impact de la voirie est minimal peut être extraite d'un document de l'ADEME qui présente les critères d'implantation des stations de surveillance de la qualité de l'air⁵ et mis-à-jour dans le document du LSQA publié en 2010⁶. En effet, dans le cadre de la surveillance de la pollution atmosphérique, des stations de mesures de différentes typologies sont définies. Le fond urbain, qui est la valeur pour laquelle les sources de proximité n'ont pas d'influence, est mesuré par des stations qui répondent aux caractéristiques de distance à la voie présentées dans le tableau suivant. Ces distances à la voie en fonction du trafic journalier moyen peuvent être utilisées pour implanter des bâtiments ou des lieux de vie pour lesquels l'impact du trafic routier serait considéré comme faible.

Tableau 1 : Distance minimale à un axe routier en fonction du trafic moyen journalier annuel (TMJA) pour considérer une station de fond urbain – ADEME

TMJA	Distance minimale
< 1 000	-
1 000 à 3 000	10 m
3 000 à 6 000	20 m
6 000 à 15 000	30 m
15 000 à 40 000	40 m
40 000 à 70 000	100 m
> 70 000	200 m

Deux options se profilent pour positionner les bâtiments :

- soit on considère le trafic actuel en estimant qu'il n'y aura pas d'augmentation de trafic significative sur le secteur suite à la réalisation du projet,
- soit on se base sur les prévisions de trafic pour anticiper également une pollution à venir.

Dans le cadre de cette étude, le positionnement des bâtiments reposera sur les résultats de l'étude Volet Air et Santé du projet, étude pilotée par BURGEAP. Par conséquent, dans le rapport définitif de préconisations, des propositions et recommandations seront présentées.

1.1.2.2 La végétalisation

De manière générale, les haies végétales ont un impact double sur la pollution atmosphérique routière de proximité : elles captent certains polluants et ont un effet dispersif sur la pollution. Par ailleurs, en atténuant l'effet des îlots de chaleur urbains, les espaces verts permettent de limiter les besoins en climatisation pour les bâtiments collectifs.

La pollution concernée est de deux types : gazeuse (surtout les polluants primaires) et particulaire. Selon les caractéristiques de la zone végétale, on va plutôt influencer la dispersion de l'un ou l'autre type de polluants, ou les deux à la fois (parfois de façon opposée...).

La présence d'arbres influence la qualité de l'air suivant deux phénomènes :

- **Effet direct** : élimination effective des particules de poussière et de la pollution gazeuse par les feuilles. C'est ce qu'on appelle l'effet filtrant ;

⁵ Classification et critères d'implantation des stations de surveillance de la qualité de l'air – ADEME Editions, Paris, 2002.

⁶ Evolution de la classification et des critères d'implantation des stations de mesure de la qualité de l'air – Participation à la réactualisation du guide de classification des stations – LCSQA – 2010.

- **Effet indirect** : modification de la vitesse du vent et des turbulences et par conséquent, des concentrations locales de pollution par l'influence de la dispersion de la pollution.

La manière dont les feuilles absorbent la pollution dépend du type de pollution. Les feuilles sont essentielles pour l'élimination effective de la pollution. Les troncs, les branches et les tiges des arbres et des arbustes sont importants pour la suppression des particules de poussières.

Ainsi, les pollutions gazeuses comme les oxydes d'azote et l'ozone sont absorbées dans la partie intérieure de la feuille, tandis que les particules de poussière sont fixées sur la surface extérieure de la feuille.

Tableau 2 : Capture de différents types de pollution par les feuilles

Type de pollution	Mécanisme	Caractéristiques des feuilles les plus appropriées
Ozone, dioxyde d'azote	Absorption	Feuilles plates et larges des feuillus
Composés organiques volatils (PCB, dioxines, furanes)	Adsorption	Couche épaisse et cireuse (cuticule) sur la feuille, surtout chez les conifères
Particules de poussières (PM10)	Contact	Forme pointue comme les épines des conifères Feuilles rugueuses, velues et adhésives des arbres feuillus

Source : Février 2008 – Les arbres, une bouffée d'air pur pour la ville – Dr Ir. J.A. Hiemstra, Ir. E. Schoenmaker – Van der Bilj, Drs A.E.G. Tonneijck

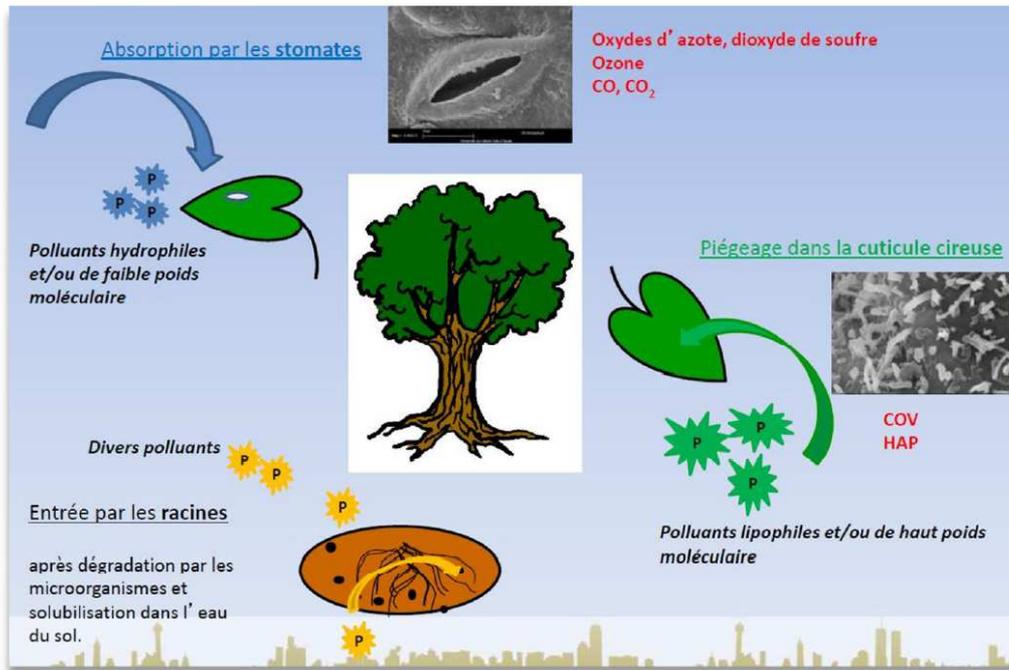
► Mécanisme d'absorption et d'adsorption de la pollution gazeuse

Les plantes sont capables d'absorber les composants gazeux, tant par les stomates des feuilles que par les cuticules.

