

ÉTUDE AIR ET SANTÉ

ETUDE DE L'IMPACT SUR LA QUALITÉ DE L'AIR ET LA SANTÉ DE L'OPÉRATION D'AMÉNAGEMENT « PHARES ET BALISES »

12 avril 2021



Informations relatives au document

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Auteur(s) Baptiste ABOUD
Volume du document Étude Air et Santé
Version RT25_SPLA-PhareEtBalises-2021-BABB-V0

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Version	Date	Rédigé par	Visé par	Modifications
V1	12/04/2021	Baptiste ABOUD Vincent MICHAUD	Hélène PIET	

Table des matières

1 - PRÉAMBULE.....	11
1.1 - Objet de l'étude	11
1.2 - Rappel réglementaire.....	12
1.3 - Cadre réglementaire de l'étude	13
1.3.1 - Niveau de l'étude	13
1.3.2 - Contenu de l'étude.....	14
1.3.3 - Horizons d'étude	15
1.3.4 - Zone d'étude	15
1.3.5 - Polluants étudiés	17
1.4 - Notions générales sur les polluants atmosphériques.....	17
1.4.1 - Origine et toxicité des principaux polluants atmosphériques	17
1.4.2 - Réglementation dans l'air ambiant	22
2 - CARACTÉRISATION DE L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE	24
2.1 - Populations et lieux vulnérables.....	24
2.1.1 - Densité et population générale.....	24
2.1.2 - Établissements vulnérables	26
2.2 - Émissions polluantes	29
2.2.1 - Émissions polluantes de la métropole d'Aix-Marseille-Provence.....	29
2.2.2 - Sources d'émissions industrielles dans la zone d'étude	37
2.3 - Qualité de l'air.....	38
2.3.1 - Surveillance permanente.....	38
2.3.2 - A proximité de la zone d'étude	41
2.3.3 - Documents de planification pour l'air et la santé	44
2.3.4 - Mesures in situ de la qualité de l'air.....	50
2.4 - Conclusion	68
3 - ÉVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITÉ DE L'AIR.....	69
3.1 - Méthodologie	69
3.1.1 - Réseau routier et trafics	69
3.1.2 - Évaluation des émissions routières.....	74
3.1.3 - Évaluation des teneurs en polluants.....	74
3.2 - Évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air.....	77
3.2.1 - Bilan des émissions routières dans la zone d'étude.....	77
3.2.2 - Évaluation des teneurs dans l'air ambiant.....	84
3.3 - Synthèse	94
4 - ÉVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR L'EXPOSITION DES POPULATIONS	96
4.1 - Méthodologie	96

4.2 - Estimation de la population dans la bande d'étude	96
4.3 - Résultats de l'IPP	97
4.4 - Conclusion de l'IPP	98
5 - ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES.....	99
5.1 - Rappel méthodologique	99
5.2 - Identification des dangers et des scénarios d'exposition	100
5.2.1 - Considérations générales sur les substances et les valeurs toxicologiques de références.....	100
5.2.2 - Scénario d'exposition	101
5.2.3 - Choix des traceurs de risque.....	101
5.2.4 - Choix des relations dose réponse	102
5.3 - Évaluation de l'exposition des populations.....	106
5.3.1 - Paramètres d'exposition.....	106
5.3.2 - Évaluation de l'exposition par inhalation.....	108
5.3.3 - Évaluation de l'exposition par ingestion	112
5.4 - Caractérisation de risques sanitaires en exposition chronique	117
5.4.1 - Caractérisation du risque par inhalation.....	117
5.4.2 - Caractérisation du risque par ingestion.....	122
5.4.3 - Effets additifs à seuil	124
5.4.4 - Effets additifs cancérigènes	125
5.5 - Caractérisation de risques sanitaires en exposition aiguë	126
5.5.1 - Méthodologie.....	126
5.5.2 - Caractérisation du risque sanitaire aigu	127
5.6 - Revue des incertitudes	128
5.6.1 - Facteurs de sous-estimation des risques	128
5.6.2 - Facteurs de surestimation des risques	128
5.6.3 - Facteurs d'incertitude dont l'influence sur le résultat n'est pas connu	128
5.6.4 - Synthèse des facteurs d'incertitude	129
5.7 - Conclusion	130
6 - ÉVALUATION DE L'IMPACT DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE SUR L'ENVIRONNEMENT	131
6.1 - Pollution sensible	131
6.1.1 - Odeurs	131
6.1.2 - Transparence de l'air.....	132
6.1.3 - Nuages de poussière	132
6.2 - Pollution atmosphérique et environnement	133
6.2.1 - Effets sur les sols.....	133
6.2.2 - Effets sur la flore.....	133
6.2.3 - Effets sur la faune.....	134
6.2.4 - Effets sur les bâtiments	135

6.2.5 - Effets sur l'économie.....	136
6.3 - Gaz à effet de serre.....	136
6.3.1 - Dérèglement climatique	136
6.3.2 - Actions des GES.....	136
6.3.3 - Calcul des émissions de GES liées au projet	138
6.4 - Consommation énergétique.....	139
7 - LES MESURES ET LA DÉMARCHE ERC « EVITER, RÉDUIRE, COMPENSER ».....	140
7.1 - Doctrine ERC - Généralités.....	140
7.2 - Effets en phase chantier et mesures associées	140
7.2.1 - Effets.....	140
7.2.2 - Mesures	140
7.3 - Effets du projet et mesures associées.....	141
7.3.1 - Effets.....	141
7.3.2 - Mesures architecturales (Évitement et Réduction)	141
7.3.3 - Mesures paysagères (Évitement et Réduction).....	142
7.3.4 - Mesures liées au transport (Évitement et Réduction)	145
7.3.5 - Autres mesures	146
8 - MONÉTARISATION ET ANALYSE DES COÛTS COLLECTIFS LIÉS À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ET À L'EFFET DE SERRE.....	147
8.1 - Méthodologie	147
8.1.1 - Monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique.....	147
8.1.2 - Monétarisation des coûts collectifs liés à l'effet de serre	149
8.1.3 - Monétarisation des effets amont – aval	150
8.1.4 - Prise en compte des risques.....	150
8.2 - Résultats de la monétarisation.....	151
8.2.1 - Monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique.....	151
8.2.2 - Monétarisation des coûts collectifs liés à l'effet de serre	152
8.2.3 - Monétarisation des coûts collectifs liés aux effets amont – aval.....	152
8.2.4 - Synthèse	152
9 - CONCLUSION	154
10 - ANNEXES	157
10.1 - Fiches de mesure	157
10.2 - Fiches toxicologiques.....	174
10.2.1 - Arsenic.....	174
10.2.2 - Benzène.....	177
10.2.3 - Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques - HAP	179
10.2.4 - 1,3-butadiène.....	180
10.2.5 - Chrome.....	182

10.2.6 - Dioxyde d'azote	183
10.2.7 - Nickel	185
10.2.8 - Poussières PM2.5 et PM10	187
10.3 - Paramètres de calcul des doses ingérées	188

TABLEAUX

Tableau 1 – Niveau d'étude en fonction du trafic, de la densité de population et de la longueur du projet	14
Tableau 2 – Critères nationaux de la qualité de l'air	23
Tableau 3 – Densité de population des IRIS et des zones d'habitats à proximité du projet (hab./km ²)	25
Tableau 4 – Population des Iris et dans la bande d'étude	25
Tableau 5 – Etablissements vulnérables à proximité de l'emprise du projet.....	27
Tableau 6 – Émissions atmosphériques industrielles à Aix-en-Provence.....	37
Tableau 7 - Teneurs moyennes annuelles pour les stations AtmoSud retenues en 2019.....	42
Tableau 8 – Teneurs moyennes annuelles en HAP (hors benzo(a)pyrène) pour la station Aix Ecole d'Art.....	42
Tableau 9 – Objectifs sectoriels du SRCAE Provence-Alpes-Côte d'Azur	45
Tableau 10 – Objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre du SRCAE Provence-Alpes-Côte d'Azur	45
Tableau 11 – Objectifs de réduction des émissions du PPA des Bouches du-Rhône aux horizons 2015 et 2020	46
Tableau 12 – Critères de localisation des sites de mesures Egis	55
Tableau 13 – Températures et précipitations relevées à la station de Marseille Marignane - Aéroport	58
Tableau 14 – Concentrations en NO ₂ mesurées durant les campagnes de mesures	60
Tableau 15 – Concentrations en benzène mesurées durant les campagnes de mesures	61
Tableau 16 – Concentrations en PM ₁₀ mesurées durant les campagnes de mesures.....	63
Tableau 17 – Résultats des mesures – Métaux	64
Tableau 18 – meteorologie pendant la campagne de mesures - au chrome VI de Marseille Marignane - Aéroport.....	65
Tableau 19 – Résultats des mesures – chrome vi campagne de 2021	66
Tableau 20 – Résultats des mesures – HAP	66
Tableau 21 - Trafics du réseau routier	72
Tableau 22 - Trafics du réseau routier	73
Tableau 23 – Principaux paramètres pour la dispersion atmosphérique dans ADMS Roads	76
Tableau 24 - Bilan des émissions routières à l'État de référence – 2020	78
Tableau 25 - Bilan des émissions routières au Fil de l'eau - 2025	79
Tableau 26 - Bilan des émissions routières à l'État projeté – 2025	80
Tableau 27 - Bilan des émissions routières à l'État Fil de l'eau + 5 ans – 2030.....	81
Tableau 28 - Bilan des émissions routières à l'État Projeté + 5 ans – 2030.....	82
Tableau 29 – Concentrations moyennes – Teneurs en air ambiant	92
Tableau 30 – IPP du dioxyde d'azote dans l'emprise du projet.....	97
Tableau 31 – Polluants retenus pour l'évaluation des risques sanitaires	102
Tableau 32 – Facteurs d'équivalence toxique	103
Tableau 33 – Valeurs Guide pour une exposition chronique par inhalation	104
Tableau 34 – VTR pour une exposition chronique par inhalation pour des effets à seuil.....	104
Tableau 35 – ERU pour une exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuil.....	105
Tableau 36 – VTR pour une exposition aiguë par inhalation.....	105
Tableau 37 – VTR pour une exposition chronique par ingestion pour des effets à seuil	105
Tableau 38 – ERU pour une exposition chronique par ingestion pour des effets sans seuil	106
Tableau 39 – Paramètres d'exposition dans le cadre de l'EQRS pour une exposition par inhalation et par ingestion	106
Tableau 40 – Scénarios utilisés pour l'ERS.....	108
Tableau 41- Concentrations moyennes annuelles d'exposition pour les substances traceurs du risque par inhalation en exposition chronique.....	109
Tableau 42- Concentrations maximales d'exposition pour les substances traceurs du risque par inhalation en exposition aiguë (1/2)	111

Tableau 43 - Concentrations maximales d'exposition pour les substances traceurs du risque par inhalation en exposition aiguë (2/2).....	111
Tableau 44 – Bruit de Fond pour chaque polluant étudié.....	112
Tableau 45 – Flux de dépôts au sol pour les traceurs HAP.....	113
Tableau 46 - Dose journalière d'exposition des enfants pour les traceurs de risque considérés par ingestion en exposition chronique.....	116
Tableau 47 - Concentrations inhalées pour le dioxyde d'azote et les particules vs Valeurs Guides OMS.....	119
Tableau 48- Quotient de danger – Exposition chronique pour les effets à seuil.....	120
Tableau 49- Excès de risque individuel – Exposition chronique pour les effets sans seuil.....	121
Tableau 50 – Quotient de danger – Exposition chronique pour les effets à seuil par ingestion.....	122
Tableau 51 – Excès de Risque Individuel – Exposition chronique pour les effets sans seuil par ingestion.....	124
Tableau 52 - Caractérisation globale du risque pour les effets à seuil à R1 dans l'état Actuel.....	125
Tableau 53 - Caractérisation Globale du Risque pour les effets sans seuil.....	126
Tableau 54 – Quotient de danger – Exposition aiguë par inhalation.....	127
Tableau 55 – Tableau des principaux PRG à 100 ans.....	137
Tableau 56 – Bilan des émissions de dioxyde de carbone du réseau routier étudié (en kg/jour).....	138
Tableau 57 – Consommation énergétique (en kg/jour).....	139
Tableau 58– Valeurs de référence de la pollution atmosphérique pour le mode routier.....	147
Tableau 59 – Répartition des véhicules en 2020, 2025 et 2030.....	148
Tableau 60 – Répartition de l'urbanisation dans l'emprise du projet.....	148
Tableau 61 – Valeurs de référence de la tonne de dioxyde de carbone.....	149
Tableau 62 – Taux d'évolution du prix en € ₂₀₁₈ de la tonne de dioxyde de carbone.....	149
Tableau 63 – Coût de la tonne de CO ₂ en € ₂₀₁₈	150
Tableau 64 – Valeurs tutélaires des émissions atmosphériques en € ₂₀₁₈ pour 100 véh.km.....	150
Tableau 65 – Taux d'actualisation des risques liés à la construction.....	151
Tableau 66 – Monétarisation des coûts annuels liés à la pollution atmosphérique.....	151
Tableau 67 – Monétarisation des coûts annuels liés à l'effet de serre.....	152
Tableau 68 – Monétarisation des coûts collectifs liés aux effets amont – aval.....	152
Tableau 69 – Synthèse des coûts annuels liés à la pollution atmosphérique, à l'effet de serre et aux effets amont – aval.....	152
Tableau 70 – Présentation des ERU pour les effets sans seuil par inhalation de l'arsenic.....	175
Tableau 71 – Présentation des VTR pour les effets à seuil par inhalation de l'arsenic.....	175
Tableau 72 – Présentation des ERU pour les effets sans seuil par ingestion de l'arsenic.....	176
Tableau 73 – Présentation des VTR pour les effets sans seuil par ingestion de l'arsenic.....	176
Tableau 74 – Présentation des VTR pour les effets à seuil par inhalation du benzène.....	177
Tableau 75 – Présentation des VTR pour les effets sans seuil par inhalation du benzène.....	178
Tableau 76 – Présentation des VTR pour des effets en exposition aiguë pour le benzène.....	178
Tableau 77 – Présentation des ERU pour les effets sans seuil par inhalation de benzo(a)pyrène.....	179
Tableau 78 – Présentation des VTR pour les effets à seuil par inhalation de benzo(a)pyrène.....	180
Tableau 79 – Présentation des VTR pour les effets sans seuil par ingestion des HAP.....	180
Tableau 80 – Présentation des VTR pour les effets à seuil par ingestion du benzo(a)pyrène.....	180
Tableau 81 – Présentation des VTR par inhalation du 1,3-butadiène.....	181
Tableau 82 – Présentation des ERU par inhalation du 1,3-butadiène.....	181
Tableau 83 – Présentation des ERU pour les effets sans seuil par inhalation du chrome VI.....	182
Tableau 84 – Présentation des VTR pour les effets à seuil par inhalation du chrome VI particulaire.....	183
Tableau 85 – Présentation des VTR pour les effets à seuil par ingestion de chrome III.....	183
Tableau 86 – Présentation de la valeur guide pour les effets à seuil par inhalation des NOx.....	184
Tableau 87 – Présentation des VTR pour les effets en exposition aiguë pour le NO ₂	184
Tableau 88 – Présentation des ERU pour les effets sans seuil par inhalation du nickel.....	185
Tableau 89 – Présentation des VTR pour les effets à seuil par inhalation du nickel.....	186
Tableau 90 – Présentation des VTR pour les effets à seuil par ingestion du nickel.....	186

Tableau 91 – Présentation des valeurs guide pour les effets à seuil par inhalation en exposition chronique des PM2.5 et PM10.....	187
Tableau 92 – Présentation des valeurs guide des particules pour une exposition aiguë des PM2.5 et PM10	187
Tableau 93 – Concentration de polluants dans les végétaux par type de végétaux	188
Tableau 94 – Concentrations de polluants dans les végétaux par type de polluants.....	188
Tableau 95 – Paramètres physiologiques d'exposition	188
Tableau 96 – Quantités d'aliments autoconsommés	189

FIGURES

Figure 1 – Zone d'étude – Emprise du projet.....	16
Figure 2 – Densité des IRIS à l'horizon 2016	26
Figure 3 – Établissements vulnérables	28
Figure 4 – Émissions d'oxydes d'azote en 2017 de la métropole d'Aix-Marseille-Provence	30
Figure 5 – Émissions de dioxyde de soufre en 2017 de la métropole d'Aix-Marseille-Provence.....	31
Figure 6 – Émissions de COVNM en 2017 de la métropole d'Aix-Marseille-Provence	32
Figure 7 – Émissions de monoxyde de carbone en 2017 de la métropole d'Aix-Marseille-Provence	33
Figure 8 – Émissions de PM10 en 2017 de la métropole d'Aix-Marseille-Provence	35
Figure 9 – Émissions de PM2.5 en 2017 de la métropole d'Aix-Marseille-Provence	36
Figure 10 – Réseau de surveillance de la qualité de l'air	38
Figure 11 – Indice ATMO de l'est des Bouches-du-Rhône en 2016	41
Figure 12 – Nouveau code couleur de l'indice ATMO	41
Figure 13 – Localisation des stations ATMOSud et des stations Météo France.....	43
Figure 14 – Réduction des émissions par rapport à 2005.....	48
Figure 15 – Amélioration de la qualité de l'air.....	48
Figure 16 – Disposition des capteurs de dioxyde d'azote et de benzène dans le boîtier	52
Figure 17 – Capteurs NEMO	53
Figure 18 – Photographies des sites de mesures 09 et 06.....	55
Figure 19 – Plan d'échantillonnage	56
Figure 20 – Roses des vents enregistrées lors des campagnes de mesures et rose des vents normale sur 30 ans.....	57
Figure 21 – Photographie du site de mesure Egis et de la station AtmoSud d'Aix Ecole d'Art	59
Figure 22 – Concentrations en NO2 mesurées durant les campagnes de mesures	60
Figure 23 – Concentrations en benzène mesurées durant les campagnes de mesures	62
Figure 24 – Concentrations en PM10 mesurées durant les campagnes de mesures.....	63
Figure 25 – Point de mesure Chrome VI	65
Figure 26 – Réseau routier retenu	71
Figure 27 - Évolution des émissions totales par polluant et par horizon	83
Figure 28 – Teneurs en dioxyde d'azote – Etat de Référence (2020).....	86
Figure 29 – Teneurs en dioxyde d'azote – Etat Fil de l'Eau (2025).....	86
Figure 30 – Teneurs en dioxyde d'azote – Etat Projeté (2025)	87
Figure 31 – Teneurs en dioxyde d'azote – Etat Fil de l'Eau (2030).....	87
Figure 32 – Teneurs en dioxyde d'azote – Etat Projeté (2030).....	88
Figure 33 – Zoom sur le quartier Phares&Balises 2025	89
Figure 34 – Zoom sur le quartier Phares&Balises 2030	90
Figure 35 _ Localisation des points Récepteurs.....	91
Figure 36 – IPP du dioxyde d'azote dans l'emprise du projet	97
Figure 37 – Localisation des points récepteurs	107
Figure 38 – Comparaison de situation sans et avec une pollution provoquant un smog à Paris.....	132

Figure 39 – Ré-envol des résidus de stockage d’une usine de production d’alumine	133
Figure 40 – Impact foliaire de l’ozone	134
Figure 41 – Impact des pluies acides sur une forêt de conifères	134
Figure 42 – Impact de la pollution atmosphérique sur les matériaux	135
Figure 43 - Organisation de la mobilité au sein des îlots	146

1 - PRÉAMBULE

1.1 - Objet de l'étude

La Société Publique Locale d'Aménagement (SPLA) Pays d'Aix Territoire est le concessionnaire de la métropole Aix-Marseille. Dans le cadre du renouvellement urbain du quartier Encagnane d'Aix-en-Provence, la SPLA Pays d'Aix Territoire est chargée du Projet de Renouvellement Urbain (PRU) du quartier « Phares et balises ». Identifié comme prioritaire, le quartier d'Encagnane est en effet inscrit dans le nouveau programme national de renouvellement urbain.

Le quartier « Phares et balises » d'Encagnane regroupe plus de 10 000 habitants et est situé sur le secteur sud à la sortie d'Aix-en-Provence, à proximité immédiate de 2 autoroutes : l'A8 et l'A51. Ce projet d'aménagement, d'une superficie de 47 600 m², permettra de recréer le dialogue urbain entre le secteur « Phares et balises » et le quartier d'Encagnane. L'objectif est de faire du secteur Phares&Balises un lieu à habiter et à vivre pour tout le quartier, visant à améliorer la qualité de vie et protéger les habitants de ce quartier des nuisances des axes autoroutiers. Afin d'y parvenir le projet s'articulera autour des quatre axes principaux :

- **Par un bouclage et maillage viaire** répondant à l'organisation viaire et fonctionnelle actuelle d'Encagnane offrant des ouvertures et porosités entre le site et le quartier, les îlots, les lieux de vie etc.
- **En prolongeant la trame urbaine du quartier** : recréer le dialogue urbain d'Encagnane par des alignements, des formes urbaines qui répondent à l'organisation existante d'Encagnane.
- **Au travers des lieux de vie et de rencontre**, de convivialité : alignements urbains, parvis, salons etc. qui connectent le projet au quartier d'Encagnane et autre et où l'usage est clairement identifié afin de faciliter l'appropriation par les habitants (lieux à vivre, à flâner, à circuler, à sporter...)
- **Par des parcours doux**, lisibles et sécuritaires offrant une lisibilité et la sécurité des accès et des espaces publics, ce qui présente un impact dans la perception des distances et l'utilisation des espaces.

De plus, le projet a pour objectif de répondre aux besoins des habitants :

- **Concilier la programmation urbaine et la résidentialisation**, faire une utilisation économe de l'espace et de la densité
 - **La Compacité du projet permet une certaine densité** et la réponse à une programmation importante et création de logements (dont 25% LLS). Tout en gardant à l'esprit une dé-densification en terme de formes urbaines.
 - **Une composition urbaine dans l'esprit d'Encagnane** : alignement le long de l'avenue Schweitzer, retrait paysager (10m) + Cœur d'îlot paysager et ouvert + bâtiments sculptés en terrasses
- **Créer un quartier dynamique** : c'est l'opportunité d'une mixité urbaine et sociale dans la programmation globale du projet et une certaine diversité des fonctions (logements, équipements, services, activités etc.)
 - **En répondant aux besoins en logements** pour tous par une mixité sociale au travers de l'offre de logements
 - **En proposant une offre en activités, équipements, services de proximité** en lien avec les quartiers alentours et le développement urbain et social futur d'Encagnane.

Aux regards de la localisation du projet, les partenaires du PRU ont souhaité engagé une réflexion sur les questions environnementales du projet. Dans le cadre de ce projet d'aménagement, la SPLA a mandaté en 2020 Egis Environnement pour réaliser une analyse de l'état initial de la qualité de l'air afin d'établir un diagnostic de la pollution atmosphérique locale, d'évaluer l'impact des futurs aménagements sur la qualité de l'air sur l'exposition des populations.

La présente mission entre ainsi dans le cadre de la réglementation et vise à évaluer **les impacts du projet sur la qualité de l'air et la santé des populations**. L'étude est à réaliser en vue de son intégration dans **le dossier de réalisation de l'opération d'aménagement « Phares et Balises »**.

La production de ce dossier réglementaire a été réalisée **en appui de la note technique du 22 février 2019** relative aux volets air et santé des études d'impact des infrastructures routières. Nous rappelons ici que cette note technique est relative aux projets routiers, cependant le projet relevant d'aménagements urbains prendra cette note technique comme référence avec des précisions apportées notamment dans la partie ERC afin de minimiser au maximum l'impact du projet sur les nouvelles populations.

1.2 - Rappel réglementaire

En matière de pollution atmosphérique, la réglementation française est transcrite au travers de la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie (Loi L.A.U.R.E.) du 30 décembre 1996, codifiée aux articles L.220-1 et L.220-2 du code de l'environnement, qui définit « le droit reconnu à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé ».

La méthodologie des études air et santé des études d'impact s'inscrit dans le référentiel réglementaire et s'appuie sur les documents suivants :

- Code de l'Environnement, avec en particulier :
 - L'article L 122-1 (partie législative) imposant que les projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements publics et privés qui, par leur nature, leurs dimensions ou leur localisation sont susceptibles d'avoir des incidences notables sur l'environnement ou la santé humaine sont précédés d'une étude d'impact ;
 - L'article R 122-5 (partie réglementaire) décrivant le contenu attendu d'une étude d'impact et prévoyant qu'une analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents du projet sur l'environnement soit réalisée, en particulier sur l'air et la santé. Ainsi, conformément à cet article, le volet « air et santé » des études environnement doit fournir dans le cadre des études préalables les éléments techniques nécessaires à la réalisation de l'étude d'impact présentée à l'enquête publique ;
- Circulaire Direction Générale de la Santé (DGS) n°2000-61 du 3 février 2000 relative au guide de lecture et d'analyse du volet sanitaire des études d'impacts ;
- Directive européenne n°2008/50/CE du 21 mai 2008 relative à la qualité de l'air ambiant et à un air pur pour l'Europe et qui fusionne les Directives 1999/30/CE, 2000/69/CE et 2002/3/CE ;
- Circulaire Direction Générale de la Santé – Direction des Routes – Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (DGS-DR-MEDD) n°2005-273 du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières ;
- Sélection des agents dangereux à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires des études d'impacts routières et ferroviaires – DGS, Institut de Veille Sanitaire (InVS), Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques (CERTU), Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (SETRA), Agence de De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) - novembre 2004 ;
- Études d'impact des infrastructures routières, volet air et santé, état initial et recueil de données - SETRA, CERTU – février 2009 ;
- Avis de l'Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières - juillet 2012 ;
- Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact – InVS - février 2000 ;
- Guide méthodologique pour l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées – Institut National de l'Environnement industriel et des RISques (INERIS) – 2013 ;
- Guide de recommandations sur l'échantillonnage spatial intitulé « Adaptation des plans d'échantillonnage aux objectifs des campagnes », Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) – 2007 ;

- Note de la DGS n°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 ;
- Note technique relative à l'évaluation des projets de transport, Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM) – 27 juin 2014 ;
- Étude d'impact - Projets d'infrastructures linéaires de transport – Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (CEREMA) – avril 2016 ;
- Courrier de la Direction des Infrastructures de Transport (DGITM/DIT) précisant les éléments à prendre en considération en attendant la révision de la circulaire du 25 février 2005 ;
- Instruction technique relative aux modalités d'élaboration des opérations d'investissement et de gestion sur le réseau routier national – DGITM – 8 novembre 2018 ;
- Note technique relative à la prise en compte des effets sur la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières – Ministère de la Transition écologique et solidaire et Ministère des Solidarités et de la Santé – 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières – CEREMA – 22 février 2019.

1.3 - Cadre réglementaire de l'étude

1.3.1 - Niveau de l'étude

La note technique du 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA fixent le cadre et le contenu des études air et santé en fonction des enjeux du projet, selon quatre niveaux d'études (I à IV). L'étude de niveau I a le contenu le plus détaillé. Ces niveaux sont définis en fonction des trafics attendus à terme sur l'infrastructure et de la densité de population à proximité de celle-ci (cf. Tableau 1).

Le projet de réaménagement urbain n'implique pas la création de voies routières et les projections de trafic réalisées ne présentent pas d'évolution importante (entre 0 et 159 véhicules en TMJA, correspondant à une variation de 0 à 4 %, entre les états Fil de l'Eau et Etats Projetés des deux horizons (2025 et 2030), sur les 4 tronçons situés dans la zone du projet).

Par ailleurs, les trafics actuels des autoroutes A8 et A51 bordant le projet de la ZAC avoisinent ou dépassent ponctuellement les 50 000 véhicules par jour.

Le milieu d'implantation du projet comprend des zones essentiellement urbaines. L'aménagement va consister à redistribuer la densité sur ce secteur (destruction et réhabilitation du quartier « Phares et Balises », par la création de nouveaux logements, et comprendra des populations vulnérables au sens de la pollution de l'air (écoles, EHPAD).

Enfin, il est à noter que la commune d'Aix-en-Provence fait partie du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) des Bouches-du-Rhône.

Sur la base des variations modérées de trafic engendré par le projet (inférieures à 10%) en lien avec la note technique du 22 février 2019, nous jugeons pertinent et justifié de réaliser **une étude d'impact sur la qualité de l'air de niveau II.**

Toutefois, au vu de la présence de populations vulnérables, et du fait qu'Aix en Provence fasse partie du PPA des Bouches-du-Rhône, nous rehaussons l'étude avec une Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires en accord avec la méthodologie de niveau I.

De plus, comme convenu avec le porteur de projet, les données des polluants, hormis pour le NO₂, les Particule Fines (PM10) et le benzène, sont issues de l'étude de 2019 de la ZAC de la Constance située dans la même zone de l'autre côté du croisement entre l'autoroute A51 et l'A8.

TABEAU 1 – NIVEAU D'ÉTUDE EN FONCTION DU TRAFIC, DE LA DENSITÉ DE POPULATION ET DE LA LONGUEUR DU PROJET

Trafic à l'horizon d'étude	> 50 000 véh/j	25 000 à 50 000 véh/j	10 000 à 25 000 véh/j	≤ 10 000 véh/j
Densité dans la bande d'étude				
Bâti avec densité ≥ 10 000 hab/km²	I	I	II	II si L projet > 5 km ou III si L projet ≤ 5 km
Bâti avec densité > 2 000 et < 10 000 hab/km²	I	II	II	II si L projet > 25 km ou III si L projet ≤ 25 km
Bâti avec densité ≤ 2 000 hab/km²	I	II	II	II si L projet > 50 km ou III si L projet ≤ 50 km
Pas de bâti	III	III	IV	IV

Source : Note technique relative à la prise en compte des effets sur la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières – Ministère de la Transition écologique et solidaire et Ministère des Solidarités et de la Santé – 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières – CEREMA – 22 février 2019

Autres éléments de jugement à prendre en compte conduisant à adapter le niveau d'étude (liste non exhaustive) :

- **Présence de lieux accueillant des populations vulnérables** (hôpitaux, crèches, écoles, résidences de personnes âgées) situés dans la bande d'étude du projet :
 - o Une étude de niveau II est impérativement remontée au niveau I au droit des lieux sensibles et non pas sur la totalité de la bande d'étude.
 - o Pas de changement pour les études de niveau III et IV au droit des lieux dits sensibles.
- **Importance de la population** : étude de niveau II remontée au niveau I en cas de population supérieure à 100 000 habitants dans la bande d'étude
- **Plan de Protection de l'atmosphère (PPA) dans le domaine d'étude** : le niveau d'étude au droit de la zone peut être remonté si nécessaire.

1.3.2 - Contenu de l'étude

L'étude air et santé se compose :

- D'une **caractérisation de l'état de référence** du domaine d'étude avec notamment **des mesures in situ de la qualité de l'air** ;
- D'une **évaluation de l'impact du projet** sur la qualité de l'air avec :
 - Une estimation des émissions polluantes induites par le trafic routier (conformément à la méthodologie COPERT) ;
 - Une estimation des teneurs en polluants dans la bande d'étude (modélisation de la dispersion atmosphérique des émissions des polluants avec le modèle ADMS Road) ;
- D'une **évaluation quantitative des risques sanitaires** sur les populations ;
- D'une **analyse portant sur les effets directs et indirects d'autres critères** tels que :
 - La pollution sensible : odeurs, transparence de l'air, nuages de poussières, etc. ;
 - Les impacts de la pollution atmosphérique sur la faune, la flore, le sol et les bâtiments... ;
 - Les émissions de GES ;
 - La consommation énergétique ;
- Des propositions, le cas échéant, de **mesures compensatoires et réductrices** en phase d'exploitation et en phase chantier ;
- D'une analyse des effets induits du projet sur l'ensemble de l'aire d'étude (amélioration-dégradation) sous la forme **d'une analyse des coûts collectifs** de l'impact sur la qualité de l'air et l'effet de serre et des avantages / inconvénients induits pour la collectivité (destinée à alimenter le volet socio-économique de l'étude).

1.3.3 - Horizons d'étude

D'après la note technique du 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA, l'étude air et santé est menée pour cinq scénarios situés à trois horizons d'étude différents. Ces scénarios sont usuellement nommés :

- État de référence (état actuel – sans le projet) ;
- État fil de l'eau (**horizon 2025** sans la mise en service de l'installation);
- État projeté (**horizon 2025** avec la mise en service de l'installation) ;
- État fil de l'eau (**horizon futur à +5 ans** sans la mise en service de l'installation);
- État projeté (**horizon futur à +5 ans** avec la mise en service de l'installation).

L'état au fil de l'eau correspond à un horizon lointain dans l'hypothèse où le projet envisagé ne serait pas réalisé et considérant les autres évolutions prévisibles des infrastructures. L'état projeté correspond au même horizon lointain avec la réalisation du projet.

La comparaison des résultats obtenus pour ces trois horizons (5 scénarios) permet d'apprécier l'impact du projet sur la qualité de l'air et sur la santé à échéance de sa mise en service et son exploitation.

1.3.4 - Zone d'étude

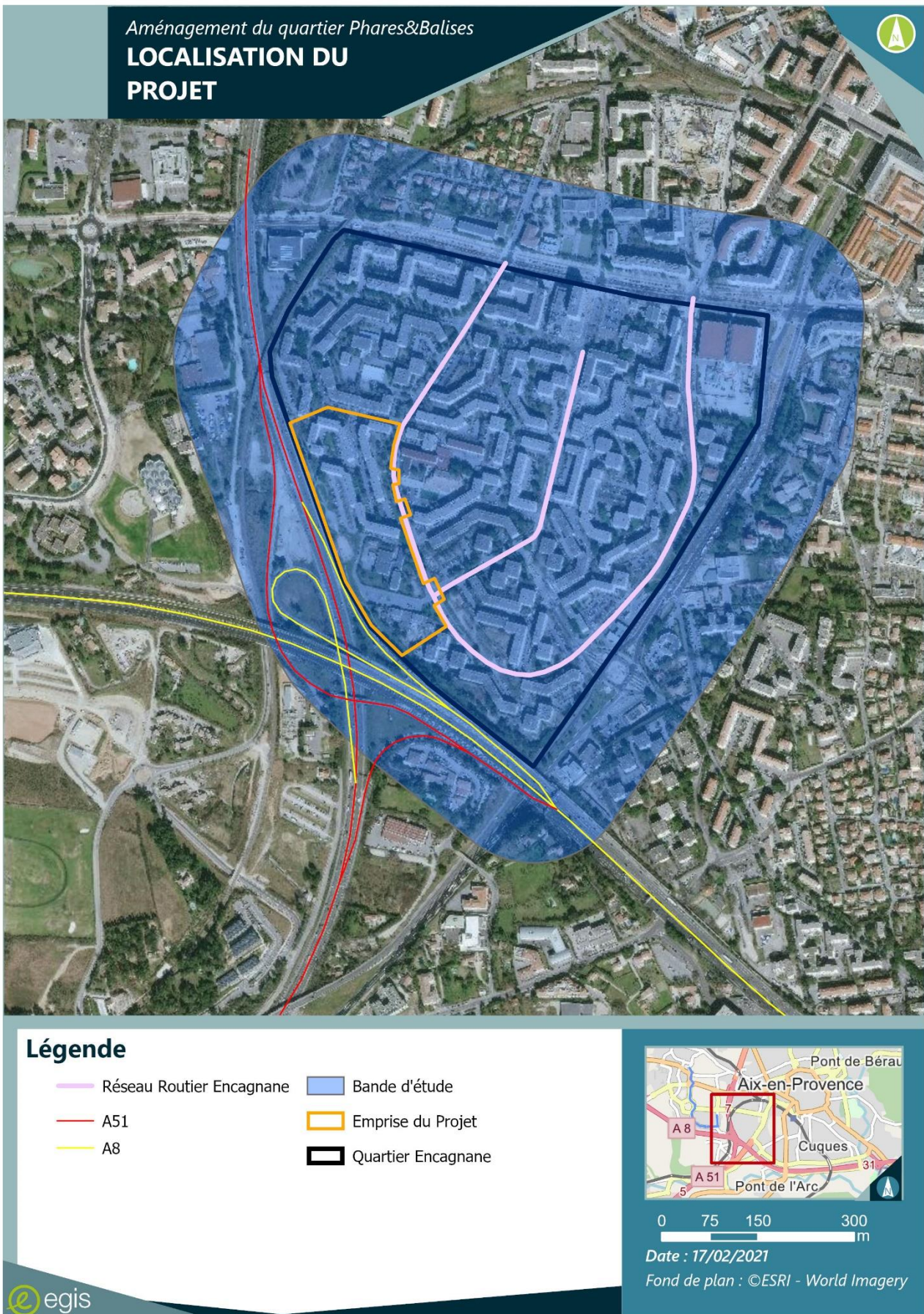
Conformément à la note technique et au guide méthodologique précités, la zone d'étude et le réseau routier étudié seront déterminés par le projet et par le réseau routier subsistant, du fait de la réalisation du projet, une variation (augmentation ou diminution) de trafic supérieure à 10% pour les tronçons dont le trafic est supérieur à 5 000 véh/jour à l'horizon de mise en service. Pour les tronçons dont le trafic est inférieur à 5 000 véh/jour, la variation retenue est de 500 véhicules minimum (en valeur absolue). En milieu urbain, la règle des $\pm 10\%$ peut être appliquée sur l'heure de pointe la plus chargée (HPM ou HPS).

Dans le cadre de cette étude, **aucun tronçon routier n'est affecté par une hausse du trafic supérieure à 10% du fait du projet** (ni par une hausse de 500 véhicules pour les tronçons dont le trafic est inférieur à 5000 veh/j). Néanmoins, les tronçons routiers à l'intérieur du quartier sont pris en compte.

Cette étude se concentre uniquement sur le quartier Encagnane car ce projet n'impacte pas le trafic extérieur au quartier. La localisation de la zone d'étude est présentée sur la figure ci-dessous.

FIGURE 1 – ZONE D'ÉTUDE – EMPRISE DU PROJET

Source : Egis



1.3.5 - Polluants étudiés

Conformément à la note technique et au guide méthodologique précités, dix polluants sont retenus pour cette étude, à savoir :

- Les oxydes d'azote – NO_x (plus particulièrement le dioxyde d'azote – NO₂) ;
- Les particules PM10 et PM2.5 ;
- Le monoxyde de carbone – CO ;
- Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques – COVNM avec en particulier :
 - Le benzène – C₆H₆ ;
 - Le 1,3-butadiène, pris en compte dans l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) ;
- Le dioxyde de soufre – SO₂ ;
- Trois métaux : l'arsenic – As, le nickel – Ni et le chrome – Cr, pris en compte dans l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) ;
- Le benzo[a]pyrène, représentant de la famille des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP). Il convient d'ajouter 15 HAP (en plus du benzo(a)pyrène) pris en compte dans l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) :
 - Acénaphène ;
 - Acénaphylène ;
 - Anthracène ;
 - Benzo(a)anthracène ;
 - Benzo(b)fluoranthène ;
 - Benzo(k)fluoranthène ;
 - Benzo(ghi)pérylène ;
 - Chrysène ;
 - Dibenzo(a,h)anthracène ;
 - Fluorène ;
 - Fluoranthène ;
 - Indéno(1,2,3-cd)pyrène ;
 - Phénanthrène ;
 - Pyrène ;
 - Benzo(j)fluoranthène.

1.4 - Notions générales sur les polluants atmosphériques

Les polluants atmosphériques sont trop nombreux pour être surveillés en totalité. Certains d'entre eux sont donc choisis parce qu'ils sont caractéristiques d'un type de pollution (industrielle, routière, etc.) et parce que leurs effets nuisibles sur l'environnement et/ou la santé sont avérés.