La cuticule est la fine couche supérieure de la feuille composée d'une substance grasseuse qui protège la plante notamment du dessèchement. Les stomates sont des ouvertures dans la feuille au travers desquelles s'opère continuellement l'échange gazeux entre la feuille et l'air environnant.

Les oxydes d'azote et l'ozone pénètrent principalement par les stomates. Alors que pour de nombreux composés organiques volatils comme les PCB, les dioxines et les furanes, c'est la cuticule qui constitue la voie la plus importante du processus, appelé adsorption. Ces matières ne sont souvent pas solubles dans l'eau, mais en revanche dans les éléments gras de la cuticule.

Figure 4 : Illustration du piégeage des polluants gazeux par les végétaux



► **Elimination des particules de poussières**

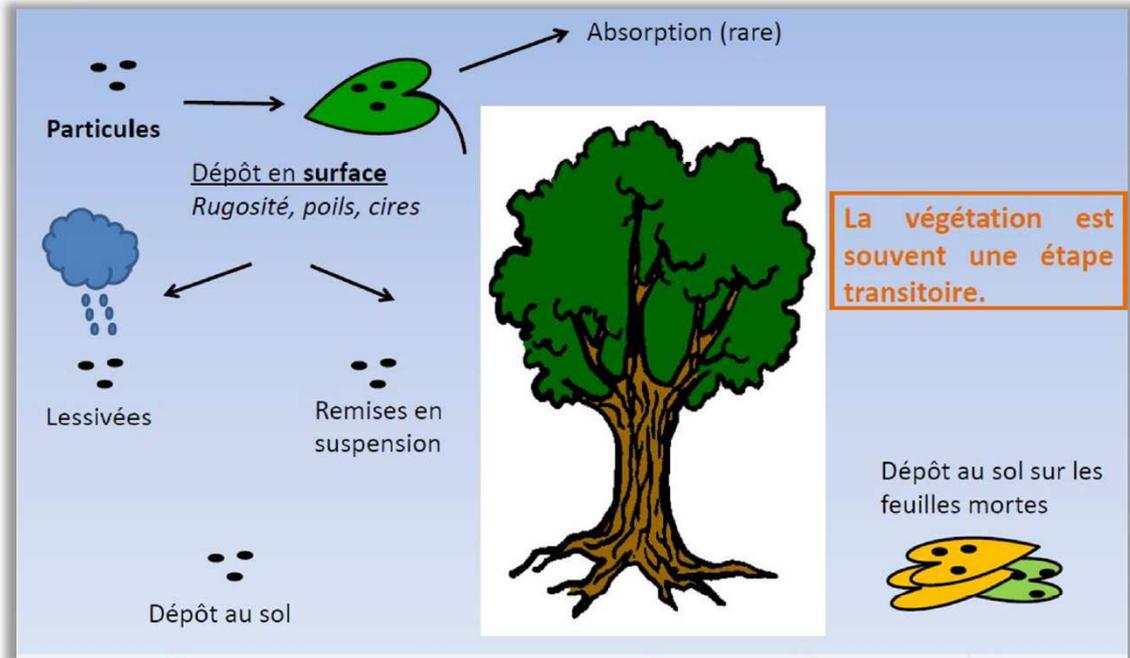
Les particules de poussière tombent ou sont emportées par le vent sur la feuille. Ce processus s'appelle l'impaction.

Dans ce processus, les particules de poussière doivent entrer en contact direct avec la feuille ou alors à une distance assez proche de la feuille pour être attirées par l'électricité statique. Les inégalités sur la feuille, comme les surfaces rugueuses et les poils de la feuille, accélèrent ce processus. Le degré d'humidité et la matière adhérente de la feuille jouent également un grand rôle.

Ce sont surtout les conifères qui captent efficacement les particules de poussière, en raison de la structure de l'épave et de la forme relativement pointue. Ce sont non seulement les épaves et les feuilles qui participent à la capture des poussières mais aussi les troncs, les branches et les tiges. Une structure de branches enchevêtrées a une fonction très positive : les particules de poussière n'aboutissent pas dans la structure interne de la feuille et ne sont donc pas traitées comme c'est le cas pour les composés gazeux. Les particules restent agglomérées à la surface externe de l'arbre. En principe, pour la capture de la poussière, il n'est pas important que les feuilles ou les épaves sur les arbres soient vivantes ou mortes, du moment qu'elles sont en contact avec l'air pollué.

Ainsi, pour ce qui est de la pollution par les particules, le facteur important est la capacité filtrante de la bande végétale. En effet, tout ce qui permet de réduire la vitesse du vent et de favoriser le dépôt des particules, contribue à réduire cette pollution à proximité de la route.

Figure 5 : Piégeage des particules par les végétaux



► Modification des conditions de dispersion

1. Les arbres servent d'écrans contre le vent. Le freinage de la vitesse du vent et les modifications des turbulences dans l'air ont une grande influence sur l'efficacité des ceux-ci à éliminer la pollution présente dans l'air.

En outre, ces modifications du vent local entraînent aussi directement des changements de concentration de pollution aux alentours des plantations, parce qu'elles influencent le mélange de la pollution avec l'air environnant.

2. Le contact entre la pollution et les feuilles est essentiel pour obtenir une filtration efficace par les arbres. Ceux dont le feuillage est traversé par l'air pollué sont plus efficaces que les arbres des brise-vent qui sont totalement denses. Dans les espaces verts « poreux », bien plus de feuilles participent au processus de nettoyage que dans les groupes denses. En effet, les feuilles qui se trouvent à l'intérieur de la couronne du feuillage des arbres entrent alors en contact avec l'air pollué et peuvent y accomplir leur travail d'épuration.