Ce paragraphe rappelle successivement les sources et les effets sanitaires des principaux polluants atmosphériques puis la réglementation relative à la qualité de l'air ambiant.

1.4.1 - Origine et toxicité des principaux polluants atmosphériques

1.4.1.1 - Les oxydes d'azote (NO_x)

Les oxydes d'azote (NO et NO₂) sont formés lors des processus de combustion, par oxydation de l'azote contenu dans le combustible et par quelques processus industriels. Lors de la combustion, la proportion entre le NO (monoxyde d'azote) et le NO₂ (dioxyde d'azote) varie en fonction du procédé et, notamment, de la température. Le NO, qui est émis majoritairement, s'oxyde en NO₂ et ce, d'autant plus rapidement que la

température est élevée. Dans l'air ambiant, le NO₂ est également formé à partir des émissions de NO. Cette transformation chimique est étroitement dépendante de la présence d'ozone.

Les principales sources d'oxydes d'azote sont le transport routier et les installations de combustion. Le pot catalytique a permis depuis 1993, une diminution des émissions des véhicules à essence, mais l'effet reste encore peu perceptible compte tenu de la forte augmentation du trafic et de la durée de renouvellement du parc automobile. De plus, les véhicules diesel, en forte progression ces dernières années, rejettent davantage de NOx que les véhicules essences. Le dioxyde d'azote est un polluant indicateur du transport routier.

Les études épidémiologiques ont montré que les symptômes bronchitiques chez l'enfant asthmatique augmentent avec une exposition de longue durée au NO₂. A des fortes teneurs (supérieures à 200 µg/m³), sur des courtes durées, le dioxyde d'azote est gaz toxique entraînant une inflammation importante des voies respiratoires. Le NO n'est pas considéré comme un polluant nuisible pour la santé.

1.4.1.2 - Le monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone se forme lors des combustions incomplètes (gaz, charbon, fioul, bois). Ces principales sources sont le trafic routier et le chauffage résidentiel.

Le monoxyde de carbone agit comme un gaz asphyxiant. À des fortes teneurs et en milieu confiné, il se combine avec l'hémoglobine du sang empêchant l'oxygénation de l'organisme. Il peut alors causer des intoxications (maux de tête, vertiges, voire coma) et peut être mortel en cas d'exposition prolongée à des concentrations élevées.

1.4.1.3 - Le dioxyde de soufre (SO₂)

Le dioxyde de soufre est un sous-produit de la combustion du soufre contenu dans les matières organiques. Les émissions de SO₂ sont ainsi 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 en charbon de ce secteur.

Le dioxyde de soufre est un irritant des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires. L'inflammation de l'appareil respiratoire entraîne de la toux, une exacerbation de l'asthme, des bronchites chroniques et une sensibilisation aux infections respiratoires.

1.4.1.4 - Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)

Les COVNM regroupent un ensemble de composés formés d'atomes d'hydrogène et de carbone (hydrocarbures), associés parfois à d'autres atomes comme l'azote, le chlore, le soufre, les halogènes (brome, chlore, fluor, etc.), le phosphore ou l'oxygène. Ces composés se caractérisent par une grande volatilité dans les conditions normales de température et de pression.

Ils proviennent des transports et de nombreux procédés industriels (industries chimiques, raffinage de pétrole, stockage et distribution de carburants et combustibles liquides, stockages de solvants, imprimerie, etc.) mais également d'usages domestiques (utilisation de solvants, application de peinture).

Leurs effets sont très divers selon la nature des composés : ils vont de la simple gêne olfactive à une irritation des voies respiratoires, une diminution de la capacité respiratoire, ou des risques d'effets mutagènes et cancérigènes (formaldéhyde, benzène, etc.).

Le **benzène (C₆H₆)** est un Hydrocarbure Aromatique Monocyclique (HAM). Il peut être d'origine naturelle (volcans, feux de forêts, pétrole ou gaz naturel), mais il a surtout une origine anthropique (gaz d'échappement, manufactures, industrie, fumée de tabac). Il est émis majoritairement par le trafic routier, notamment les véhicules à motorisation essence dont les deux roues motorisées.

Le benzène est classé parmi les « cancérigènes certains pour l'homme » (leucémie myéloïde aiguë groupe I, Classification du CIRC). Sa toxicité hématologique par atteinte de la moelle osseuse est connue depuis

longtemps. Elle touche toutes les lignées sanguines et peut se manifester par une anémie ou, plus rarement, une polyglobulie (lignée des globules rouges), une leucopénie ou parfois une hyperleucocytose (globules blancs) ou une thrombopénie (plaquettes).

Outre les expositions chroniques par inhalation, il a été retenu pour d'autres types d'effets et d'exposition (exposition aiguë et effets non cancérogènes dans l'exposition chronique).

Le **1,3-butadiène (C₄H₆)** est un gaz incolore, d'odeur légèrement aromatique (semblable à celle de l'essence automobile). Il est présent en faible quantité lors des opérations de raffinage du pétrole, lors des pleins d'essence et de GPL, les gaz d'échappement des véhicules et la fumée des cigarettes. Il se retrouve en quantité plus importante dans l'industrie des matières plastiques (caoutchoucs synthétiques, résines, peintures et revêtements, etc.).

L'exposition aiguë par inhalation massive de ce gaz peut provoquer des irritations respiratoires, oculaires et des signes neurologiques divers pouvant aller jusqu'au coma. Le contact cutané avec ce gaz peut entraîner des brûlures par le froid. Une association entre le niveau d'exposition et le risque de mortalité par leucémie est décrite dans l'industrie du styrène-butadiène. Dans l'industrie du 1,3-butadiène monomère, une augmentation significative de la mortalité due aux cancers lymphatiques et hématopoïétiques (relatifs aux organes de formation des cellules du sang) a été rapportée.

1.4.1.5 - Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les HAP se forment lors des combustions incomplètes et sont ainsi majoritairement émis par le chauffage (bois, charbon, fioul), par les combustions non maîtrisées (déchet vert, barbecue), ainsi que par le trafic routier, notamment les véhicules diesel et les véhicules à essence non catalysés. Ils peuvent se trouver sous forme gazeuse ou particulaire dans l'air ambiant.

Le **benzo(a)pyrène (C₂₀H₁₂)** est formé lors de combustion incomplète ou de la pyrolyse de matériaux organiques. Ainsi, il est présent dans les suies et fumées de toutes origines, dans les gaz d'échappement des moteurs à explosion, dans la fumée de cigarette, etc.

Le benzo(a)pyrène, considéré comme traceur de la pollution urbaine aux HAP, est reconnu comme cancérogène catégorie 1 pour l'homme. Par ailleurs, l'Union européenne l'a classé comme toxique pour la reproduction, catégorie 2 (fertilité et développement).

L'**acénaphène (C₁₂H₁₀)** est un constituant du goudron (environ 0,3 %). Il est utilisé notamment dans la distillation du goudron, la fabrication des plastiques, comme intermédiaire dans la fabrication des teintures et se retrouve dans des insecticides ou des fongicides.

L'acénaphène peut causer l'irritation de la peau et des yeux. L'ingestion répétée du produit par le rat a des effets hépatotoxiques.

L'**acénaphthylène (C₁₂H₈)** est un dérivé de l'acénaphène. Il entre dans la composition du goudron et de certains plastiques. Il sert également à la fabrication de pigments et de colorants.

L'acénaphthylène est absorbé par les voies respiratoires. Il est irritant.

L'**anthracène (C₁₄H₁₀)** est utilisé comme intermédiaire dans la fabrication de matières colorantes et lors de l'élaboration de résines. Il intervient aussi comme diluant dans les insecticides et les fongicides, destinés à la protection du bois. On l'utilise également dans l'électrophotographie et la physique nucléaire. Présents naturellement dans les combustibles fossiles, il se retrouve dans les échappements des moteurs, la combustion du charbon, le raffinage du pétrole, l'asphalte des routes, la fumée du charbon de bois, etc.

L'anthracène est absorbé par inhalation, par ingestion et voie dermique. L'anthracène est un irritant de la peau, des yeux, des muqueuses et du tractus respiratoire.

Le **benzo(a)anthracène (C₁₈H₁₂)** apparaît dans les échappements des moteurs diesel et essence, dans la combustion incomplète du charbon, du pétrole et du bois. Il est aussi présent dans l'asphalte des chaussées.

Le benzo(a)anthracène est suspecté être un cancérigène pour l'homme (groupe 2B – évaluation du Centre Internationale de Recherche sur le Cancer – CIRC).

Le **benzo(b)fluoranthène (C₂₀H₁₂)** est lors de la combustion incomplète d'hydrocarbures ou de charbon. Des concentrations élevées atteignant 10 g/kg peuvent être trouvées dans l'asphalte.

Le benzo(b)fluoranthène pourrait être cancérigène pour l'homme suivant le CIRC (classement dans le groupe 2B).

Le **benzo(k)fluoranthène (C₂₀H₁₂)** est produit, essentiellement sous forme particulaire, lors de la combustion incomplète d'hydrocarbures, d'huiles moteur ou de charbon. Il se retrouve dans la fumée de cigarettes.

Le benzo(k)fluoranthène pourrait être cancérigène pour l'homme suivant le CIRC (classement dans le groupe 2B).

Le **benzo(ghi)pérylène (C₂₂H₁₂)** est produit, principalement lors de la combustion de combustibles fossiles. Il peut être dispersé dans l'environnement lors de feux de forêts ou d'éruptions volcaniques.

En dépit d'accumulations de cette substance pouvant être constatées dans les organismes vivants, le benzo(ghi)pérylène ne semble pas avoir d'effets sur la santé humaine et animale.

Le **benzo(j)fluoranthène (C₂₀H₁₂)** est produit lors des combustions incomplètes des combustibles fossiles, du tabac et de la marijuana. On le retrouve dans les huiles usagées, la viande ou le poisson fumé et grillé au gaz.

Le benzo(j)fluoranthène est responsable de tumeurs cutanées, pulmonaires et hépatiques chez l'animal en fonction de la voie d'absorption utilisée. Il peut être cancérigène pour l'homme d'après le CIRC.

Le **chrysène (C₁₈H₁₂)** se forme lors de la distillation du charbon, de graisses ou d'huiles. Il est un des principaux HAP émis sous forme de particules par les incinérateurs d'ordures ménagères, des appareils ménagers à gaz naturel et des dispositifs de chauffage domestique au bois. C'est aussi un des produits de la combustion de la cigarette.

Le chrysène est reconnu pour ses effets mutagènes lors d'expositions principalement chroniques.

Le **dibenzo(a,h)anthracène (C₂₂H₁₄)** est présent dans les combustibles fossiles. Et se retrouve en particulier dans les échappements des moteurs diesel. Les émissions sont 25 fois plus importantes pour des véhicules munis de pots catalytiques (Hazardous Substances Data Bank – HSDB, 2001).

Le dibenzo(a,h)anthracène est absorbé par inhalation, par ingestion et voie cutanée et atteint principalement le foie, la peau et le système immunologique. Il pourrait être cancérigène pour l'homme et il est ainsi classé dans le groupe 2B par le CIRC.

Le **fluorène (C₁₃H₁₀)** est un intermédiaire chimique utilisé dans la fabrication de résines, de teintures et de certains médicaments antidiabétiques et antiarythmiques. Il est présent dans le goudron des revêtements routiers, les effluents de combustions incomplètes : fumée de cigarette, échappement automobile en particulier des moteurs diesel, incinérateurs d'ordures ménagères et raffineries de pétrole.

Le fluorène est absorbé par inhalation, par ingestion et voie cutanée et atteint principalement le foie et le sang.

Le **fluoranthène (C₁₆H₁₀)** est un des constituants des goudrons lourds issus du charbon. Il est obtenu, à des fins industrielles, par distillation à haute température d'huile d'anthracène. Il est également formé lors de la combustion incomplète du bois et du fioul. Il est utilisé en revêtement de protection pour l'intérieur des cuves et des tuyaux en acier servant au stockage et à la distribution d'eau potable. Il intervient aussi comme intermédiaire dans la fabrication de teintures notamment fluorescentes et comme stabilisant dans la fabrication de colles époxy. En pharmacie, il sert à synthétiser des agents antiviraux.

Le fluoranthène est absorbé par inhalation, par ingestion et voie cutanée et atteint principalement le foie et les reins.

L'**indéno(1,2,3-cd)pyrène (C₂₂H₁₂)** est présent naturellement dans les charbons bitumineux. On le retrouve aussi dans les feuilles de diverses espèces d'arbres, les feuilles de tabac, le terreau et le fumier de cheval ainsi que dans les algues. Il peut être dispersé dans l'environnement lors de feux de forêts ou d'éruptions volcaniques. Les principales sources sont cependant d'origine anthropique : combustion incomplète de bois, de charbon, de carburants utilisés dans les moteurs thermiques, les fours à bois, les incinérateurs d'ordures ménagères. Ce polluant est également présent dans les fumées industrielles, la fumée de cigarette et les aliments grillés au charbon de bois.

L'indéno(1,2,3-cd)pyrène est absorbé par inhalation, par ingestion et voie cutanée et pourrait être cancérigène pour l'homme (Groupe 2B – CIRC).

Le **phénanthrène (C₁₄H₁₀)** est essentiellement produit lors d'une mauvaise combustion des hydrocarbures, du bois ou du charbon (inserts, foyers fermés faiblement alimentés en air). Il est utilisé dans la production de colorants, d'explosifs et de produits pharmaceutiques. On en trouve aussi dans la fumée du tabac, les échappements des moteurs thermiques, les viandes grillées au charbon de bois et dans les huiles moteurs usagées.

Le phénanthrène est absorbé par inhalation, par ingestion et voie cutanée et touchent faiblement le foie et les intestins.

Le **pyrène (C₁₆H₁₀)** existe dans le goudron de charbon dans une proportion d'environ 2 %. Il est libéré dans l'atmosphère lors de la combustion incomplète de charbon et de produits pétroliers : huile, essence, fioul. Il est également présent dans le goudron des revêtements routiers, dans la fumée de tabac et les effluents de combustion de déchets.

Le pyrène présente une atteinte rénale chez l'animal pour de l'exposition chronique.

1.4.1.6 - Les particules en suspension

Les particules constituent un mélange complexe de par la variété de leurs compositions chimiques et de leurs tailles. La surveillance réglementaire porte sur les particules PM₁₀ (de diamètre inférieur à 10 µm) et PM_{2.5} (de diamètre inférieur à 2,5 µm).

Les sources de particules sont multiples. Elles sont émises par la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), le secteur résidentiel et tertiaire, le trafic routier, l'industrie (incinération, sidérurgie), l'agriculture, les chantiers et les carrières. Les particules PM_{2.5} sont majoritairement formées par les phénomènes de combustion (secteur résidentiel et tertiaire, trafic routier), tandis que les activités mécaniques (secteur agricole, chantier) favorisent la formation des particules de taille plus importante (PM₁₀). Les sources indirectes de particules résultent essentiellement de la transformation chimique des polluants gazeux et des processus de remise en suspension des poussières déposées au sol.

Selon leur granulométrie (taille), les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. De plus, les particules fines peuvent véhiculer des substances toxiques. L'ensemble des particules fines, ainsi que la pollution de l'air extérieur, est classé comme cancérigènes certains (groupe 1) pour l'homme par l'OMS depuis 2016.

1.4.1.7 - Les métaux lourds

Les métaux lourds proviennent majoritairement de la combustion des combustibles fossiles (charbon, pétrole), de la combustion des ordures ménagères, ainsi que de certains procédés industriels (métallurgie des métaux non ferreux notamment).

Dans le cadre des études air et santé des infrastructures de transport routier de niveau I, trois métaux sont retenus : le nickel, l'arsenic et le chrome.

Le **nickel (Ni)** est présent naturellement dans l'environnement. Dans l'industrie, il est principalement émis par la combustion du fioul lourd, qui contient des traces de ce métal, mais aussi par les aciéries électriques dans le

but d'améliorer leurs propriétés mécaniques et leur résistance à la corrosion et à la chaleur. Il est également utilisé pour la préparation d'alliages non ferreux (pour la fabrication d'outils, d'ustensiles de cuisine et de ménage), dans les revêtements électrolytiques des métaux et comme catalyseur en chimie organique.

Le nickel, absorbé par voie respiratoire en exposition chronique, provoque un effet inflammatoire sur les muqueuses nasales et les bronches. Le nickel est considéré comme agent potentiellement cancérigène par le CIRC, en revanche les oxydes de nickel sont classés dans le groupe 1, c'est-à-dire reconnus cancérigènes pour l'homme par le CIRC et l'Union européenne. L'exposition aiguë est responsable de troubles digestifs et généraux assez limités, une détresse respiratoire est possible après inhalation. Il n'est pas irritant pour la peau. Le nickel est un sensibilisant cutané (eczéma) et respiratoire (rhinite, asthme), l'inhalation répétée provoque des bronchites chroniques. Le nickel provoque un risque accru de tumeurs de la cavité nasale et des poumons.

L'**arsenic (As)** provient de la combustion de combustibles minéraux solides et du fioul lourd contenant des traces de ce métal, ainsi que de l'utilisation de certaines matières premières utilisées dans la production de verre, de métaux non ferreux ou de la métallurgie des ferreux.

L'arsenic est essentiellement absorbé par voie digestive, mais aussi par voie respiratoire et à un moindre degré par voie cutanée. L'exposition aiguë par ingestion peut provoquer des atteintes digestives parfois graves, des atteintes neurologiques centrale et périphérique, cardiovasculaire, hépatique ou rénale pouvant aller jusqu'à la mort. Par inhalation, on observe une irritation respiratoire et conjonctivale. L'exposition cutanée peut être responsable d'atteintes neurologiques. Des irritations cutanées et de graves brûlures oculaires sont possibles lors de contacts cutanés ou muqueux. Une exposition répétée ou prolongée pourrait entraîner des signes cutanés, muqueux, phanériens (cheveux, poils et ongles) et des atteintes neurologiques ou hématologiques. L'augmentation du nombre de cancers du poumon et de la peau est décrite dans plusieurs études.

Le **chrome (Cr)** provient essentiellement des aciéries électriques et des fonderies de fonte ainsi que de certaines installations de production de verre. Près de la moitié des émissions de chrome en France provient des combustions réalisées dans l'industrie manufacturière, un quart des autres combustions (hors secteur de l'énergie).

Le chrome est principalement absorbé par les voies respiratoires. Il peut également être absorbé de façon négligeable par la peau et les voies digestives. Il existe trois formes de chrome : métal, trivalent et hexavalent. Seul le chrome hexavalent – chrome VI – est toxique, il entraîne des inflammations des muqueuses et des ulcères et est cancérigène.

1.4.2 - Réglementation dans l'air ambiant

Les critères nationaux de la qualité de l'air sont définis dans les articles R221-1 à R221-3 du Code de l'Environnement. Les principales valeurs mentionnées dans la réglementation française sont synthétisées dans le Tableau 2.

Les définitions de ces valeurs seuils sont rappelées ci-après.