Par ailleurs, les arbres situés à la lisière d'un bois sont plus efficaces pour absorber la pollution que les arbres situés au milieu du bois (effet de lisière).

La filtration par les arbres ne permet pas toujours une diminution des concentrations à l'endroit où poussent les arbres en question. Les arbres situés juste à côté de la route remplissent bien leur fonction de filtration, mais ils freinent aussi la vitesse du vent, ce freinage provoquant un mélange des gaz d'échappement à une moins grande quantité d'air que dans une situation où il n'y a pas d'arbres.

L'effet net de l'augmentation de la concentration par freinage de la vitesse du vent et de la diminution de concentration par la filtration de la végétation peut provoquer une augmentation des concentrations à l'endroit où l'arbre est situé. C'est le cas pour les PM10 si la porosité des plantations est inférieure à 40 %.

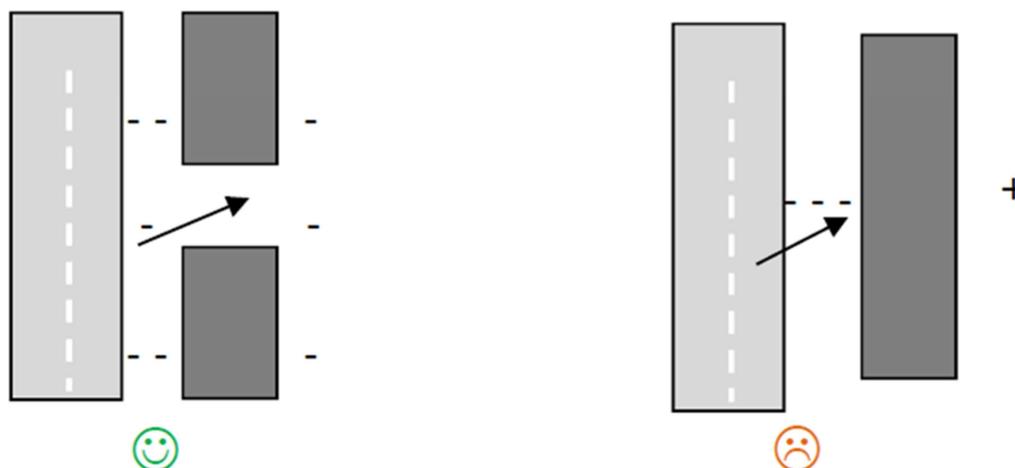
Cet effet d'augmentation de concentration causé par le freinage de la vitesse du vent est souvent appelé « effet de tunnel vert ». Dans ce genre de situations, la dispersion, surtout des particules plus fines, est limitée à un tel point qu'elle ne peut pas être compensée par la filtration des espaces verts.

La perte de vitesse du courant d'air est différente en fonction des espèces plantées et de la densité du branchage.

Une non continuité du bâti est préférable afin de ne pas bloquer les écoulements de vent et donc la dispersion des polluants. La figure suivante illustre ce phénomène. Dans le premier cas, on réduit les

concentrations derrière les bâtiments en évitant de trop dégrader la qualité de l'air côté route. Dans le second cas, on améliore la qualité de l'air derrière le bâtiment mais la dégradation de la qualité de l'air côté route est importante.

Figure 6 : Dispersion des polluants en fonction du bâti



A titre d'exemple, il existe le procédé CANEVAFLOR® qui permet de traiter la pollution atmosphérique par le biais d'un mur végétal. Ce système peut notamment être utilisé pour filtrer l'air intérieur d'un parking avant rejet vers l'extérieur.

- Structure

Ce procédé breveté repose sur un assemblage de cellules en maillage d'acier galvanisé, remplies d'un substrat stable et léger composé d'un mélange de matières organiques et minérales, la masse au mètre carré de mur végétalisé (saturé en eau) variant de 70 à 150 kg/m². Le mur végétalisé de Canevaflor® est autoportant et a une conception de type monobloc. L'absence de rupture dans le remplissage de substrat permet une meilleure répartition de l'eau, une meilleure implantation des végétaux et évite les ponts thermiques et phoniques.

- Support des végétaux

La densité des végétaux varie selon les besoins et le support permet de planter de 30 à 80 plantes par m². Ces végétaux prennent racine dans une épaisseur de substrat allant de 15 à 40 cm d'épaisseur. Ce substrat a fort pouvoir de rétention en eau ne nécessite pas un arrosage et une fertilisation permanente. Le choix des espèces de plantes doit tenir compte des conditions climatiques du site d'installation.

- Système d'irrigation et télégestion

L'irrigation des plantes est assurée par un système d'arrosage automatique utilisant des tuyaux micro-goutteurs. Un pilotage par automate permet d'optimiser l'apport en eau selon les relevés des sondes de température et d'humidité installées dans le mur végétalisé.

- Systèmes de dépollution

Les murs biofiltrants sont équipés d'un second réseau permettant de pulser l'air pollué au cœur du mur végétalisé.

Le choix des végétaux s'effectue selon plusieurs critères :

- Les exigences culturales : exposition, chaleur, besoin en eau... ;
- L'esthétique de la plante : port, feuillage, floraison... ;
- Les soins nécessaires : taille, résistance aux maladies... ;
- Leur potentiel de phyto-remédiation : fixation de métaux lourds, dépollution par le feuillage...

- Dépollution

Le benzène et les NOx sont les polluants majoritairement récupérés/traités par ces plantes dépolluantes.

En conclusion, ce système peut être efficace, mais il demande un investissement évident (équipements optionnels, entretiens des plantes/réseaux d'eau).

La figure suivante présente quelques plantes utilisées pour la dépollution de l'air.

Figure 7 : Plantes extérieures : quelques exemples de plantes utilisées pour la dépollution de l'air



Pour terminer ce paragraphe, nous allons présenter quelques recommandations pour la plantation et la gestion des arbres.