- **Valeur limite** : niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement ;
- **Objectif de qualité** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, à atteindre sur une période donnée dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement ;
- **Valeur cible** : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ;
- **Seuil d'information et de recommandation** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel des effets limités et transitoires sont constatés sur la santé de catégories de la population particulièrement sensibles en cas d'exposition de courte durée ;

- Seuil d'alerte : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

TABLEAU 2 – CRITÈRES NATIONAUX DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Polluants	Valeurs limites	Objectif de qualité ou valeur cible	Seuils d'information et d'alerte
Dioxyde d'azote NO ₂	En moyenne annuelle 40 µg/m ³ En moyenne horaire depuis le 1er janvier 2010 200 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 h par an (P99,8)	En moyenne annuelle 40 µg/m ³	En moyenne horaire information et recommandation : 200 µg/m ³ alerte : 400 µg/m ³ sur 3 h consécutives et 200 µg/m ³ si dépassement J-1 et risque pour J+1
Dioxyde de soufre SO ₂	En moyenne journalière 125 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 j par an (P99,2) En moyenne horaire depuis le 1er janvier 2005 350 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 24 h par an (P99,7)	En moyenne annuelle 50 µg/m ³	En moyenne horaire information et recommandation : 300 µg/m ³ alerte : 500 µg/m ³ sur 3 h consécutives
Benzène C ₆ H ₆	En moyenne annuelle 5 µg/m ³	En moyenne annuelle 2 µg/m ³	
Monoxyde de carbone CO	En moyenne sur 8 heures 10 000 µg/m ³		
Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 µm PM ₁₀	En moyenne annuelle depuis le 1er janvier 2005 40 µg/m ³ En moyenne journalière depuis le 1er janvier 2010 50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 j par an (P90,4)	En moyenne annuelle 30 µg/m ³	
Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 2,5 µm PM _{2,5}	En moyenne annuelle 25 µg/m ³ depuis 2015	En moyenne annuelle Objectif de qualité : 10 µg/m ³ Valeur cible : 20 µg/m ³	
Arsenic As		En moyenne annuelle Valeur cible : 6 ng/m ³	
Nickel Ni		En moyenne annuelle Valeur cible : 20 ng/m ³	
Benzo(a)pyrène		En moyenne annuelle Valeur cible : 1 ng/m ³	
Ozone O ₃		<u>Objectif de qualité (santé)</u> Max jour de la moyenne sur 8 h 120 µg/m ³ <u>Valeur cible (santé)</u> Max jour de la moyenne sur 8 h à ne pas dépasser plus de 25 j/an en moyenne sur 3 ans 120 µg/m ³	En moyenne horaire information et recommandation : 180 µg/m ³ alerte : seuil 1 - 240 µg/m ³ sur 3 h consécutives seuil 2 - 300 µg/m ³ sur 3 h consécutives seuil 3 - 360 µg/m ³

Source : Articles R221-1à R221-3 du Code de l'Environnement

2 - CARACTÉRISATION DE L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE

La caractérisation de l'état de référence (ou état initial) a pour objectif de fournir une description détaillée de la qualité de l'air et de ses effets dans le domaine d'étude en l'absence de tout projet. Il se composera notamment :

- D'un **inventaire des sources de pollution** sur la base des recensements des principaux émetteurs industriels effectués par la DREAL ;
- D'un **bilan de la qualité de l'air** dans le domaine d'étude sur la base des études et mesures de l'AASQA locale, AtmoSud ;
- D'un **inventaire des établissements vulnérables** (établissements scolaires et de soins notamment) et des lieux vulnérables, ainsi que des populations ;
- De 2 **campagne de mesures in situ** de la qualité de l'air.

2.1 - Populations et lieux vulnérables

Le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA précise qui sont les populations vulnérables :

- Jeunes enfants ;
- Personnes âgées ;
- Enfants ou adultes atteints de problèmes pulmonaires et/ou cardiaques chroniques.

Les établissements vulnérables sont alors les suivants :

- Maternités ;
- Crèches, multi-accueil, micro-crèches...
- Écoles maternelles et élémentaires ;
- Accueil d'enfants handicapés ou en réinsertion ;
- Maisons de retraite (EHPA, EHPAD, Résidence autonomie...) ;
- Établissements de soins (hôpitaux, cliniques...).

Ce paragraphe a pour objet d'évaluer les cibles potentielles des émissions polluantes situées dans le domaine d'étude.

Les densités et les populations communales ont été estimées en 2016 sur la base des données de population INSEE les plus récentes disponibles

Les populations situées dans la bande d'étude ont ensuite été déterminées, sous SIG, en interceptant la bande d'étude et les communes avec une clef de répartition spatiale (données d'occupation des sols Open Street Map et orthophotos) afin de localiser les populations sur les zones bâties.

2.1.1 - Densité et population générale

Le projet est localisé sur la commune d'Aix-en-Provence, alternant les zones péri-urbaines et urbanisées.

Les densités de population des IRIS à proximité de l'emprise du projet sont données dans le Tableau 3 et sont représentées sur la Figure 2 pour l'horizon 2016.

Les populations des IRIS retenus sont données dans le Tableau 4.

TABLEAU 3 – DENSITÉ DE POPULATION DES IRIS ET DES ZONES D'HABITATS À PROXIMITÉ DU PROJET (HAB./KM²)

Commune	IRIS	Densité des IRIS	Densité des zones d'habitats dans la bande
		2016	2016
Aix-en-Provence	Beauvalle	7 720	24 879
	Couronne Ouest partie Nord	18 917	30 633
	Pigonnet	4 879	9 276
	Pont de l'Arc-La Parade	1 693	6 285
	Encagnane 2	21 309	33 631
	Encagnane 1	12 081	30 000
	Encagnane 3	18 499	62 407
	Encagnane 4	9 779	55 652
	MOYENNE		11 860

Source : INSEE

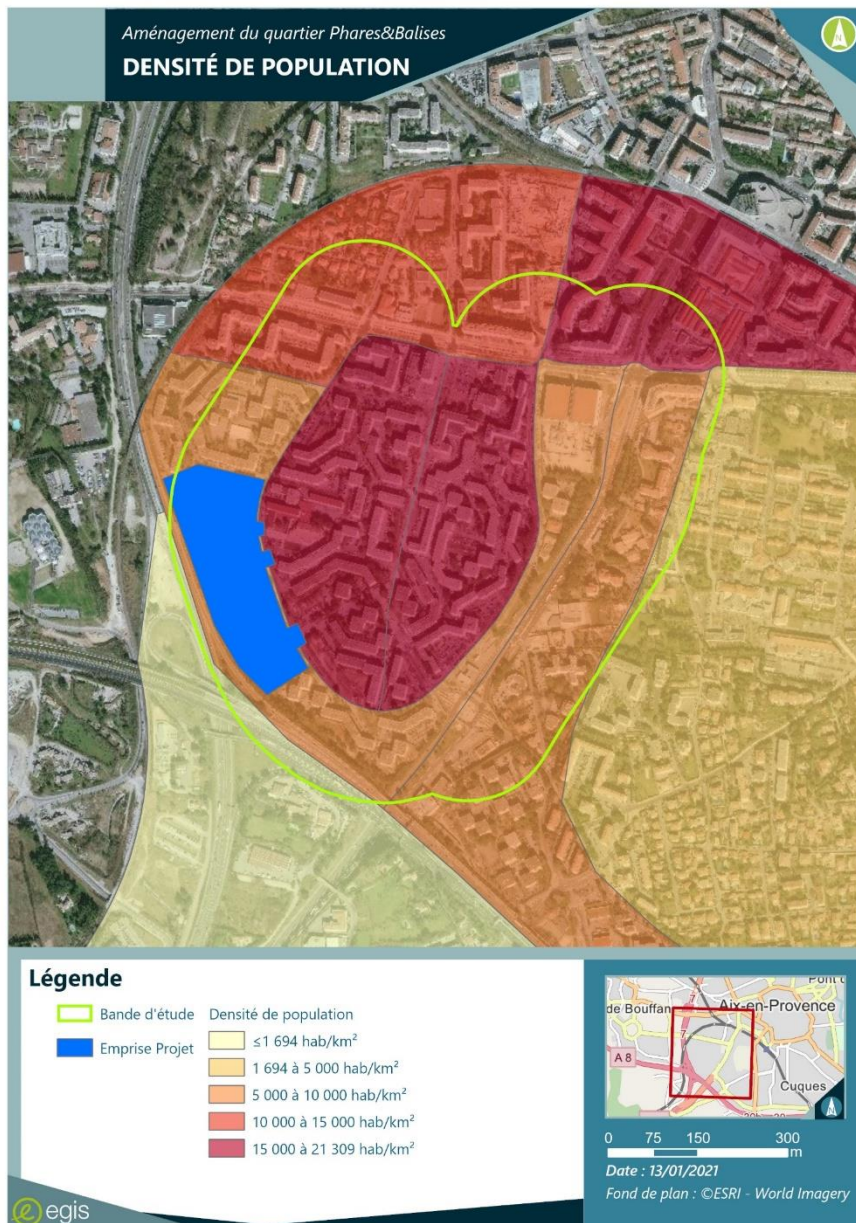
TABLEAU 4 – POPULATION DES IRIS ET DANS LA BANDE D'ÉTUDE

Commune	IRIS	Population de l'IRIS	Population dans la bande d'étude
Aix-en-Provence	Beauvalle	2 098	488
	Couronne Ouest partie Nord	2 568	632
	Pigonnet	2 464	0
	Pont de l'Arc-La Parade	4 339	0
	Encagnane 2	2 161	2 161
	Encagnane 1	1 985	1 042
	Encagnane 3	2 170	2 170
	Encagnane 4	1 828	1 577
	TOTAL		19 613

Source : INSEE

FIGURE 2 – DENSITÉ DES IRIS À L'HORIZON 2016

Source : Egis



2.1.2 - Établissements vulnérables

Un inventaire des établissements recevant des populations vulnérables (écoles, crèches, hôpitaux, maisons de retraite, etc.) a été effectué dans la zone d'étude et ces établissements vulnérables ont été représentés sur la Figure 3. Les populations fréquentant ces établissements sont soumises potentiellement à un risque par **inhalation**.

Sur la base de cet inventaire, 6 établissements vulnérables ont été identifiés à proximité de l'emprise du projet (cf. tableau 5) :

- 2 crèches ;
- 2 écoles élémentaires ;
- 1 école maternelle ;
- 1 école primaire ;

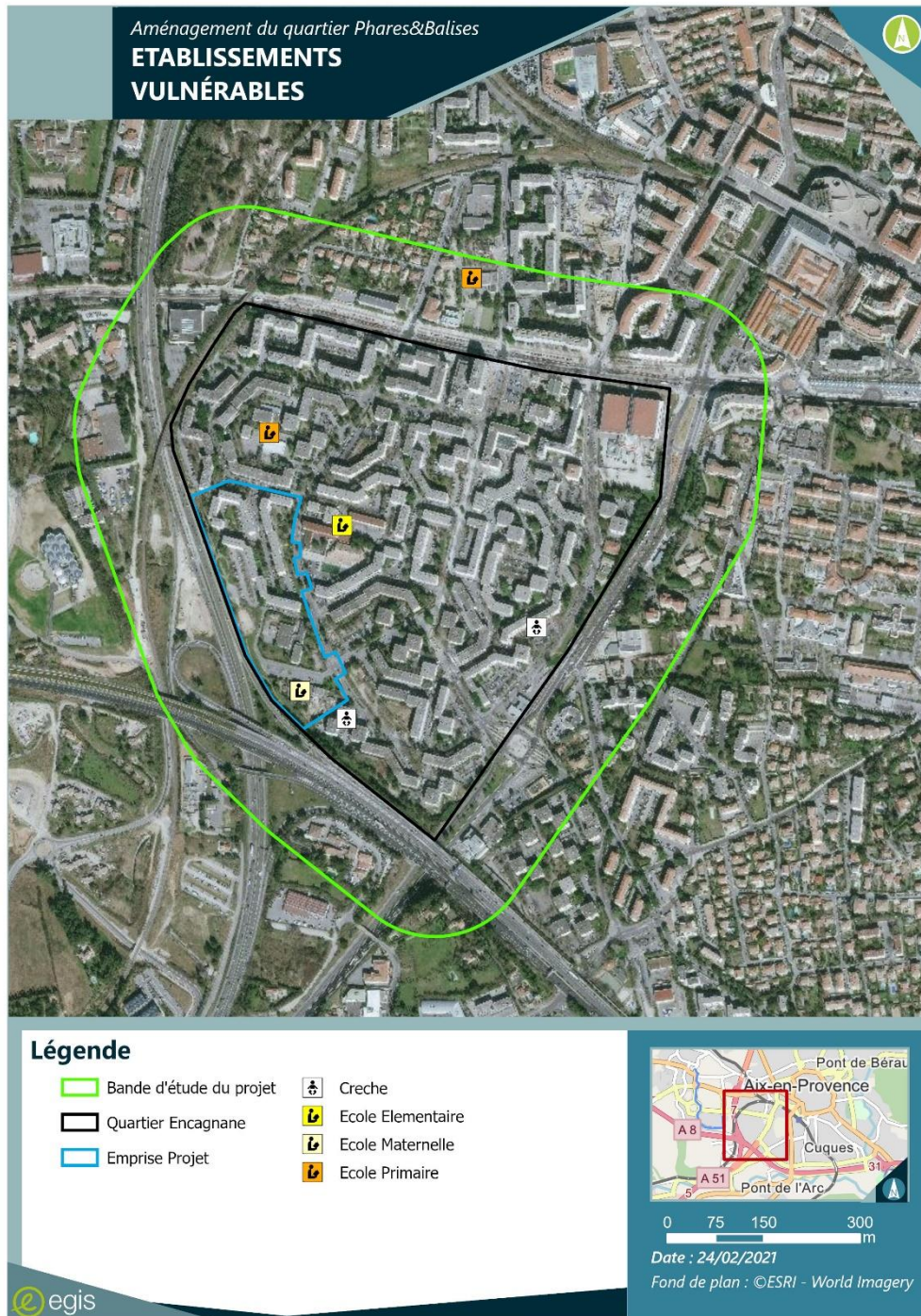
TABLEAU 5 – ETABLISSEMENTS VULNÉRABLES À PROXIMITÉ DE L'EMPRISE DU PROJET

Commune	Type d'établissement	Nom de l'établissement
Aix en Provence	École	École maternelle Giono-Schweitzer
		École primaire Giono-Schweitzer
		École élémentaire Paul Arène
		École élémentaire la Mareschale
	Crèche	Crèche Pom d'Happy
		Crèche les Bambinos
TOTAL DES ÉTABLISSEMENTS DANS LA BANDE D'ÉTUDE		5

Source : geoportail.gouv.fr

FIGURE 3 – ÉTABLISSEMENTS VULNÉRABLES

Source : Egis



2.2 - Émissions polluantes

2.2.1 - Émissions polluantes de la métropole d'Aix-Marseille-Provence

Les données relatives aux émissions polluantes de la région PACA sont issues du site internet d'AtmoSud¹ et des inventaires Géolocalisés Air-climat-Energie (CIGALE)². Les émissions de polluants, de GES et la consommation/production d'énergie sont données pour chaque secteur d'activité (agriculture, industrie, résidentiel/ tertiaire, transport et production d'énergie). Ainsi, sur chaque territoire (communal ou à l'échelle de l'EPCI), les sources responsables de la pollution sont identifiées. De plus, la tendance d'évolution de l'ensemble des paramètres peut être visualisée :

- Énergie ;
- Industrie / déchets ;
- Résidentiel ;
- Tertiaire ;
- Agriculture ;
- Transports routiers ;
- Autres transports ;
- Autres (ou « Non inclus »).

L'inventaire d'émission présente l'évolution des émissions sectorielles de 2007 à 2017 pour la métropole d'Aix-Marseille-Provence.

2.2.1.1 - Les oxydes d'azote (NO et NO₂)

Les oxydes d'azote (NOx) regroupent le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Ils proviennent essentiellement de la combustion de produits énergétiques et de quelques procédés industriels. Les principaux émetteurs sont les installations de combustion et surtout les véhicules motorisés. D'autres sources, comme les feux de forêts, peuvent aussi contribuer aux émissions. Les NOx interviennent dans la formation des oxydants photochimiques et, par effet indirect, dans l'accroissement de l'effet de serre.

D'après l'application CIGALE, les émissions totales de la métropole d'Aix-Marseille-Provence en NOx s'élèvent en 2017 à 43 648 tonnes, soit 52,7 % des émissions régionales. Quatre secteurs se partagent la presque la totalité des émissions (94 %) :

- Le transport routier avec 29 % des émissions. Celles-ci proviennent principalement de la combustion dans les moteurs diesels (poids lourds diesel, utilitaires et véhicules particuliers).
- Autres transports pour 29 % des émissions ;
- L'industrie/déchets pour 22% des émissions ;
- L'énergie avec 14 %.

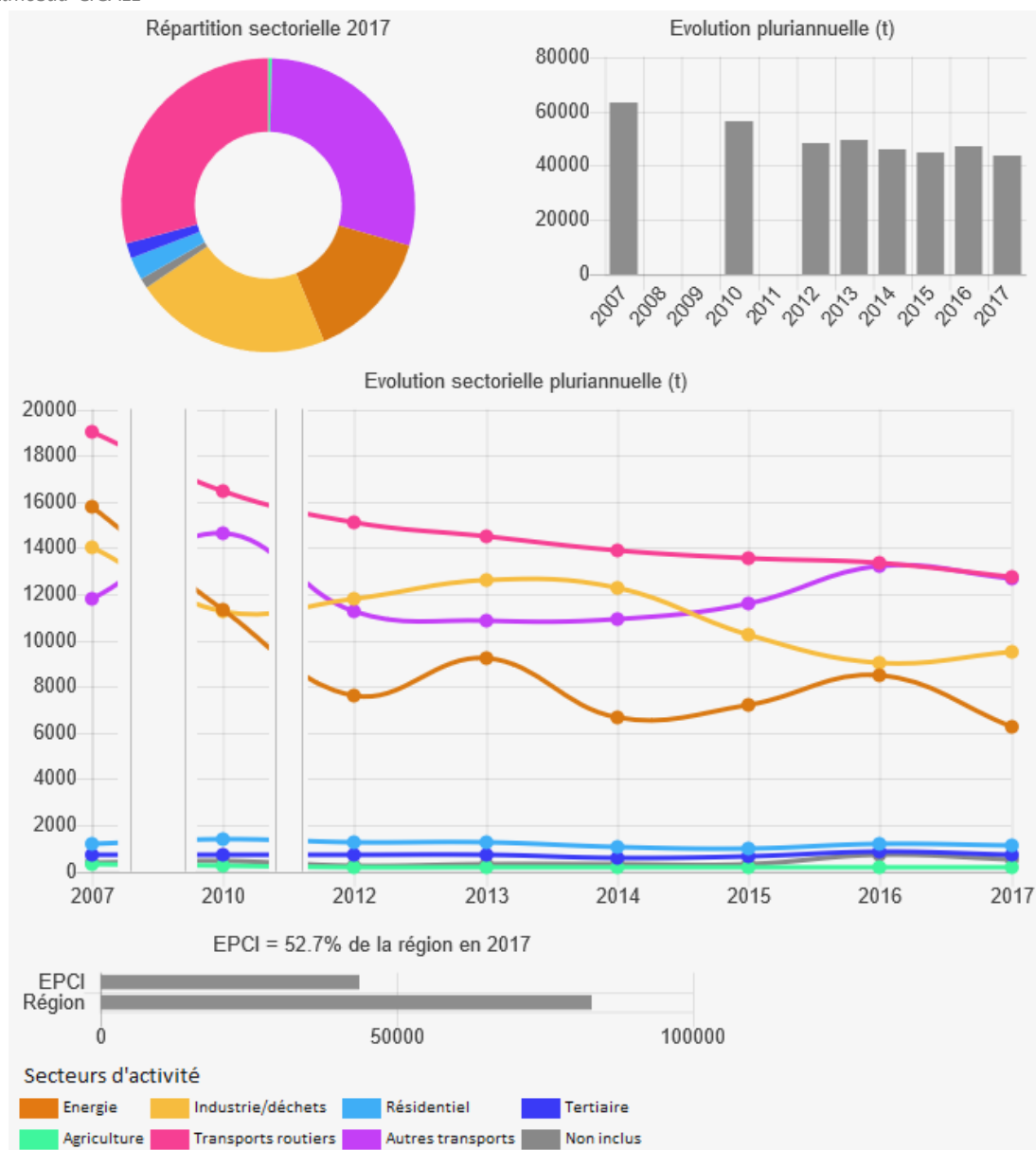
La Figure 4 illustre la répartition par secteurs d'activités des émissions d'oxydes d'azote en 2017.

¹ AtmoSud – CIGALE : <https://cigale.atmosud.org/>

² L'application CIGALE est réalisée par AtmoSud, dans le cadre de ses missions au sein de l'Observatoire Régional de l'Énergie, du Climat et de l'Air. Elle fournit, de la région à la commune, des données annuelles de consommations et de productions d'énergie, d'émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre.

FIGURE 4 – ÉMISSIONS D'OXYDES D'AZOTE EN 2017 DE LA MÉTROPOLE D'AIX-MARSEILLE-PROVENCE

Source : AtmoSud-CIGALE



Les émissions totales d'oxydes d'azote sont en baisse depuis 2007.

En 2017, la commune d'Aix-en-Provence a émis 7 334,3 kg/m² d'oxydes d'azote.

2.2.1.2 - Le dioxyde de soufre (SO₂)

Les émissions de dioxyde de soufre proviennent principalement de l'utilisation de combustibles fossiles soufrés :

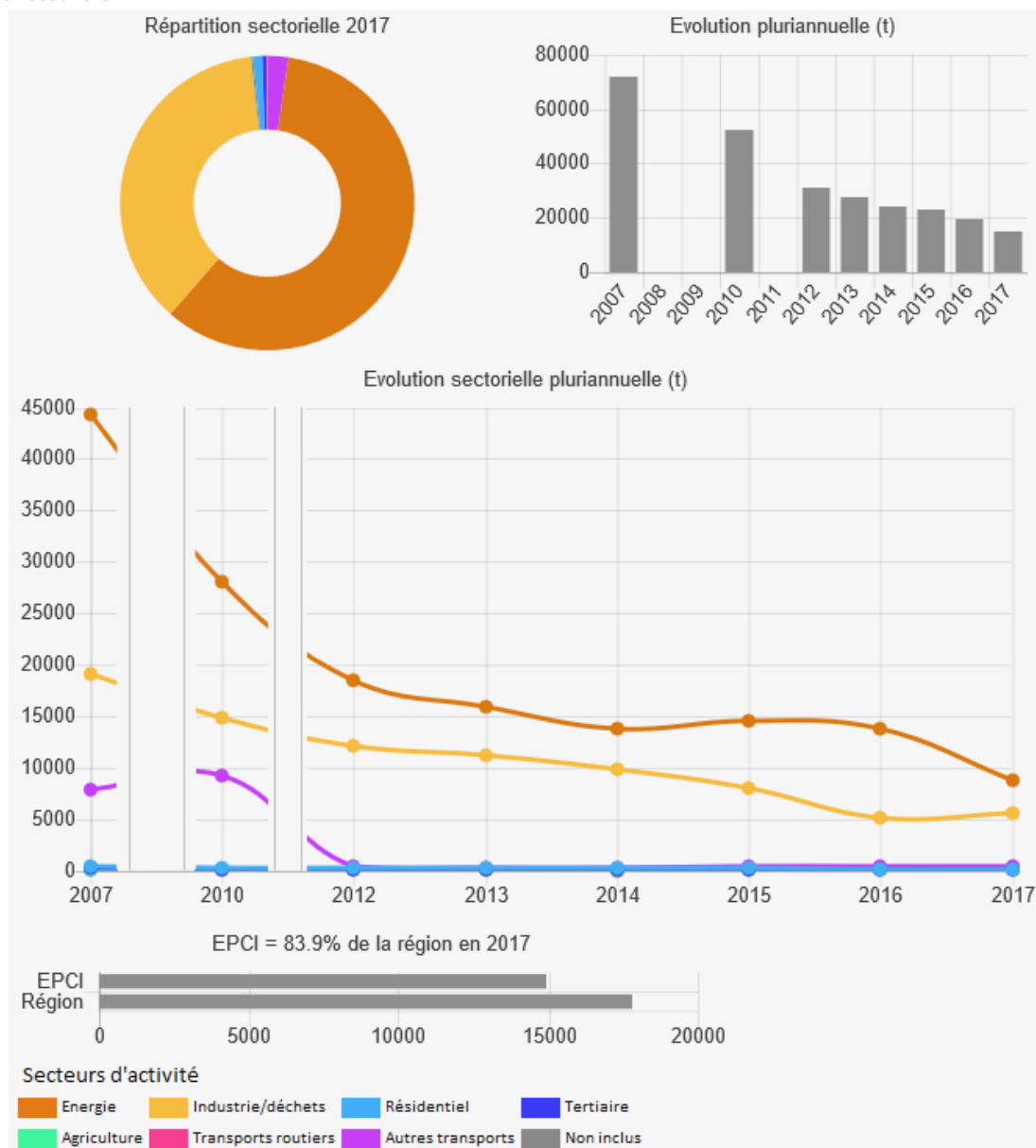
- Charbon ;
- Fuel lourd ;
- Fuel domestique ;
- Coke de pétrole ;
- Gazole.

D'après l'application CIGALE, les émissions totales de la métropole d'Aix-Marseille-Provence en SO₂ s'élèvent en 2017 à 14 928 tonnes, soit 83,9 % des émissions régionales. Les secteurs émetteurs presque exclusifs sont ceux de l'Industrie/déchets et de l'énergie avec 96 % des émissions.

La Figure 5 illustre la répartition par secteurs d'activités des émissions de dioxyde de soufre en 2017.

FIGURE 5 – ÉMISSIONS DE DIOXYDE DE SOUFRE EN 2017 DE LA MÉTROPOLÉ D'AIX-MARSEILLE-PROVENCE

Source : AtmoSud-CIGALE



Les émissions totales de dioxyde de soufre sont en baisse depuis 2007.

En 2017, la commune d'Aix-en-Provence a émis 168,7 kg/m² de dioxyde de soufre.

2.2.1.3 - Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)

Les COVNM regroupent de très nombreuses substances d'origine anthropique (évaporations des solvants, raffinage, imbrûlés...) ou d'origine naturelle. Les COVNM interviennent dans la formation des oxydants photochimiques (e.g. l'ozone) et indirectement dans l'accroissement de l'effet de serre.

D'après l'application CIGALE, les émissions totales de la métropole d'Aix-Marseille-Provence en COVNM s'élevaient en 2017 à 30 488 tonnes, soit 18,8 % des émissions régionales. Le secteur Non inclus (i.e. non défini) est l'émetteur majoritaire avec 40 % des émissions.

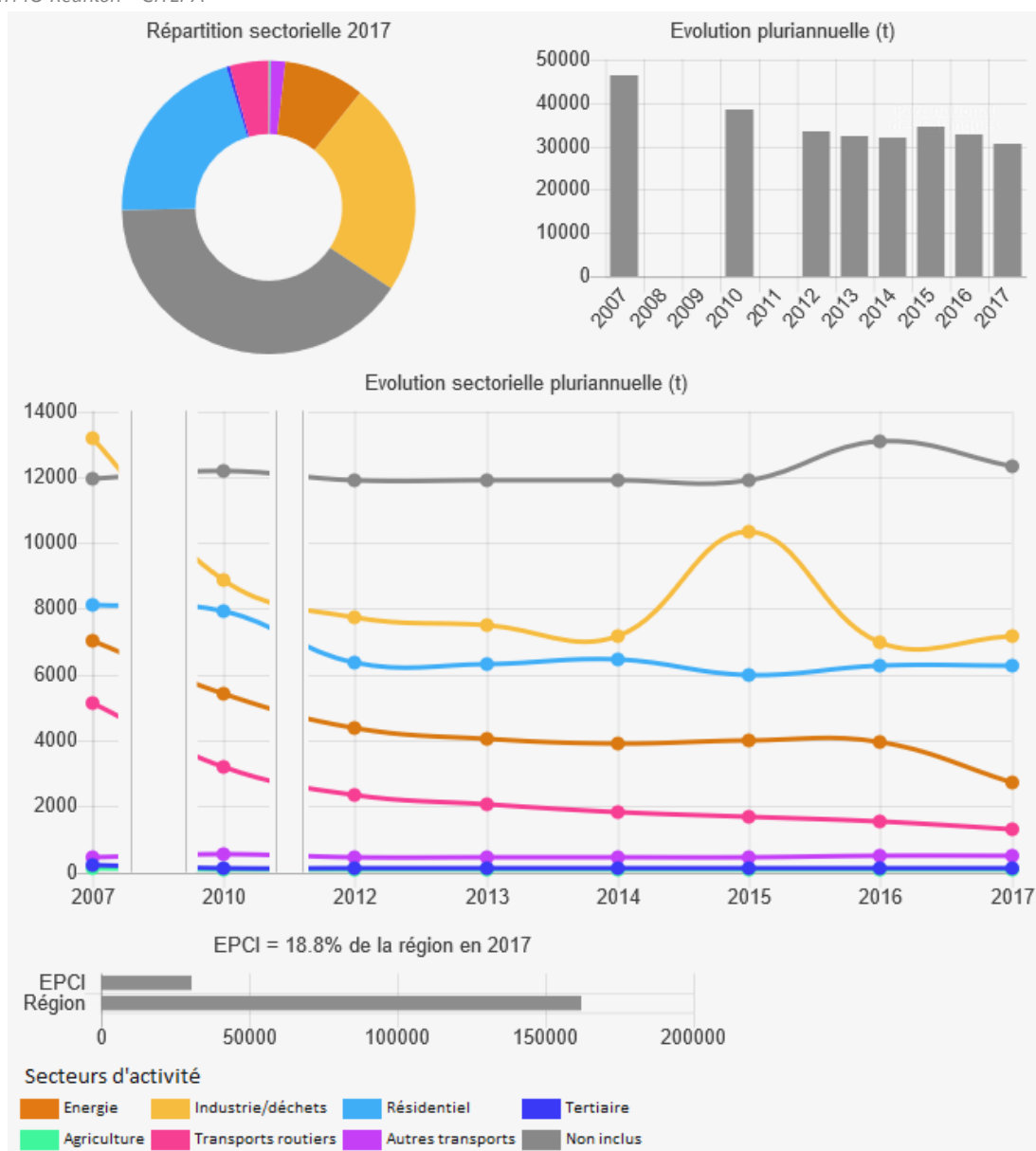
Trois autres secteurs se partagent la presque la totalité des émissions restantes (54 %) :

- Le résidentiel pour 21 % des émissions ;
- L'industrie/déchets pour 24 % des émissions ;
- L'énergie pour 9 % des émissions.

La Figure 6 illustre la répartition par secteurs d'activités des émissions de COVNM en 2017.

FIGURE 6 – ÉMISSIONS DE COVNM EN 2017 DE LA MÉTROPOLE D'AIX-MARSEILLE-PROVENCE

Source : ATMO Réunion - CITEPA



Les émissions totales de COVNM sont en baisse de 2007 à 2012 puis ont tendance à stagner jusqu'à 2017.

En 2017, la commune d'Aix-en-Provence a émis 6 874,6 kg/m² de COVNM.

2.2.1.4 - Le monoxyde de carbone (CO)

Ce polluant est issu de la mauvaise combustion des appareils de chauffage et du trafic automobile. On peut ainsi retrouver des quantités importantes d'émissions de monoxyde de carbone lorsqu'un moteur tourne au ralenti dans un endroit clos comme un garage ou lors d'un embouteillage dans un parking souterrain ou un tunnel, ainsi que lors du fonctionnement altéré d'un appareil de chauffage domestique.

D'après l'application CIGALE, les émissions totales de la métropole d'Aix-Marseille-Provence en CO s'élevaient en 2017 à 120 297 tonnes, soit 55,5 % des émissions régionales. Le secteur émetteur majoritaire est celui de l'industrie/déchets avec 62 % des émissions.

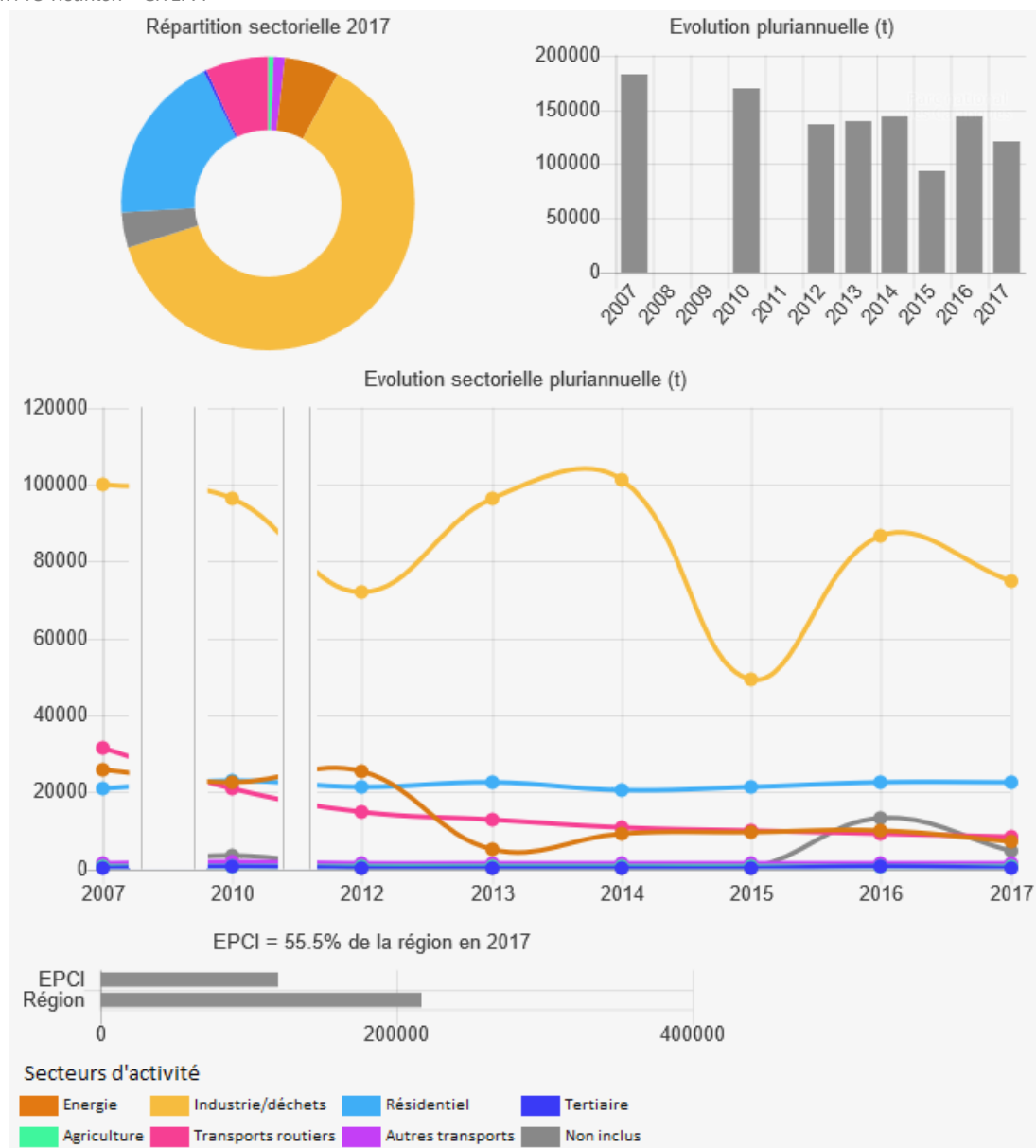
Trois autres secteurs se partagent la presque totalité des émissions restantes (32 %) :

- Le transport routier pour 7 % des émissions ;
- Le résidentiel pour 19 % des émissions ;
- L'énergie pour 6 % des émissions.

La Figure 7 illustre la répartition par secteurs d'activités des émissions de CO en 2017.

FIGURE 7 – ÉMISSIONS DE MONOXYDE DE CARBONE EN 2017 DE LA MÉTROPOLÉ D'AIX-MARSEILLE-PROVENCE

Source : ATMO Réunion - CITEPA



Les émissions totales de CO sont en baisse de 2007 à 2012 puis ont des évolutions variables jusqu'à 2017.

En 2017, la commune d'Aix-en-Provence a émis 9 604,3 kg/m² de CO.

2.2.1.5 - Les Particules PM10 et PM2.5

Les particules en suspension sont soit d'origine naturelle (pollens, érosion...), soit d'origine anthropique (activités humaines). Dans ce dernier cas, elles proviennent de l'usure des matériaux ou de la combustion incomplète des combustibles fossiles. En air intérieur, ces particules proviennent essentiellement des activités humaines et notamment de la fumée du tabac.

D'après l'application CIGALE, les émissions totales de la métropole d'Aix-Marseille-Provence en PM10 s'élèvent en 2017 à 7 242 tonnes, soit 36,5 % des émissions régionales. Le secteur industrie/déchets est l'émetteur majoritaire avec 39 % des émissions.

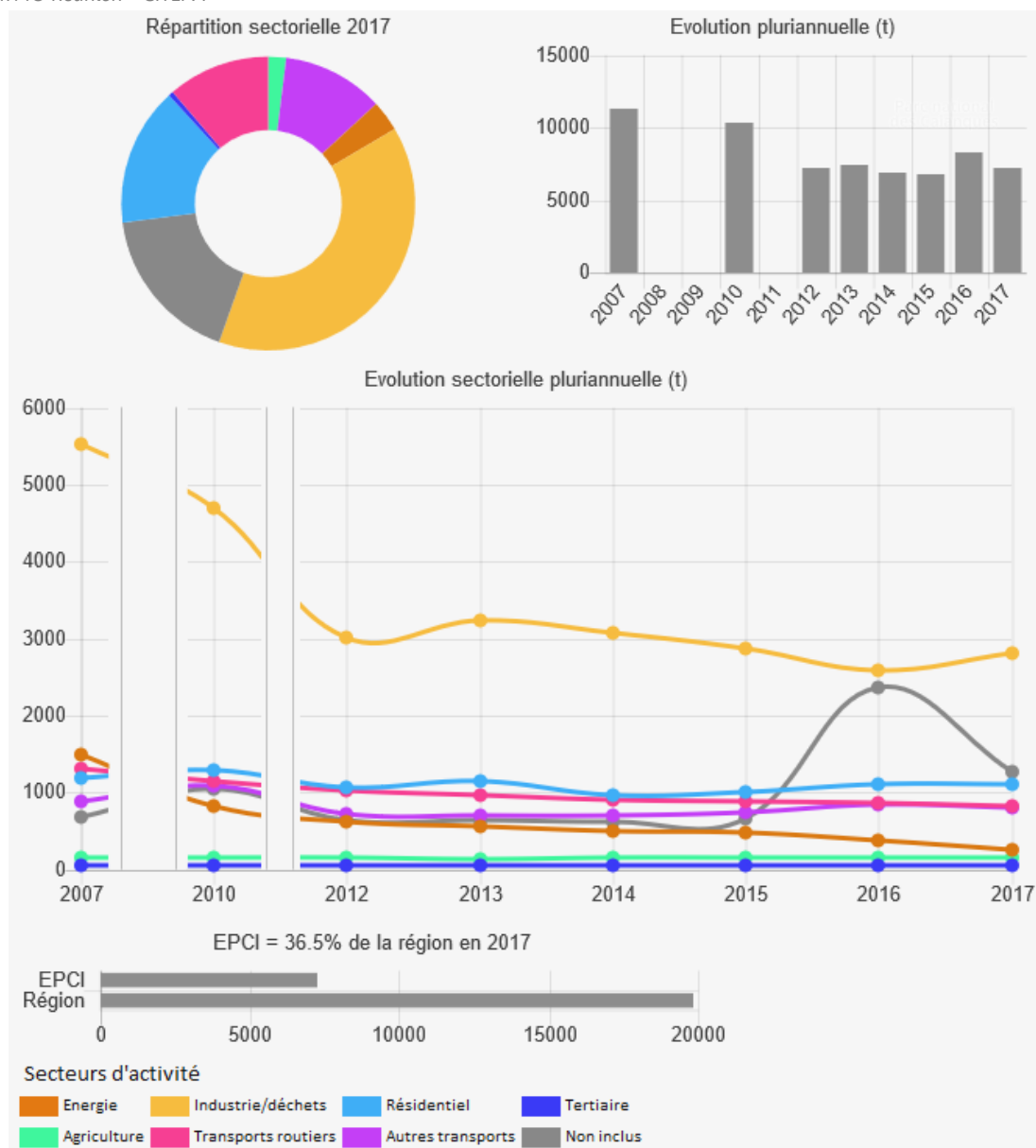
Quatre autres secteurs se partagent la presque totalité des émissions restantes (49 %) :

- Le résidentiel pour 15 % des émissions ;
- Le secteur non incluse 17 % des émissions ;
- Autres transports pour 11 % des émissions ;
- Le transport routier avec 11 % des émissions.