Les différents critères à considérer sont les suivants (liste non exhaustive) :

- polluants ciblés ;
- espace disponible ;
- prise en compte des végétaux allergisants (aulne, bouleau, platane, chêne) ;
- sensibilité des arbres à la pollution.

Dans le cadre de la gestion de la pollution à proximité d'une source de pollution, il faut :

- Veiller à ce que les houppiers de l'arbre puissent laisser passer l'air (> 40 % de porosité optique) afin de favoriser la filtration des polluants, soit par un choix de variété appropriée soit par un entretien des espaces verts adapté ;
- Eviter que des arbres ne freinent trop la vitesse du vent à proximité de la source de pollution (le fameux « effet de tunnel vert ») ce qui peut provoquer localement des concentrations plus élevées, malgré leur fonction d'épuration de l'air ;
- Combiner les arbres à houppier surélevé avec des herbacées et des arbustes au pied des arbres afin de profiter d'un feuillage à tous les niveaux ;
- Planter des arbres en lignes perpendiculairement à la direction du vent prédominant ;

- Utiliser des arbres non seulement à proximité de la source d'émission pour capter le plus de pollution, mais aussi autour des lieux sensibles comme les écoles, les hôpitaux et les maisons de repos.

A l'échelle d'une ville, d'un quartier, les préconisations sont les suivantes :

- Augmenter le nombre de végétaux pour accroître la capacité de filtration (y compris sur les toitures et les murs) ;
- Favoriser de bonnes conditions de croissance ;
- Utiliser des arbres bien adaptés à l'environnement urbain et demandant peu d'entretien ;
- Diversifier les variétés pour lutter contre le cocktail de pollution de manière performante ;
- Utiliser des conifères (de préférence à feuillage persistant) pour une absorption continue des particules de poussière toute l'année ;
- Choisir des feuillus à feuilles plates et larges pour capter efficacement le dioxyde d'azote et l'ozone.

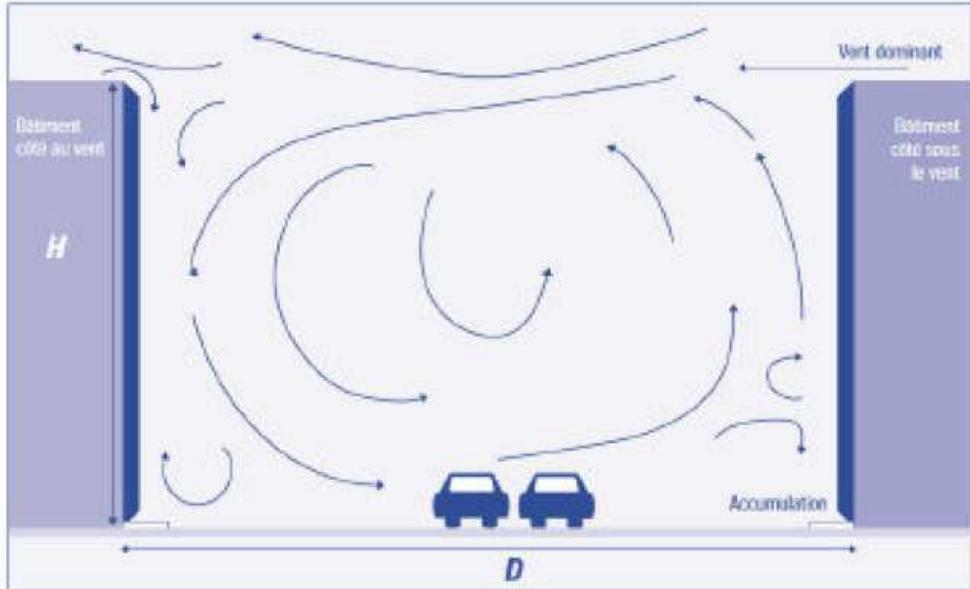
Concernant le choix des espèces, quelques éléments font a priori consensus :

- Favoriser la diversité des types de végétation et des espèces (en particulier un mélange de feuillus et de résineux) ;
- Multiplier autant que faire se peut les plantations, en bordure de voie et aux abords des lieux sensibles ;
- Préserver des zones tampons végétalisées aux abords des infrastructures de transport les plus importantes, avec des profondeurs de plantations d'au moins 8-10 m disposées en bosquets de densité moyenne pour favoriser les effets de lisière et la filtration ;
- Disposer les bandes végétalisées perpendiculairement aux vents prédominants en termes de fréquence.

1.1.2.3 Les rues canyons

Les rues canyons sont des axes où en raison de la faible distance entre les bâtiments, des tourbillons se forment et empêchent les polluants de se disperser.

Figure 8 : Accumulation des polluants dans une rue canyon (source : ADEME)



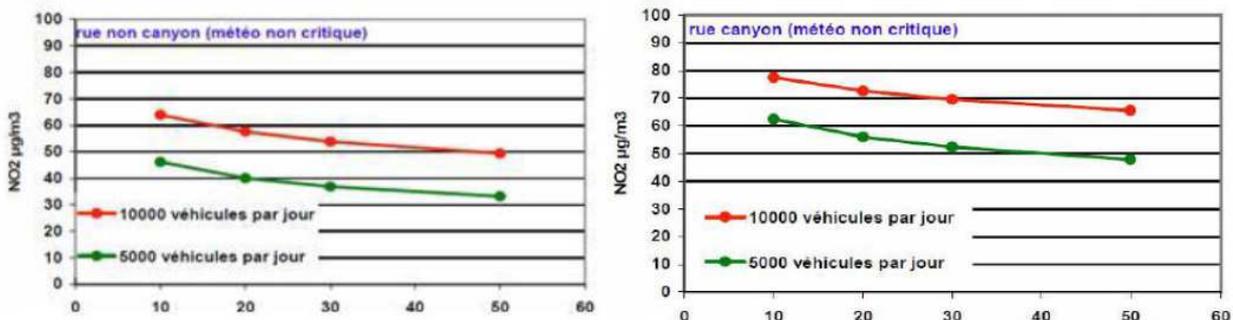
Le risque d'accumulation des polluants est déterminé en fonction du rapport entre la hauteur du bâti (H) et la distance les séparant (D). Un document de l'ADEME précise des ratios en fonction du risque d'accumulation des polluants. Ces ratios montrent que pour des hauteurs de bâtiments supérieures à 1,4 fois la largeur de la voie, des accumulations de polluants sont possibles.