La Figure 8 illustre la répartition par secteurs d'activités des émissions de PM10 en 2017.

FIGURE 8 – ÉMISSIONS DE PM10 EN 2017 DE LA MÉTROPOLE D'AIX-MARSEILLE-PROVENCE

Source : ATMO Réunion - CITEPA



Les émissions totales de PM10 sont en baisse de 2007 à 2012 puis ont tendance à stagner jusqu'à 2017, avec néanmoins un pic en 2016.

En 2017, la commune d'Aix-en-Provence a émis 1 510,9 kg/m² de PM10.

D'après l'application CIGALE, les émissions totales de la métropole d'Aix-Marseille-Provence en PM2.5 s'élèvent en 2017 à 5 270 tonnes, soit 34,9 % des émissions régionales. Le secteur industrie/déchets est l'émetteur majoritaire avec 31 % des émissions.

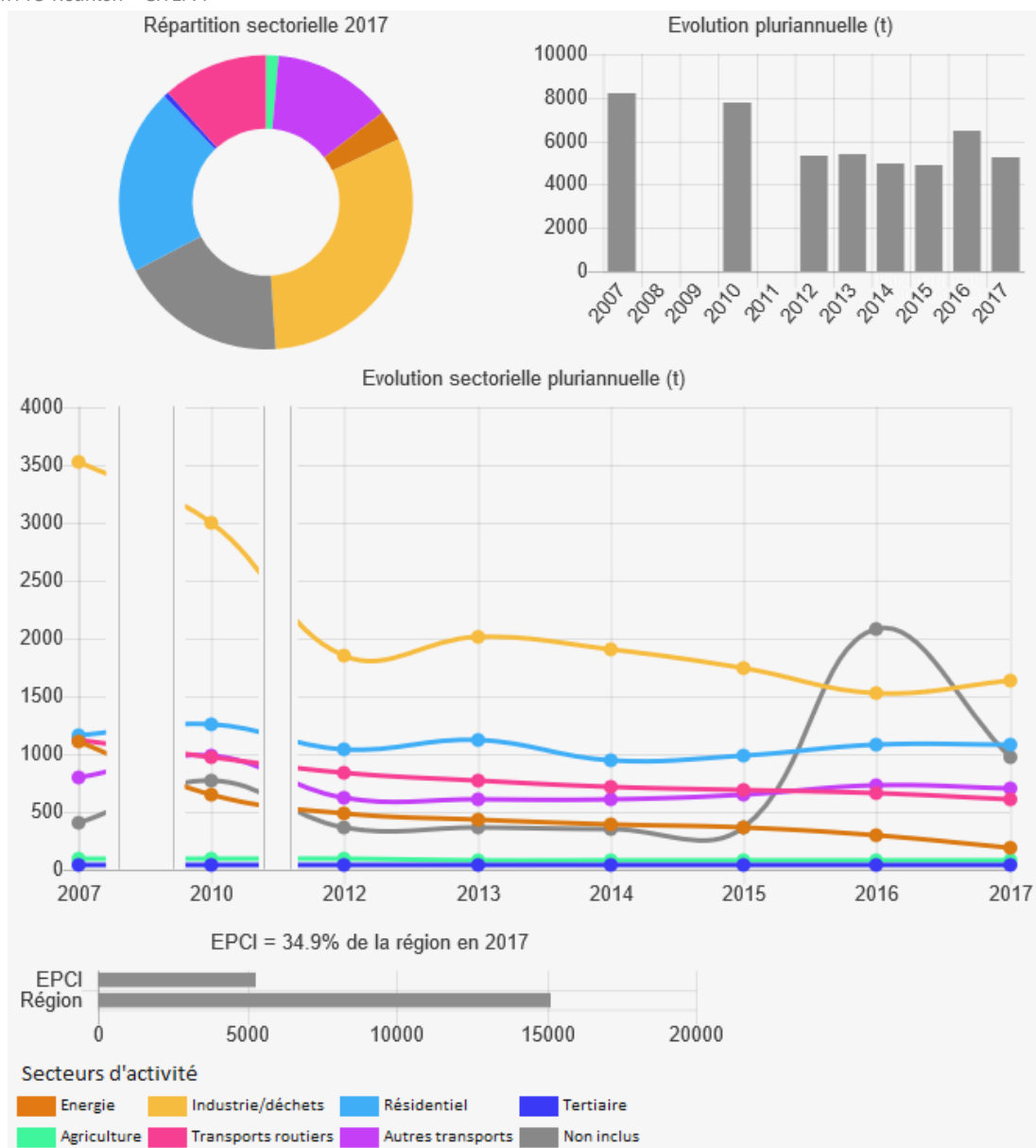
Quatre autres secteurs se partagent la presque totalité des émissions restantes (64 %) :

- Le résidentiel pour 21 % des émissions ;
- Le secteur non inclus 18 % des émissions ;
- Autres transports pour 13 % des émissions ;
- Le transport routier avec 12 % des émissions.

La Figure 9 illustre la répartition par secteurs d'activités des émissions de PM2.5 en 2017.

FIGURE 9 – ÉMISSIONS DE PM2.5 EN 2017 DE LA MÉTROPOLE D’AIX-MARSEILLE-PROVENCE

Source : ATMO Réunion - CITEPA



Les émissions totales de PM2.5 sont en baisse de 2007 à 2012 puis ont tendance à stagner jusqu'à 2017, avec néanmoins un pic en 2016.

En 2017, la commune d'Aix-en-Provence a émis 1 080,5 kg/m² de PM2.5.

2.2.1.6 - Le benzène (C₆H₆)

Naturellement émis par les volcans et les feux de forêts, le benzène est émis dans les transformations des hydrocarbures (raffineries de pétrole, principalement). Ce polluant provient également de la combustion du carburant des véhicules à essence. La réglementation ayant imposé au 1^{er} janvier 2000 la réduction du taux de benzène de 5 % à 1 % dans les carburants, les concentrations dans l'air ont ainsi été réduites en particulier à proximité des axes routiers les plus importants.

Les émissions de benzène de la métropole d'Aix-Marseille-Provence ne sont pas publiées par l'application CIGALE d'AtmoSud.

2.2.1.7 - Les métaux

Les émissions des métaux proviennent de la combustion imparfaite des combustibles fossiles et des ordures ménagères et aussi de certains procédés industriels.

Les émissions de métaux de la métropole d'Aix-Marseille-Provence ne sont pas publiées par l'application CIGALE d'AtmoSud.

2.2.1.8 - L'ozone (O₃)

L'ozone est un polluant secondaire car il n'est pas directement émis par une source mais produit par des réactions d'autres composés dans l'atmosphère. L'ozone nocif est l'ozone troposphérique formé principalement par photolyse du dioxyde d'azote par le rayonnement solaire.

Les émissions d'ozone de la métropole d'Aix-Marseille-Provence ne sont pas publiées par l'application CIGALE d'AtmoSud.

2.2.2 - Sources d'émissions industrielles dans la zone d'étude

Trois sources d'émissions industrielles, recensées au titre des émissions dans l'air, sont situées dans la commune d'Aix-en-Provence. Seule la chaufferie se situe à proximité de l'emprise du projet à environ 500 m à l'Est.

Au-delà de ces sources industrielles, les trafics routiers et le secteur résidentiel / tertiaire constituent les principales sources d'émissions de polluants atmosphériques dans la zone d'étude.

Les émissions de ces trois sites industriels sont détaillées dans le Tableau 6. Aucun de ces établissements ne déclare d'émissions de polluants recensés par la note technique du 22 février 2019.

TABLEAU 6 – ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES INDUSTRIELLES À AIX-EN-PROVENCE

Polluants		Chaufferie ZUP Encagnane	ISDnD de l'Arbois	EAST BALT Aix
		<i>Production et distribution de vapeur et d'air conditionné</i>	<i>Administration publique générale</i>	<i>Fabrication industrielle de pain et de pâtisserie fraîche</i>
CO₂ total (d'origine biomasse et non biomasse)	en t <i>année</i>	17 400 <i>2017</i>	21 900 <i>2017</i>	
CO₂ d'origine biomasse	en t <i>année</i>	17 400 <i>2017</i>	21 900 <i>2017</i>	
CO₂ d'origine non biomasse	en t <i>année</i>	12 000 <i>2012</i>		
Hydrofluorocarbures (HFC)	en kg <i>année</i>			301 <i>2017</i>
Méthane (CH₄)	en t <i>année</i>		1 010 <i>2017</i>	

Source : Ministère de la transition écologique et solidaire - Géorisques

2.3 - Qualité de l'air

2.3.1 - Surveillance permanente

2.3.1.1 - Réseau de surveillance

La surveillance permanente de la qualité de l'air en Provence-Alpes-Côte d'Azur est réalisée par l'association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA), AtmoSud. Cette association fait partie du dispositif national de surveillance et d'information de la qualité de l'air, composé de 19 AASQAs, conformément au code de l'environnement (Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie du 30 décembre 1996 codifiée) et à la loi Grenelle II qui a requis leur régionalisation.

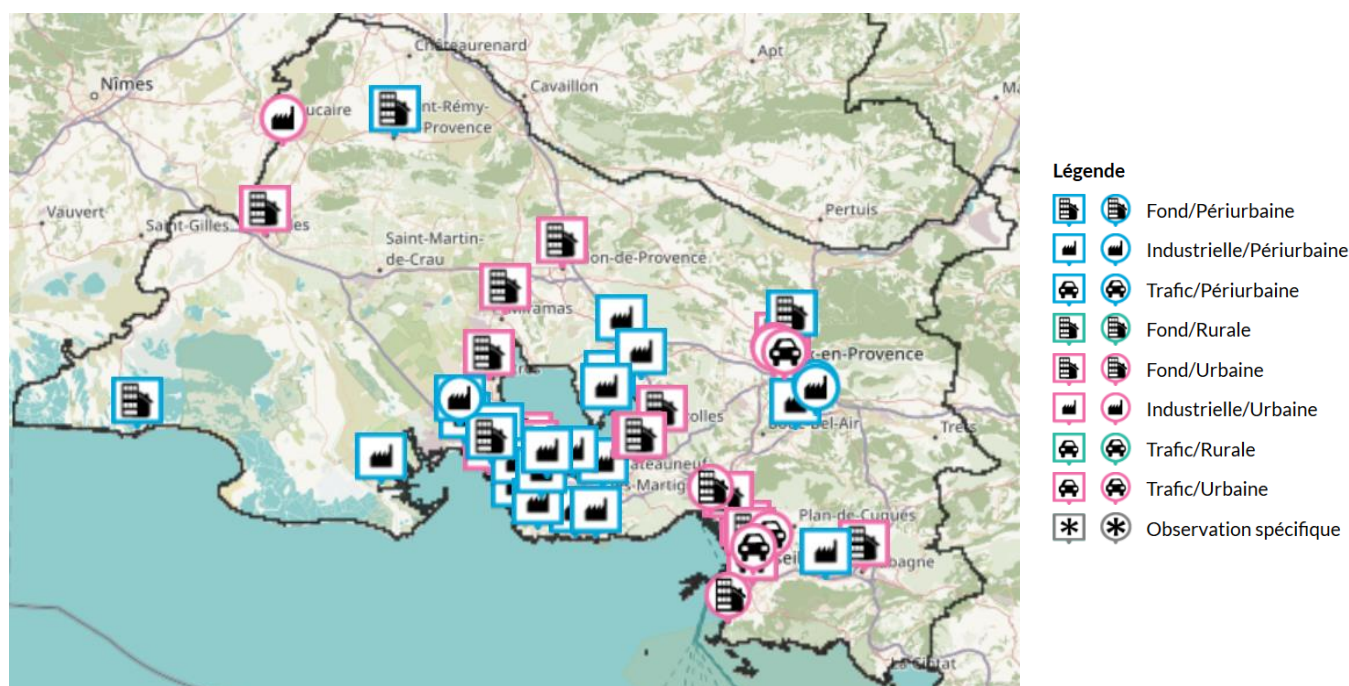
L'association AtmoSud compte 58 sites de mesures fixes et 11 stations mobiles :

- Alpes-de-Haute-Provence – 2 stations fixes de fond ;
- Hautes-Alpes – 1 station fixe trafic ;
- Alpes-Maritimes – 9 stations fixes de fond – 2 stations fixes industrielles – 2 stations fixes trafic – 3 sites de stations mobiles ;
- Bouches-du-Rhône – 17 stations fixes de fond – 20 stations fixes industrielles – 3 stations fixes trafic – 10 sites de stations mobiles ;
- Var – 9 stations fixes de fond – 1 station fixe trafic ;
- Vaucluse – 4 stations fixes de fond – 1 station fixe trafic.

Les stations des Bouches-du-Rhône sont représentées sur la Figure 10.

FIGURE 10 – RÉSEAU DE SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Source : AtmoSud – Bouches-du-Rhône



La qualité de l'air varie tout autant que les paysages rencontrés. En fonction de l'environnement, la population n'est pas exposée aux mêmes polluants, ni aux mêmes concentrations :

- Les zones urbanisées – Aix-Marseille, Nice, Toulon et Avignon sont les quatre unités urbaines principales de la région. Trois de ces villes font parties des dix plus grandes de France. La façade côtière est très urbanisée, près de 3 habitants sur 4 vivent à moins de 20 km de la mer. Les niveaux de concentration

des polluants sont assez élevés du fait des nombreuses sources d'émissions d'origine industrielle, résidentielle ou liée aux transports routiers rassemblées en un même territoire.

- Les transports – la région Provence-Alpes-Côte d'azur est un carrefour important du trafic de transit à travers la France, elle compte deux axes majeurs de transit, l'axe nord-sud et l'axe Espagne – France – Italie. La région possède également deux aéroports internationaux, l'Aéroport Marseille Provence à Marignane et l'aéroport Nice Côte d'Azur. Le trafic maritime est également important, en particulier pour les ports de Marseille, Nice et Toulon. Ces différents modes de transport sont fortement utilisés durant toute l'année du fait de l'attractivité touristique de la région (350 000 touristes en moyenne et plus de 800 000 au mois d'août). L'évolution technologique des carburants et des moteurs a permis de diminuer notablement les émissions routières de certains polluants (dioxyde de soufre, monoxyde de carbone, plomb et benzène) mais d'autres émissions persistent voire augmentent (dioxyde d'azote et particules).
- Les industries – de nombreuses et importantes sources de pollution industrielles sont localisées aux abords de l'étang de Berre et impactent l'ensemble des Bouches-du-Rhône et les départements limitrophes. Les substances rejetées dans l'air par les industries sont très nombreuses et seules quelques-unes sont des polluants réglementés dans l'air ambiant, même si d'autres sont potentiellement toxiques.
- Le milieu rural – il regroupe ce qui n'est pas urbain, trafic ou industriel, c'est-à-dire les zones boisées et agricoles, mais aussi les petites agglomérations et les grands espaces montagnards. Ce domaine est d'autant plus sensible aux émissions naturelles qu'il subit moins les émissions d'origine anthropiques hormis celles directement issues de l'agriculture. Les polluants rencontrés en quantité importante diffèrent, pour certains, des trois précédents environnements de vie : COVNM (forêts de conifères), méthane, ammoniac et protoxyde d'azote (agriculture).

La région est fortement marquée par le Mistral (qui suit la vallée du Rhône). Vent du nord, froid, sec et violent, il permet de disperser rapidement les épisodes de pollution.

D'après le bilan d'activités 2017 d'AtmoSud, 4% de la population régionale a été exposée au dépassement des normes limites réglementaires et 47% au dépassement des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé. Les populations concernées résident en centre-ville, à proximité des grands axes routiers ou des sites industriels. Les multiples sources d'émissions (transport, industrie, résidentiel et tertiaire) conjuguées à un fort ensoleillement exposent la région à une pollution photochimique parmi les plus élevées d'Europe.

Au niveau régional, l'année 2017 a été marquée par :

- 35 jours de pollution aux particules fines,
- 16 jours de pollution à l'ozone.

Le département des Bouches-du-Rhône reste le plus touché par ces épisodes de pollution.

Le site AtmoSud répertorie des études de qualité de l'air spécifiques sur la commune d'Aix-en-Provence :

- Surveillance de la qualité de l'air autour de la chaufferie d'Encagnane du 1^{er} février au 26 juin 2018³ :
L'objectif de cette campagne était de mieux connaître l'influence de la chaufferie sur la qualité de l'air du secteur et d'évaluer l'exposition des populations dans cet environnement et sous les vents du panache de l'installation.
Les résultats ont montré que la qualité de l'air de ces quartiers est principalement influencée par la circulation automobile avec notamment les autoroutes à proximité. La chaufferie a tout de même un impact sur la qualité de l'air selon le type de polluant étudié notamment le dioxyde d'azote.
- Campagne de mesure – état initial – autour de la ligne B du BHNS sur Aix du 1^{er} mars 2016 au 31 décembre 2016⁴:

³ <https://www.atmosud.org/fiche-etude/surveillance-de-la-qualite-de-lair-autour-de-la-chaufferie-dencagnane-aix>

⁴ <https://www.atmosud.org/fiche-etude/campagne-de-mesure-etat-initial-autour-de-la-ligne-b-du-bhns-sur-aix-0>

L'objectif de cette étude a été d'évaluer l'impact environnemental du projet du Bus à Haut Niveau de Service (ligne B), à Aix-en-Provence. De plus, l'étude a permis de mieux connaître l'impact environnemental lié à des infrastructures routières et de disposer des éléments nécessaires à la concertation et aux études d'insertion urbaine et de maîtrise d'œuvre.

Les résultats en air ambiant montrent que la valeur limite pour le dioxyde d'azote ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$) est dépassée sur les grands axes et les pénétrantes d'Aix. Dans l'environnement de ces voiries à fort trafic, les teneurs en dioxyde d'azote décroissent jusqu'à atteindre le niveau ambiant des quartiers.

En air intérieur, dans les salles des crèches échantillonnées, les concentrations de dioxyde d'azote sont légèrement inférieures, voire égales au seuil de la valeur guide en air intérieur ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

L'aménagement de la voirie du BHNS et sa mise en service auront une influence sur le trafic aixois. Ces reports de trafic pourront influencer sur la qualité de l'air et être évalués ultérieurement notamment sur les grands boulevard et avenues, et sur l'air des quartiers.

■ Scénarisation du réaménagement de la jonction A8/A51 du 1^{er} janvier 2015 au 31 décembre 2015⁵ :

L'évaluation de ces projets, a été réalisée par Air PACA, en partenariat avec la CPA (directions des Transports et de l'Environnement). Plusieurs scénarios en terme de qualité de l'air par rapport aux aménagements et échangeurs envisagés entre les autoroutes A51 et A8 ont été étudiés.

Les calculs réalisés ont montré que l'influence sur la pollution de la création de l'échangeur entre l'autoroute A51 Nord et l'autoroute A8 Ouest est relativement faible.

■ P-AIR – Particle – Atmospheric Intelligent Research du 1^{er} janvier 2013 au 31 décembre 2016⁶ :

Le projet consistait à développer un analyseur de pollution particulaire déplaçable, peu coûteux et venant en complément des stations fixes réglementaires de la qualité de l'air.

Le projet P-AIR développera plusieurs valeurs :

- L'outil P-AIR lui-même avec les capteurs, le réseau et la cartographie ;
- L'amélioration des connaissances sur les sources des particules ;
- Des applications web et smart phone (diffusion de l'information).