Tableau 3 : Risque d'accumulation des polluants en fonction du ratio H/D - ADEME

Rapport H/D	Type de voirie
< 0,3	Rue large
Entre 0,3 et 0,7	Rue canyon sans risque d'accumulation de pollution
> 0,7	Rue canyon avec risque d'accumulation de pollution

Les concentrations sont alors plus importantes dans cette configuration par rapport à une rue ouverte pour des émissions routières de proximité identiques comme le montre la figure suivante.

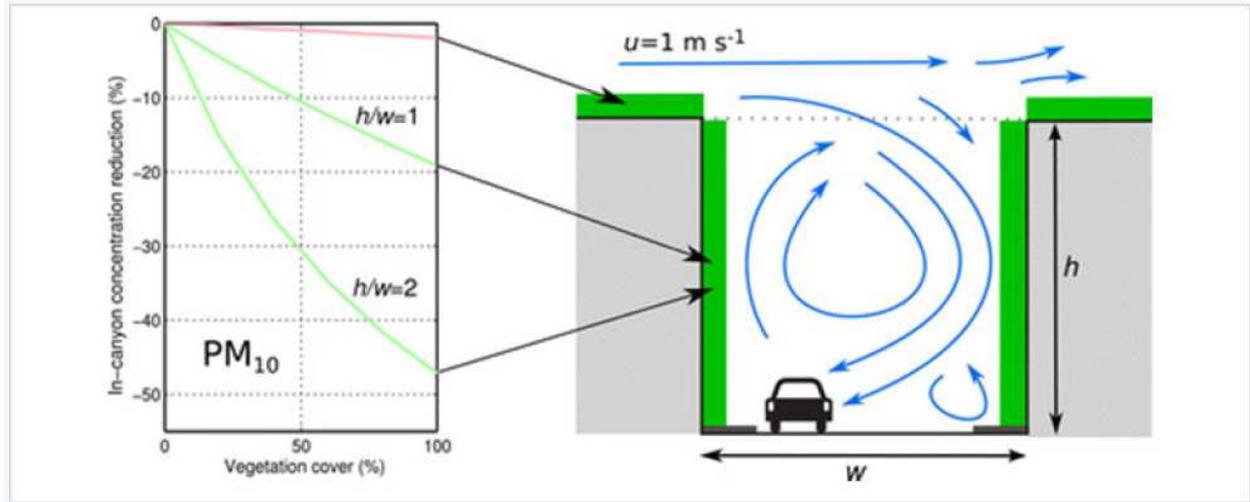
Figure 9 : Comparaison des teneurs en NO₂ entre une rue canyon et non canyon - Etude Lig'Air



Les voies de circulation doivent donc être adaptées aux hauteurs d'immeubles envisagées en tendant le plus possible vers un ratio hauteur sur largeur de la voie inférieur à 0,7. Pour les voies à faible circulation, cette problématique est moins importante compte tenu des faibles émissions.

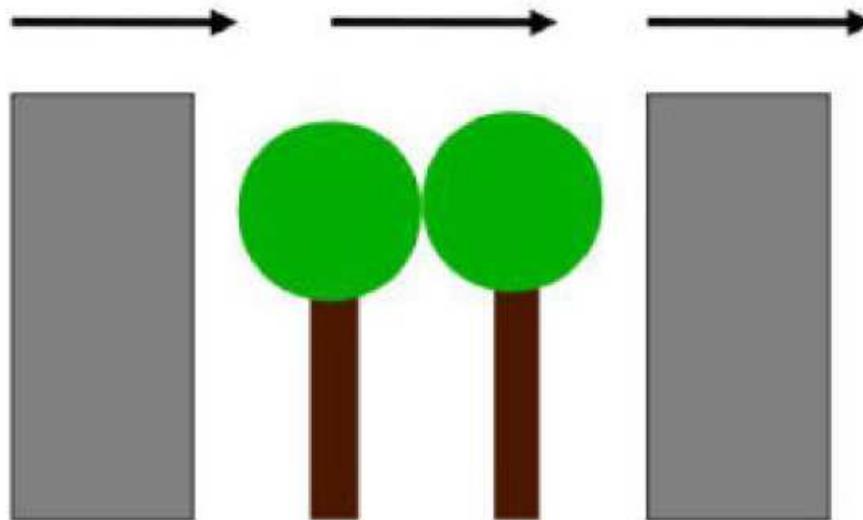
Dans le cas où l'aménagement impose de réaliser des rues canyons, il est possible d'envisager de végétaliser les parois du bâti pour permettre un abattement des concentrations par dépôt. La figure suivante présente l'aménagement et les gains attendus. L'efficacité est améliorée lorsque les vents sont faibles et la rue fortement encaissée. Cette situation en l'absence de végétalisation est la plus problématique vis-à-vis de la qualité de l'air. Une étude a montré qu'un couvert végétal sur le toit des bâtiments ainsi que sur les façades permettrait d'atteindre une réduction entre -20% et -45% de concentrations en polluants dans les rues présentant cette configuration.

Figure 10 : Effet d'une rue canyon végétalisée sur les concentrations en PM10



Pour des axes piétons sans circulation de véhicules, il est toutefois possible de profiter de la configuration canyon en plantant des rangées d'arbres. L'association de la canopée et de la rue canyon permet de limiter la pénétration de la pollution urbaine.

Figure 11 : Protection contre la pollution urbaine



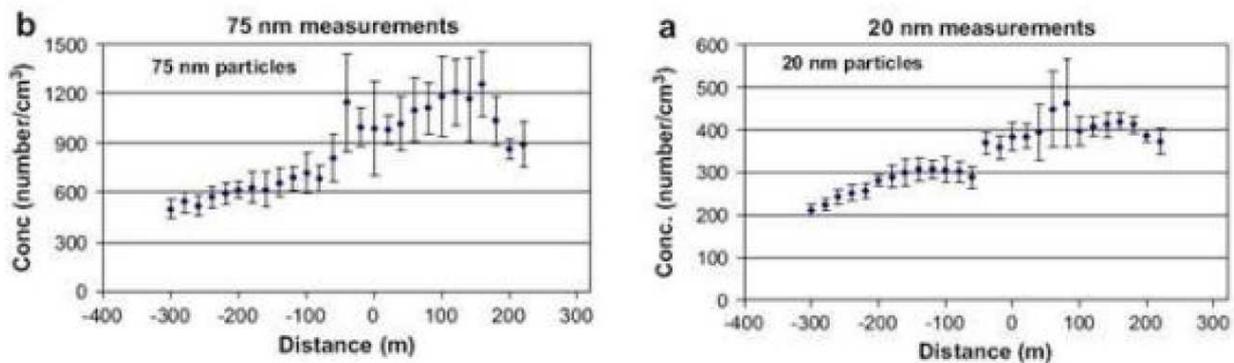
1.1.2.4 Les obstacles physiques : murs anti-bruit

La principale propriété des écrans anti-bruit en termes de lutte contre la pollution atmosphérique routière consiste à dévier les masses d'air provenant de la route et à disperser les polluants en hauteur (selon la taille de l'écran) ou de chaque côté du mur par des phénomènes de turbulences locales.

Cet effet dispersif des écrans acoustiques a été mis en évidence dans un grand nombre d'études. Leur efficacité est observée lorsque les conditions atmosphériques sont favorables (atmosphère instable ou neutre) : des abattements compris entre 10 % et 50 % sont observés en fonction des études et des polluants. Lorsque les conditions atmosphériques sont défavorables (atmosphère turbulente), l'obstacle physique peut avoir un rôle plus faible ou négatif sur la qualité de l'air derrière l'écran. La direction du vent joue également un rôle dans l'efficacité de cette dispersion.

La figure ci-après montre le résultat de mesures de particules réalisées le long d'un axe routier où un tronçon est équipé d'un mur antibruit et l'autre non. Les concentrations ont été obtenues par un camion laboratoire parcourant la longueur du tracé à 15 m de la voie. Les concentrations sont plus faibles derrière l'écran acoustique par rapport au tronçon sans protection. L'abattement est de l'ordre de 50 % pour les particules de 75 nm et 30 % pour les particules de 20 nm.

Figure 12 : Mesures de concentrations de particules le long d'un axe équipé d'un mur anti-bruit (de -300 à 0 m) puis sans mur (de 0 à 250 m)



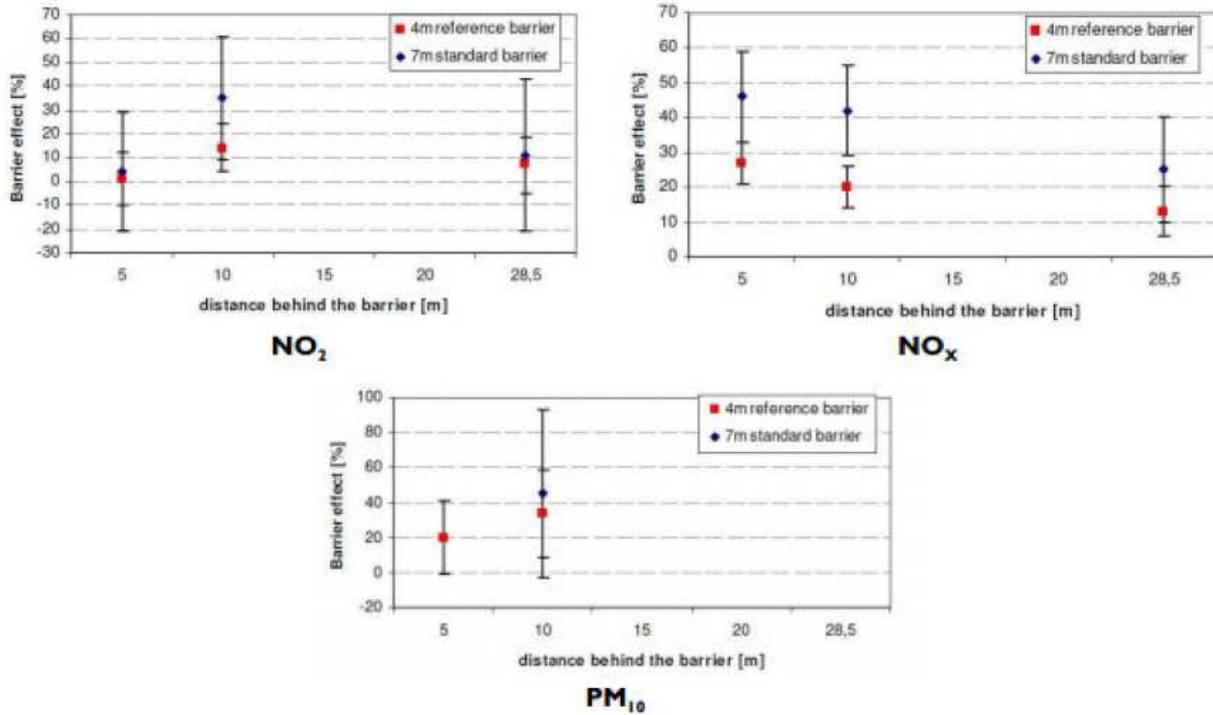
Deux paramètres influencent l'efficacité des écrans :

- La hauteur de l'écran

La hauteur du mur anti-bruit influence directement la hauteur à laquelle les polluants seront émis. Des résultats en soufflerie ont montré que plus le mur est haut, plus l'effet positif sur la qualité de l'air est important.

Une campagne de mesures grandeur nature corrobore ces résultats, même si les abattements constatés sont nettement moins importants que les résultats obtenus en soufflerie. Ainsi, la figure suivante regroupe 3 graphiques qui mettent en évidence l'effet de la hauteur du mur sur la qualité de l'air.