2.3.1.2 - Indice ATMO

L'indice de la qualité de l'air est destiné à qualifier globalement, chaque jour, la qualité de l'air d'une ville ou d'une agglomération. Il est dénommé Indice ATMO lorsqu'il concerne les agglomérations de plus de 100 000 habitants et qu'il répond à tous les critères de calcul définis par l'arrêté ministériel du 22 juillet 2004 entré en vigueur au 1^{er} janvier 2005. L'indice ATMO est calculé pour les agglomération de l'Est des Bouches-du-Rhône.

Cet indice est calculé à partir des concentrations en polluants relevées sur les stations urbaines et périurbaines représentatives de zones de pollution homogène. Son calcul fait intervenir quatre polluants :

- Les particules fines de diamètre inférieur à $10 \mu\text{m}$ (PM10) ;
- Le dioxyde d'azote (NO_2) ;
- L'ozone (O_3) ;
- Le dioxyde de soufre (SO_2).

Comme tout indicateur, l'indice présente des limites. Il ne peut être représentatif de situations particulières et des pointes de pollution qui peuvent être rencontrées au voisinage immédiat de sources (trafic routier ou industrie).

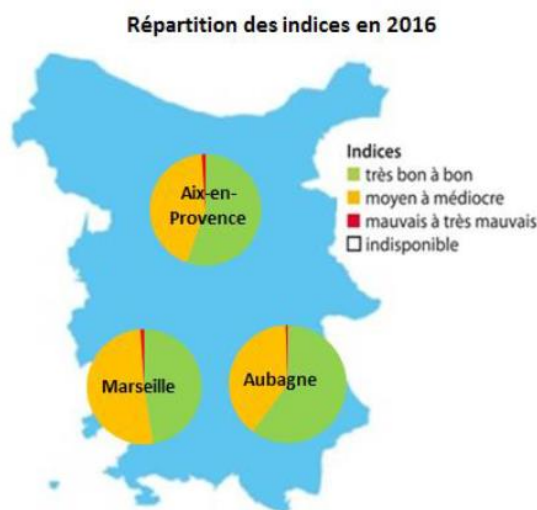
La qualité de l'air a été bonne globalement 1 jour sur 2 à Aix-en-Provence en 2016. Quatre journées de mauvaise qualité de l'air ont été répertoriées à Aix-en-Provence (cf. Figure 11)

⁵ <https://www.atmosud.org/fiche-etude/aix-en-provence-scenarisation-du-reamenagement-de-la-jonction-a8a51>

⁶ <https://www.atmosud.org/fiche-etude/p-air-particle-atmospheric-intelligent-research>

FIGURE 11 – INDICE ATMO DE L'EST DES BOUCHES-DU-RHÔNE EN 2016

Source : AirPACA - Éléments de la qualité de l'air et spécificités sur la Métropole Aix-Marseille-Provence et ses Conseils de territoires – 14 septembre 2017



Remarque : Depuis le 1^{er} Janvier 2021, l'indice ATMO a été révisé.

Les modifications principales de ce nouvel indice ATMO concernent la prise en compte des PM2.5. De plus, ses seuils sont alignés sur ceux choisis par l'Agence européenne pour l'environnement. Enfin, il permet de fournir une prévision calculée à l'échelle de chaque établissement public de coopération intercommunale (EPCI), sur l'ensemble du territoire national, y compris outre-mer. Il apporte ainsi une indication plus fine sur l'exposition de la population à la pollution de l'air, avec une information à différentes échelles territoriales, de l'EPCI à la géolocalisation.

L'échelle évolue aussi :

- le niveau Très bon disparaît,
- Le niveau Extrêmement mauvais fait son apparition.
- Le code couleur s'étend désormais du bleu (bon) au magenta (extrêmement mauvais).

FIGURE 12 – NOUVEAU CODE COULEUR DE L'INDICE ATMO



2.3.2 - A proximité de la zone d'étude

Trois stations de mesures permanentes sont installées sur la commune d'Aix-en-Provence, **en dehors de la zone d'étude** :

- 1 station de type urbain : Aix École d'Art située au centre-ville d'Aix-en-Provence (mesure des polluants suivants : O₃, NO₂, PM10, PM2.5) ;
- 1 station de type périurbain : Aix Les Platanes située en périphérie Nord d'Aix-en-Provence (mesures du polluant suivant : O₃) ;
- 1 station de type trafic : Aix Roy René située au centre-ville d'Aix-en-Provence (mesures des polluants suivants : PM10, NO₂).

Les teneurs moyennes annuelles 2019 (dernière année renseignée) des polluants mesurés par cette station, en dioxyde d'azote, PM10, de l'ozone et le benzo(a)pyrène (moyenne annuelle de 2011) sont synthétisées dans le tableau ci-après et comparées aux valeurs limites en moyennes annuelles. Le Tableau 8 présente les moyennes annuelles 2011 des autres HAP. Parmi les HAP, seul le benzo(a)pyrène est réglementé.

Sur ces stations, les teneurs moyennes annuelles mesurées respectent les valeurs limites pour l'ensemble de ces polluants.

TABLEAU 7 - TENEURS MOYENNES ANNUELLES POUR LES STATIONS ATMOSUD RETENUES EN 2019

Polluants		Aix Ecole d'Art	Aix Les Platanes	Aix Roy René	Valeurs limites	Objectif de qualité
		Urbain	Périurbain	Trafic	en moyenne annuelle	
Dioxyde d'azote (NO₂)	µg/m ³	23		39	40	40
PM₁₀	µg/m ³	19		25	40	30
PM_{2,5}	µg/m ³	10,5			25	10
Benzo(a)pyrène	ng/m ³	0,38 <i>(2011)</i>				1 <i>(valeur cible)</i>
Ozone	µg/m ³		59			120 - maximum journalier de la moyenne sur 8 h <i>(seuil de protection de la santé)</i>

Source : ATMOSud

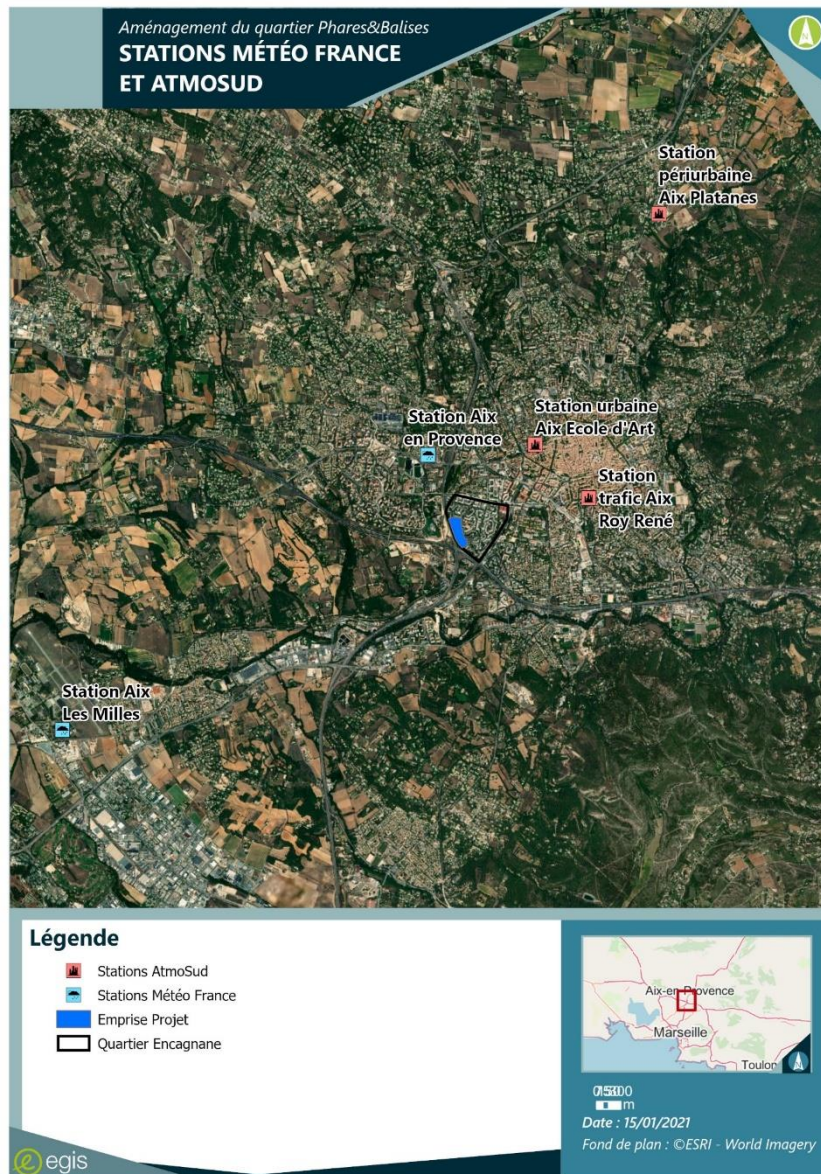
TABLEAU 8 – TENEURS MOYENNES ANNUELLES EN HAP (HORS BENZO(A)PYRÈNE) POUR LA STATION AIX ECOLE D'ART

Polluants		Aix Ecole d'Art
		Urbain
Benzo(e)pyrène	ng/m ³	0,34 <i>2011</i>
Chrysène	ng/m ³	0,48 <i>2011</i>
Benzo(b)fluoranthène	ng/m ³	0,46 <i>2011</i>
Benzo(a)anthracène	ng/m ³	0,33 <i>2011</i>
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	ng/m ³	0,31 <i>2011</i>
Benzo(k)fluoranthène	ng/m ³	0,21 <i>2011</i>
Benzo(ghi)préylène	ng/m ³	0,4 <i>2011</i>
Dibenzo(ah)anthracène	ng/m ³	0,04 <i>2011</i>
Benzo(j)fluoranthène	ng/m ³	0,31 <i>2011</i>

Source : ATMOSud

FIGURE 13 – LOCALISATION DES STATIONS ATMOSUD ET DES STATIONS MÉTÉO FRANCE

Source : AtmoSud – Météo France



2.3.3 - Documents de planification pour l'air et la santé

La zone d'étude est soumise à des outils de planification au niveau régional et local concernant la qualité de l'air et la santé. Ces outils fixent des orientations et/ou des actions pour limiter et prévenir la pollution atmosphérique :

- Le Schéma Régional Climat, Air, Énergie de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (SRCAE) ⁷ ;
- Le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) ;
- Le Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques (PREPA) ;
- Le Plan Climat Air Énergie Territorial d'Arles (PCAET) ;

Et la santé :

- Le Plan Régional Santé Environnement de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PRSE3) ;
- Le Plan National Santé Environnement (PNSE 3).

On peut aussi noter la mise en place du Schéma Régional d'Aménagement de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) de la région PACA qui propose un nouveau modèle d'aménagement du territoire en coordonnant l'action régionale dans onze domaines définis par la loi, en incluant notamment la lutte contre le changement climatique et la pollution de l'air.

2.3.3.1 - Le Schéma Régional Climat, Air, Énergie de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (SRCAE)

Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie (SRCE) a été créé par l'article 68 de la loi Grenelle 2. Il est régi par les articles L.222-1, 2 et 3 du code de l'environnement. Il remplace le Plan Régional de la Qualité de l'Air (PRQA) instauré par la loi du 30 décembre 1996 (loi LAURE).

Élaboré sous l'égide du Préfet de Région et du Président du Conseil Régional, il fixe notamment, à l'échelon du territoire régional et aux horizons 2020 et 2050, les orientations permettant de prévenir ou de réduire la pollution atmosphérique ou d'en atténuer les effets afin d'atteindre les normes de qualité de l'air mentionnées à l'article R.221-1 du code de l'environnement.

Le conseil régional Provence-Alpes-Côte d'Azur a approuvé le SRCAE le 28 juin 2013. Le Préfet de la région a arrêté le SRCAE le 17 juillet 2013.

Le SRCAE pose un certain nombre d'objectifs :

- Des objectifs sectoriels présentés dans le Tableau 9 ;
- Des objectifs de développement des énergies renouvelables ;
- Des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre présentés dans le Tableau 10;
- Des objectifs de réduction des émissions de polluants atmosphériques :
 - -30 % des émissions de PM2.5 pour 2015 (par rapport à l'année de référence 2007)
 - -40 % des émissions de NOx d'ici 2020 (par rapport à l'année de référence 2007)
- Des objectifs régionaux pour 2050 : -75 % d'émissions de gaz à effet de serre, -50 % de consommation totale d'énergie et 67 % de part de renouvelable dans la consommation finale d'énergie.

Le Tableau 9 présente les objectifs sectoriels du SRCAE Provence-Alpes-Côte d'Azur et le Tableau 10 les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

⁷ Le SRCAE, créé par l'article 68 de la loi Grenelle 2, remplace le PRQA, instauré par la LAURE.

TABLEAU 9 – OBJECTIFS SECTORIELS DU SRCAE PROVENCE-ALPES-CÔTE D’AZUR










Transports et urbanisme		➤ Doublement de la part modale des transports en commun d’ici 2030
		➤ Les modes actifs (vélo, marche) représentent 50% des déplacements dans les centres urbains en 2030
		➤ L’augmentation de la population est principalement localisée dans les pôles déjà urbanisés
		➤ 8% de véhicules électriques et hybrides en 2030
		➤ Doublement des parts modales fer et fluvial pour le transport de marchandises
Bâtiments		➤ Rythme de 50 000 logements totalement rénovés par an
		➤ Remplacement de 25% des systèmes de chauffage électrique et fioul d’ici 2025
		➤ Réhabilitation de 3% des surfaces tertiaires par an
Industrie		➤ Mobilisation de 50% du potentiel d’efficacité énergétique estimé d’ici 2020 et 100% à 2030

TABLEAU 10 – OBJECTIFS DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DU SRCAE PROVENCE-ALPES-CÔTE D’AZUR

Emissions de GES	2020		2030	
	ktCO2eq	% du total	ktCO2	% du total
Maîtrise de la demande en énergie				
Industrie	2020	31%	3653	30%
Transport	1129	18%	2580	21%
Résidentiel	1413	22%	2143	18%
Tertiaire	466	7%	749	6%
TOTAL MDE	5028	78%	9125	76%
Emissions non énergétiques				
TOTAL GES non énergétiques	300	5%	600	5%
Energies renouvelables (développement additionnel)				
TOTAL ENR	1112	17%	2306	19%
TOTAL émissions de GES évitées (tCO2eq)	6439	100%	12031	100%
Objectifs de diminution des émissions de GES par rapport à 2007	-20%		-35%	

2.3.3.2 - Le Plan de Protection de l’Atmosphère (PPA)

La directive européenne 2008/50/CE concernant l’évaluation et la gestion de la qualité de l’air ambiant prévoit que, dans les zones et agglomérations où les normes de concentration de polluants atmosphériques sont dépassées, les États membres doivent élaborer des plans ou des programmes permettant d’atteindre ces normes.

En droit français, des Plans de Protection de l’Atmosphère (PPA) doivent être élaborés dans toutes les agglomérations de plus de 250 000 habitants et dans les zones où les valeurs limites et les valeurs cibles sont dépassées ou risquent de l’être. L’application de ces dispositions relève des articles L.222-4 à L.222-7 et R.222-13 à R.222-36 du code de l’environnement.

Le PPA est un plan d’actions, arrêté par le préfet, qui a pour objectif de réduire les émissions de polluants atmosphériques et de maintenir ou ramener dans la zone du PPA concernée les concentrations en polluant à des niveaux inférieurs aux normes fixées à l’article R. 221-1 du code de l’environnement.

Le Préfet des Bouches-du-Rhône a signé le 17 mai 2013 l’arrêté préfectoral portant l’approbation du Plan de Protection de l’Atmosphère révisé.

Le PPA prévoit un ensemble de mesures à mettre en œuvre pour améliorer la qualité de l'air sur le territoire des Bouches-du-Rhône. Il compte 37 mesures multi-sectorielles (7 actions Industrie, 23 actions Transport, 5 actions Résidentiel/Tertiaire/Agriculture, 2 actions transversales).

- Les actions réglementaires (20) : Ces mesures constituent le cœur du PPA, elles ont vocation à être déclinées et précisées par des arrêtés préfectoraux ou municipaux une fois le PPA approuvé. Elles relèvent de la compétence des préfets ou des maires ;
- Les actions volontaires et incitatives (15) : Ces actions ont pour but, sur la base du volontariat, d'inciter les acteurs – qu'il s'agisse d'industriels, de collectivités ou de citoyens – à mettre en place des actions de réduction de leurs émissions de polluants atmosphériques ;
- Les actions d'accompagnement (2) : Ces mesures visent à sensibiliser et à informer la population, ou à améliorer les connaissances liées à la qualité de l'air sur la zone du PPA.

Ces actions visent à réduire l'exposition des populations pour les 5 polluants ou famille de polluants réglementés ciblés par le PPA à savoir le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x), les particules en suspension (PM), l'ozone (O₃) et les Composés Organiques Volatiles (COV) dont le benzène. Néanmoins les objectifs de réduction des émissions chiffrés ne s'appliquent qu'aux 3 polluants prioritaires pour lesquels des dépassements réguliers de valeurs limites sont observés :

- Les oxydes d'azote – NO_x
- Les particules en suspension de diamètre inférieur à 10 µm – PM10
- Les particules en suspension de diamètre inférieur à 2.5 µm – PM2.5

Dans le Plan de Protection de l'Atmosphère, les objectifs de réduction des émissions ont été initialement fixés à l'horizon 2015 sur la base de l'année de référence 2007. Toutefois, les actions locales ayant commencé à être mise en œuvre en 2013, une mise à jour des objectifs de réduction des émissions à l'horizon 2020 a été réalisée par AtmoSud en 2015. Le Tableau 11 présente les objectifs de réduction attendus dans le cadre du scénario « tendanciel + PPA ». ⁸

TABLEAU 11 – OBJECTIFS DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DU PPA DES BOUCHES DU-RHÔNE AUX HORIZONS 2015 ET 2020

Source : AtmoSud – Évaluation du Plan de Protection de l'Atmosphère des Bouches-du-Rhône 2013-2018

ZONE PPA13	Evolution 2007 –2015			Evolution 2007 – 2020		
	PM10	PM2.5	NO _x	PM10	PM2.5	NO _x
Secteur						
Industrie (tendanciel + PPA)	-6 %	-5 %	-7 %	-13 %	-11 %	-19 %
Transports (tendanciel + PPA)	-9 %	-13 %	-20 %	-13 %	-14 %	-27 %
Res/Ter/Agri (tendanciel + PPA)	-7 %	-9 %	-2 %	-13 %	-13 %	-1 %
Total gain (tendanciel + PPA)	-22 %	-28 %	-29 %	-39 %	-39 %	-47 %
Actions PPA seules	-9%	-9 %	-8 %	-	-	-
Objectifs Nationaux (Grenelle)	-30 %	-30 %	-40 %	-	-	-

2.3.3.3 - Le Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques (PREPA)

Le PREPA⁹ fixe la stratégie de l'État pour réduire les émissions de polluants atmosphériques au niveau national et respecter les exigences européennes. C'est l'un des outils de déclinaison de la politique climat-air-énergie. Il combine les différents outils de politique publique : réglementations sectorielles, mesures fiscales, incitatives, actions de sensibilisation et de mobilisation des acteurs, action d'amélioration des connaissances.

⁸ AtmoSud – Évaluation du Plan de Protection de l'Atmosphère des Bouches-du-Rhône 2013-2018

⁹ Ministère de la Transition écologique et solidaire - <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/politiques-publiques-reduire-pollution-lair#e0>

Tels que prévu par l'article 64 de la Loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV), le PREPA est composé :

- D'un décret fixant les objectifs chiffrés de réduction des émissions des principaux polluants à l'horizon 2020, 2025 et 2030 ;
- D'un arrêté établissant pour la période 2017-2021, les actions prioritaires retenues et les modalités opérationnelles pour y parvenir.

L'élaboration du plan s'appuie sur l'étude « aide à la décision pour l'élaboration du PREPA réalisée entre 2015 et 2016. Pour sélectionner les mesures sectorielles (industrie, résidentiel tertiaire, transports et agriculture) les plus pertinentes, une analyse multicritère a été réalisée.