Figure 13 : Evolution des concentrations des NOx, NO2 et PM10 en fonction de la distance à un écran

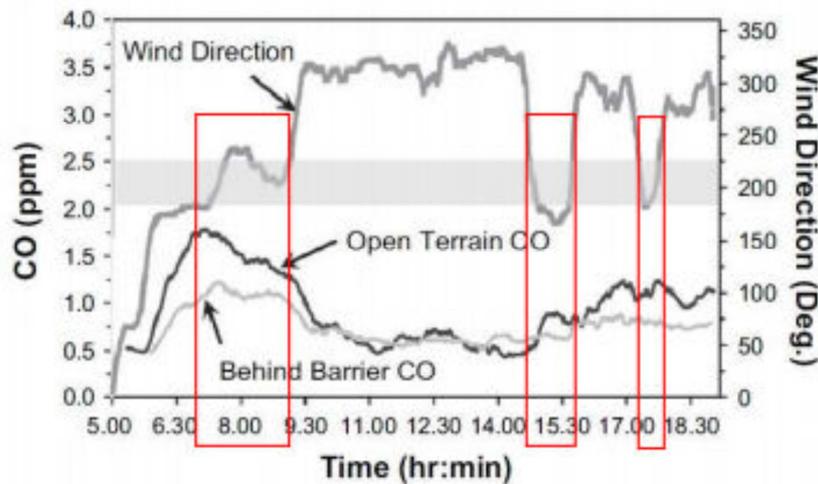


- L'effet du vent

L'incidence du vent par rapport à l'écran acoustique a un impact sur la propriété du mur à disperser les émissions polluantes. La figure suivante met en évidence les variations de concentration du monoxyde de carbone en fonction de la direction du vent pour deux situations, avec et sans obstacle.

La zone grisée du graphique correspond à une direction de vent perpendiculaire au mur : l'efficacité du mur apparaît meilleure pour les tranches horaires concernées (7h30-9h, autour de 15h30, autour de 17h). En revanche, pour les vents parallèles, l'écran acoustique piège les polluants ce qui augmente légèrement la concentration.

Figure 14 : Variation des concentrations en fonction des directions de vent



1.2 Air intérieur

1.2.1 Localisation des sites sensibles

Les problématiques d'air intérieur sont pour une part directement liées aux polluants extérieurs qui s'immiscuent par les ouvrants. La gestion de l'air intérieur doit donc dans un premier temps rapprocher la fonction du bâtiment à implanter de sa localisation par rapport aux polluants extérieurs. Aussi, il est nécessaire de privilégier les espaces les plus sains pour les établissements sensibles en privilégiant ceux de la petite enfance. Les localisations à envisager pour ce type d'établissement concernent les zones pour lesquelles les émissions sont faibles ou l'impact des entités polluantes minimal :

- Comme vu précédemment, la présence d'obstacles physiques peut permettre d'orienter les dispersions et ainsi réduire les expositions. Les établissements de la petite enfance peuvent donc être implantés sur des zones en retrait des axes principaux derrière des bâtiments, des murs ou des écrans prévus à cet effet.
- Si une zone en retrait n'est pas possible et que l'établissement se situe à proximité des routes, il convient d'éviter les zones de ralentissement, d'accumulation et de congestion. Les parties de voirie qui présentent des feux rouges ou des carrefours sont donc à proscrire. Pour exemple, le site de mesure situé à proximité d'un carrefour présente la concentration la plus élevée de zone d'étude. De plus, afin d'éviter que la présence de l'établissement ne génère des congestions dues à l'arrivée et au départ des enfants et entraînent des surémissions, des zones tampons, laissant la possibilité aux voitures de stationner sont à prévoir.

1.2.2 Conception des bâtiments et choix des matériaux

Afin de limiter l'exposition, il convient de concevoir les bâtiments de manière à exposer les pièces à vivre sur les façades les moins exposées à la pollution routière.

De plus, il faut prévoir des ventilations doubles flux pour permettre un apport d'air sain (prélevé en toiture, système de filtration). Ces ventilations double flux sont, en plus, équipées de filtres pour prévenir l'encrassement de l'échangeur. Ces filtres, en limitant l'entrée de poussières, de pollens ou encore de particules fines, contribuent à la qualité de l'air intérieur, à condition de faire l'objet d'un entretien régulier.

Enfin, il est pertinent de sélectionner des matériaux faiblement émissifs en se rapprochant des normes et labels existants.

2. Mesures destinées à limiter les impacts du projet en phase chantier

2.1 Description des sources de pollution potentielle

En phase chantier, les travaux d'aménagements du quartier seront principalement constitués par :

- les terrassements : décapage des zones à déblayer, dépôt et compactage des matériaux sur les zones à remblayer ;
- les travaux de voiries et réseaux divers ;
- les constructions de bâtiments ;
- la construction des parkings.

La réalisation du projet pourrait provoquer des perturbations de trafic. Les principaux impacts sur la qualité de l'air du projet en phase chantier se traduiront donc par :

- des envolées de poussières dues aux travaux (les poussières soulevées par les engins durant les phases de terrassement/remblai et de manipulation des matériaux) : ces émissions seront dues à la fragmentation des particules du sol ou du sous-sol. Elles seront d'origines naturelles et essentiellement minérales ;
- des émissions de monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, oxydes d'azote, composés organiques volatiles et métaux lourds (plomb, cadmium, vanadium) liées à la circulation des engins de chantier et des poids lourds (chargement et le transport des matériaux).

2.2 Mesures de réduction des émissions

En ce qui concerne les envolées de poussières, celles-ci seront fortement dépendantes des conditions météorologiques (celles-ci seront étudiées dans l'étude « Air et Santé »). Afin d'en limiter l'impact, et donc la pollution de l'air ou les dépôts sur la végétation aux alentours qui pourraient en résulter, il est conseillé d'arroser les pistes par temps sec et venteux.

D'autres procédés relativement simples peuvent être mis en place : brumisation des stocks de matériaux pulvérulents, bâchage des camions transportant des matériaux. Ces bonnes pratiques sont aujourd'hui très largement répandues. Elles représentent désormais des principes de base dans la conduite des chantiers. Tout comme la mise en place de stations de lavage des roues de camions en sortie de chantier (ou des routes non pavées). Cette technique permet de maintenir propre les abords d'un chantier, tout en évitant de disperser de la terre et de générer ainsi des sources supplémentaires d'émissions de poussières. De façon alternative, il est possible de construire une piste de grave non traitée 0/31.5 ou équivalent. En cas de salissure de la voie publique, les entreprises assureront sans délais le nettoyage. Dans le cas contraire, elles pourront faire appel au service de la propreté, aux frais des entreprises concernées.

En ce qui concerne l'émission des gaz d'échappement issus des engins de chantier, celle-ci sera limitée car les véhicules utilisés respecteront les normes d'émission en vigueur en matière de rejets atmosphériques (utilisation d'engin de chantier récents soumis à norme de pollution plus contraignante).

Des moyens d'évacuation des déchets et des matériaux alternatifs type péniche pourront également être envisagés.

Il existe d'autres mesures de réduction pouvant être mises en œuvre pouvant être classées en 3 catégories :

- Organisation du chantier
 - Les tas de déchets ou tout autre tas de stockage susceptibles d'émettre des poussières doivent être bâchés, avec la mise en place d'un système de réduction du vent limitant le processus d'érosion, notamment des stabilisateurs de sols ;
 - L'application d'un stabilisateur de sol est conseillée au niveau de toute les zones qui restent inutilisées pendant plus de 96 heures (source : « California Air Resources Board », CARB) ;
 - Les routes pavées en limite du chantier doivent être fréquemment nettoyées (brumisation, jet d'eau recyclée, etc.).

- Circulation
 - Elaborer un plan de trafic afin de minimiser les interférences de circulation liée à la co-activité. Le plan pourra inclure des informations pour le public, l'utilisation des transports en commun et des aires de stationnement ;
 - Toutes les opérations affectant le trafic devront être préférentiellement planifiées pendant les heures creuses ;
 - Une personne dédiée pourra être engagée afin de guider le trafic et assurer la sécurité sur le chantier ;
 - L'ensemble des processus de transfert des déchets de construction (entre un point A et B) doit être réalisé en minimisant la distance de transport entre les deux points ;
 - Mettre en place un système de régulation du trafic sur les voies publiques adjacentes pour faciliter les entrées / sorties des camions de transports et éviter la formation de bouchons routiers en amont pour ainsi réduire les émissions issues des gaz d'échappement ;
 - Limiter les vitesses de circulation des véhicules et des engins sur le chantier à 15 km/h.

- Surveillance de la qualité de l'air
 - Mettre en place un suivi de la qualité de l'air en temps réel des poussières ayant pour but de déclencher des mesures de réduction des émissions jusqu'à l'interruption temporaire du chantier notamment dans des conditions de vents défavorables ;
 - L'aménageur doit prévoir des réserves d'eau disponibles à tout moment afin d'abattre les émissions de poussières visibles.

3. Efficacité des mesures de réduction

En l'état, il n'existe que très peu d'approche permettant de quantifier l'impact des mesures de réduction sur la qualité de l'air mises en place sur un site d'aménagement. Les seules disponibles dans la littérature sont globalement centrées sur les émissions générées lors d'un chantier. Les facteurs d'atténuation qui en découlent reflètent les mesures considérées comme génériques. A titre d'exemple, la méthodologie de calcul des émissions atmosphériques Européenne EMEP, dernière version en date de 2016, rapporte que l'arrosage des routes non pavées contribue à un abattement des émissions d'environ 50 % en moyenne⁷, mesure particulièrement efficace en période sèche et dans des conditions de vents forts.

L'outil développé par le CARB, CalEEMod, via une interface graphique, estime rapidement les rejets de polluants d'un projet de façon à répondre aux exigences réglementaires locales : en effet, les autorités environnementales en Californie fixent des seuils d'émissions à ne pas dépasser pour les chantiers (non-appliqués en France). CalEEMod permet également d'ajuster les valeurs d'émissions en tenant compte des actions de réduction (réduction des temps de fonctionnement des engins, arrosage, brumisation, etc.). Cet outil est particulièrement utile pour évaluer l'efficacité des mesures opérées en comparant plusieurs scénarios de réduction.

L'ADEME a publié en 2017⁸ un rapport d'état des connaissances sur les mesures d'atténuation sur des chantiers de bâtiment et de travaux publics en faveur de la qualité de l'air. Ce rapport propose une synthèse d'étude de cas détaillées comme retours d'expérience sur l'impact de chantiers sur la qualité de l'air. Dans l'ensemble, les études montrent que la prise de mesure simples, comme l'arrosage des routes non-pavées, contribuent à une diminution des concentrations en air ambiant des poussières fines (PM10). De façon analogue, la diminution des temps de fonctionnement des engins permet de réduire les concentrations des polluants issus des pots d'échappement. Toutefois ces actions de réduction n'ont pas été quantifiées dans ce rapport.

⁷ EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016

⁸ ADEME, SETEC Energie Environnement, BIO by Deloitte – Marion THILL, Arianna de TONI. 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 - Rapport- 142 pages.

CONCLUSION

Dans le cadre du projet d'aménagement relatif à la transformation du site Charenton-Bercy, la présente étude concerne les mesures de lutte contre la pollution atmosphérique, d'une part en phase chantier lors des travaux d'aménagement et d'autre part dans le cadre de ce projet.

Deux phases ont été distinguées pour la prise en compte des mesure d'atténuation : une phase chantier et une phase d'exploitation du projet. Des recommandations ont été présentées spécifiquement à chacune de ces phases pour permettre de limiter l'impact sur la qualité de l'air du projet. Un dernier volet traitant de l'efficacité des mesures de réduction a été également été présenté.

A noter que ce document est rapport préliminaire qui sera adapté en fonction des résultats de l'étude Air et Santé, notamment sur le positionnement des bâtiments dans un objectif de réduction des impacts sur les futurs occupants.