Pour chaque mesure, l'évaluation a porté sur le potentiel de réduction d'émissions au niveau national, le potentiel d'amélioration de qualité de l'air, la faisabilité juridique, le niveau de controverse, le ratio coût-bénéfices et les co-bénéfices.

Les parties prenantes et les membres du Conseil national de l'air ont été consultés tout au long de la démarche d'élaboration. La consultation du public a été réalisée du 6 au 27 avril 2017.

Le PREPA prévoit la poursuite et l'amplification des mesures de la LTECV (Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte) et des mesures supplémentaires de réduction des émissions dans tous les secteurs, ainsi que des mesures de contrôle et de soutien des actions mises en œuvre :

- Industrie ; application des meilleures techniques disponibles (cimenteries, raffineries, installations de combustion...) et renforcement des contrôles ;
- Transports : poursuite de la convergence essence-gazole, généralisation de l'indemnité kilométrique vélo, mise en œuvre des certificats Crit'Air, renouvellement des flottes par des véhicules à faibles émissions, contrôles des émissions réelles des véhicules, initiative avec les pays méditerranéens pour mettre en place une zone à basses émissions en Méditerranée ;
- Résidentiel-tertiaire : baisse de la teneur en soufre du fioul domestique, cofinancement avec les collectivités d'aides au renouvellement des équipements de chauffage peu performants, accompagnement des collectivités pour le développement d'alternatives au brûlage des déchets verts ;
- Agriculture : réduction des émissions d'ammoniac (utilisation d'engrais moins émissifs ; utilisation de pendillards ou enfouissement des effluents d'élevage...), développement de filières alternatives au brûlage des résidus agricoles, mesure des produits phytosanitaires dans l'air, contrôle de l'interdiction des épandages aériens, accompagnement du secteur agricole par la diffusion des bonnes pratiques, le financement de projets pilote et la mobilisation des financements européens.

Le PREPA prévoit également des actions d'amélioration des connaissances, de modélisation des acteurs locaux et des territoires, et la pérennisation des financements en faveur de la qualité de l'air.

Les objectifs du PREPA sont fixés à l'horizon 2020 et 2030 conformément à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance et à la directive 2016/2284.

FIGURE 14 – RÉDUCTION DES ÉMISSIONS PAR RAPPORT À 2005

Source : Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer – Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques (PREPA)

RÉDUCTION
DES ÉMISSIONS
PAR RAPPORT À 2005



POLLUANT	À partir de 2020	À partir de 2030
Dioxyde de soufre (SO ₂)	- 55 %	- 77 %
Oxydes d'azote (NOx)	- 50 %	- 69 %
Composés organiques volatils (COVNM)	- 43 %	- 52 %
Ammoniac (NH ₃)	- 4 %	- 13 %
Particules fines (PM _{2,5})	- 27 %	- 57 %

La mise en œuvre du PREPA permettra :

- De limiter très fortement les dépassements des valeurs limites dans l'air : ceux-ci sont réduits fortement dès 2020, et quasiment supprimés à l'horizon 2030. La concentration moyenne en particules fines baissera d'environ 20% d'ici 2030 ;
- D'atteindre les objectifs de réduction des émissions à 2020 et 2030. Les mesures du PREPA sont tout particulièrement indispensables pour atteindre les objectifs de réduction des émissions d'ammoniac ;
- De diminuer le nombre de décès prématurés liés à une exposition chronique aux particules fines d'environ 11 200 cas/an à l'horizon 2030.

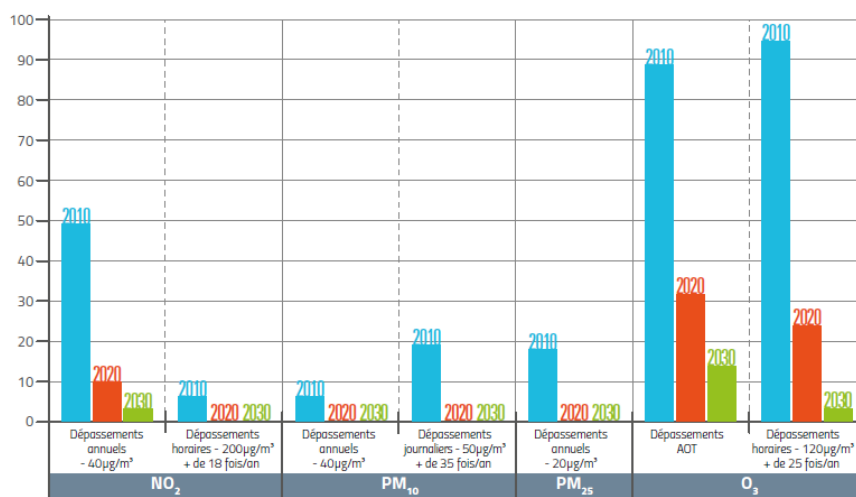
FIGURE 15 – AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Source : Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer – Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques (PREPA)

AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR



Dépassement des valeurs limites (PM10, PM2,5 et NO2) et des valeurs cibles (O3)



Le PREPA est un plan d'action interministériel, il est suivi par le Conseil national de l'air au moins une fois par an et sera révisé au moins tous les cinq ans.

2.3.3.4 - Le Plan Climat Énergie Territorial de la ville d'Aix-en-Provence (PCET)

Chaque collectivité territoriale de plus de 50 000 habitants doit réaliser un Plan Climat Énergie Territorial (PCET), soit un plan d'actions pour réduire ses émissions de GES préalablement diagnostiquées et s'adapter aux changements climatiques.

Le Plan Climat Énergie Territorial de la ville d'Aix-en-Provence a été présenté le 17 décembre 2012 et a été approuvé par les élus.

Ce plan répond aux dispositions obligatoires de la loi Grenelle 2 et traduit la volonté de la ville de participer aux objectifs nationaux à l'horizon 2020 :

- Réduire de 20% les émissions de gaz à effet de serre ;
- Améliorer de 20% l'efficacité énergétique ;
- Porter à 23% la part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie.

Le PCET d'Aix-en-Provence proposent 15 actions prioritaires hiérarchisées sur la base de trois critères :

- L'impact énergie-GES de l'action sur la base d'une analyse qualitative et quantitative du gain en termes d'énergie et d'émission de GES de l'action ;
- Le coût estimé de l'action ;
- Le délai prévisionnel de mise en œuvre de l'action.

Parmi les 15 actions :

- 10 portent sur le volet « Patrimoine et services » :
 - Action 1 : Sensibiliser et former les agents de la collectivité aux pratiques éco responsables ;
 - Action 2 : Réaliser un suivi des consommations énergétiques des bâtiments de la ville, en intégrant une information des utilisateurs sur les résultats obtenus ;
 - Action 3 : Définir et mettre en œuvre un programme pluriannuel de rénovation thermique des bâtiments de la ville ;
 - Action 4 : Limiter le vieillissement du parc de véhicules et intégrer les motorisations alternatives ;
 - Action 5 : Élaborer et mettre en œuvre un « Plan de Déplacement Administration » en intégrant les « Plans de Déplacements Établissements Scolaires » ;
 - Action 6 : Développer l'e-administration et la dématérialisation en interne et pour les usagers ;
 - Actions 7 : Prendre en compte les critères environnementaux et « énergie-climat » dans l'établissement des documents contractuel ;
 - Action 8 : Élaborer et mettre en œuvre un « Plan de Prévention » des déchets produits par les services de la ville ;
 - Action 9 : Étudier les possibilités de valorisation énergétique du processus de digestion à la station d'épuration de la Pioline ;
 - Action 10 : Rechercher et mettre en œuvre les solutions permettant de limiter les consommations d'eau liées aux activités de la collectivité, sur les postes les plus consommateurs : nettoyage de la voirie et arrosage des espaces verts et sportifs.
- 5 ont un impact sur le territoire :
 - Action 11 : Mettre en place, dans le cadre du Plan Local d'Urbanisme et des opérations d'aménagement, des prescriptions contribuant à la sobriété énergétique et à la réduction des émissions de GES ;
 - Action 12 : Lutter contre les îlots de chaleur urbain et favoriser l'intégration du végétal en ville ;
 - Action 13 : Dans le cadre de la modernisation du réseau de chaleur et du passage au bois, augmenter le nombre de bâtiments connectés et favoriser leur réhabilitation ;

- Action 14 : Assurer un réel partage de la voirie en faveur des transports en commun et des modes actifs ;
- Action 15 : Développer les circuits courts en agriculture et favoriser l'extension des espaces dédiés aux jardins familiaux ou partagés.

2.3.3.5 - Le Plan National et le Plan Régional Santé Environnement (PNSE3 et PRSE3)

Ces deux plans s'inscrivent dans la continuité des documents de planification suscités et définissent des actions pour réduire et éviter l'impact sur la santé des pollutions environnementales.

Le Plan National Santé-Environnement (PNSE) est un plan qui, conformément à l'article L. 1311 du code de la santé publique, doit être renouvelé tous les cinq ans. Le deuxième Plan National Santé-Environnement a été adopté en conseil des Ministres le 24 juin 2009 pour la période 2009-2013. Sa mise en œuvre a été placée sous le copilotage des ministères en charge de la santé et de l'écologie et a fait l'objet d'une déclinaison en Plans Régionaux Santé-Environnement (PRSE).

Le 3ème Plan National Santé-Environnement (PNSE 3), dont les travaux d'élaboration ont été lancés en 2013, se décline en 4 grandes catégories d'enjeux :

- Enjeux de santé prioritaires ;
- Connaissance des expositions et de leurs effets ;
- Recherche en santé environnement ;
- Actions territoriales, information, communication et formation.

Le PRSE3 de la région PACA, adopté le 6 décembre 2017, est la déclinaison régionale du PNSE3, en 9 axes thématiques.

Certaines actions sont plus orientées sur :

- Action 1.1 : Réduire les émissions polluantes issues de l'industrie et des transports ;
- Action 1.2 : Mieux caractériser les émissions issues du secteur industriel et des transports ;
- Action 1.3 : Consolider les données sanitaires et environnementales disponibles ;
- Action 1.4 : Adapter la prise en charge des pathologies liées aux expositions professionnelles et environnementales.

2.3.4 - Mesures in situ de la qualité de l'air

Afin de caractériser plus précisément la qualité de l'air dans la zone d'étude, deux campagnes de mesures in situ de la qualité de l'air ont été réalisées en complément des éventuelles mesures du réseau local de qualité de l'air (AtmoSud) et des données recensées lors de l'étude air et santé de la ZAC de la Constance réalisée par EGIS en 2019.

Ces campagnes ont un triple objectif :

- Caractériser la qualité de l'air de la zone d'étude ;
- Situer les différents polluants par rapport aux normes de qualité de l'air en vigueur, durant la période d'exposition des dispositifs de mesure ;
- Définir les valeurs de fond utilisées lors de la modélisation de la dispersion des polluants et dans l'Évaluation des Risques Sanitaires).

En accord avec la note technique du 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA et compte tenu de la problématique routière les polluants suivants ont été retenus pour la campagne de mesures :

- Le dioxyde d'azote, polluant traceur des émissions liées au trafic routier ;

- Les particules PM10 et PM2.5 à l'origine de troubles respiratoires et pouvant présenter des propriétés mutagènes et cancérigènes ;
- Le benzène, polluant cancérigène ;
- Le 1,3-butadiène, irritant par voie respiratoire et reconnu cancérigène ;
- Le chrome (plus spécifiquement le chrome VI), polluant cancérigène ;
- Le nickel, à l'origine d'effets inflammatoires des muqueuses nasales et des bronches ;
- L'arsenic, à l'origine d'effets variant de l'irritant au léthal en fonction des quantités absorbées et des modes d'absorption ;
- Les 16 HAP :
 - L'acénaphthène, irritant pour la peau et les yeux ;
 - L'acénaphthylène, irritant pour les voies respiratoires ;
 - L'antracène, irritant pour la peau, les yeux, les muqueuses et le tractus respiratoire ;
 - Benzo(a)anthracène, suspecté être cancérigène ;
 - Benzo(a)pyrène, cancérigène pour l'homme et toxique pour la reproduction ;
 - Benzo(b)fluoranthène, suspecté être cancérigène ;
 - Benzo(k)fluoranthène, suspecté être cancérigène ;
 - Benzo(ghi)pérylène, pas d'effets avérés sur la santé humaine ;
 - Benzo(j)fluoranthène, responsable de tumeurs cutanées, pulmonaires et hépatiques chez l'animal et suspecté être cancérigène pour l'homme ;
 - Chrysène, effets mutagènes lors d'expositions principalement chroniques ;
 - Dibenzo(a,h)anthracène, suspecté être cancérigène ;
 - Fluorène, atteinte principalement du foie et du sang ;
 - Fluoranthène, atteinte principalement du foie et des reins ;
 - Indéno(1,2,3-cd)pyrène, suspecté être cancérigène ;
 - Phénanthrène, atteinte faible du foie et des intestins ;
 - Pyrène, atteinte rénale pour l'exposition chronique.

La mise en œuvre et les résultats de ces mesures sont présentés ci-après.

2.3.4.1 - Périodes et moyens de mesures

La première campagne de mesures a duré 2 fois deux semaines, du 08/06/2020 au 07/07/2020, en période estivale. La seconde campagne s'est déroulée sur le même principe du 16/11/2020 au 14/12/2020, en période hivernale.

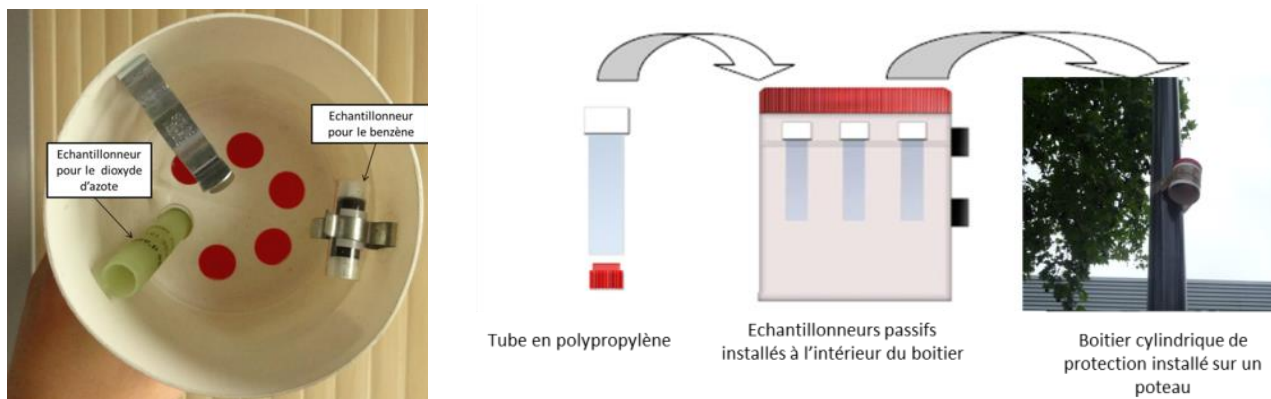
Ces périodes rendent compte des trafics représentatifs du réseau routier dans la zone d'étude.

Les mesures ont été réalisées par échantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote et le benzène. Ces moyens de mesure, peu encombrants et relativement simples à mettre en place, permettent d'instrumenter simultanément un nombre important de sites.

Le principe de l'échantillonnage passif consiste à exposer à l'air libre, sur une période donnée, à environ 2-3 mètres de hauteur, des cartouches adsorbantes (triéthanolamine pour le dioxyde d'azote et le tétrachloroéthylène pour le benzène) qui, par simple diffusion du polluant dans l'atmosphère, vont piéger celui-ci (cf. Figure 16). La quantité de polluant absorbé est proportionnelle à sa concentration dans l'air ambiant.

FIGURE 16 – DISPOSITION DES CAPTEURS DE DIOXYDE D'AZOTE ET DE BENZÈNE DANS LE BOÎTIER

Source : Egis



Sur chaque site de mesure, les échantillonneurs passifs ont ainsi été exposés au minimum 14 jours, puis rebouchés hermétiquement et analysés en laboratoire (colorimétrie pour le dioxyde d'azote, chromatographie en phase gazeuse pour le benzène, chromatographie ionique pour le dioxyde de soufre et réaction spécifique pour le palladium métallique formé par le CO et le chlorure de palladium).

Les analyses du dioxyde d'azote et du benzène sont réalisées suivant :

- La norme EN 13528 (Qualité de l'air - Échantillonneurs par diffusion pour la détermination des concentrations des gaz et des vapeurs) ;
- La norme EN-14662-5 : 2005 (Qualité de l'air ambiant. Méthode pour le mesurage des concentrations en benzène. Échantillonnage par diffusion suivi d'une désorption au solvant et d'une chromatographie en phase gazeuse) ;
- La méthode Saltzman (colorimétrie après réaction avec l'acide sulfanilique et le dichlorate de N-(naphtyl-1) éthylenediamine)¹⁰.

À l'issue des analyses, une teneur moyenne en polluants pour chaque site de mesure est établie pour la période d'exposition. Durant la période d'instrumentation, les capteurs ont été placés dans des boîtiers afin de les préserver des intempéries (cf. Figure 16). Tous les capteurs ont été installés sur le site le premier jour et retirés le dernier jour afin d'harmoniser les temps d'exposition pour l'ensemble des capteurs.

Les échantillonneurs passifs ont été fournis et analysés par la société PASSAM AG, laboratoire de mesure accrédité EN 45000.

Suivant le laboratoire PASSAM AG qui réalise l'analyse des capteurs passifs à l'issue des campagnes de mesure *in situ*, l'incertitude des mesures par échantillonneurs passifs est :

- Pour le dioxyde d'azote : $\pm 18,4$ % pour un niveau de concentration dans l'air de 20 - 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- Pour le benzène : $\pm 27,1$ % pour un niveau de concentration dans l'air de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

Les limites de quantification pour l'analyse des polluants :

- Pour le dioxyde d'azote : $< 0,6$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- Pour le benzène : $< 0,4$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

¹⁰ La méthodologie Passam est reconnue par le Joint Research Centre de la Commission Européenne (JRC) dans le document *Review of the Application of Diffusive Samplers for the Measurement of Nitrogen Dioxide in Ambient Air in the European Union* de 2009. ([http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC51106/reqno_jrc51106_eur_23793.pdf\[1\].pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC51106/reqno_jrc51106_eur_23793.pdf[1].pdf), page 71).

Les mesures par échantillonneurs passifs ont pour résultats des valeurs moyennes sur la durée d'exposition des capteurs. Ces valeurs permettent ainsi de comparer et de hiérarchiser les sites de mesure instrumentés. Ces résultats peuvent être très différents des concentrations mesurées par analyseurs dynamiques, puisque ces derniers sont soumis aux variations temporelles.

Pour permettre de valider les mesures par échantillonneurs passifs, un capteur passif témoin a été installé au droit d'un analyseur fixe et/ou d'une station de l'AASQA locale. Le différentiel obtenu permet aussi, le cas échéant de recalibrer l'ensemble de la campagne de mesure par capteurs passifs.

À l'issue de la campagne de mesure, les échantillonneurs sont analysés par Passam.

En plus des capteurs passifs, des balises de microcapteurs ont été installées en 2 points afin de mesurer les concentrations en particules fines par mesure optique grâce aux capteurs NEMO (voir Figure 17). La limite de détection est de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La position des points de mesures retenus (dans la zone du projet, à proximité de l'autoroute (point n° 7) et à proximité de l'école (point n°9)) a été définie en concertation avec la SPLA.

FIGURE 17 – CAPTEURS NEMO



Source : Egis

Sur les deux sites de mesures, les balises de microcapteurs NEMO ont ainsi été exposés en continu pendant les deux campagnes de deux semaines. Les capteurs sont connectés à une interface permettant de voir en temps réel la concentration en PM2.5 et PM10 sur la zone d'étude, ainsi qu'à un panneau solaire permettant d'alimenter le capteur durant toute la durée de l'étude.

Les mesures s'effectuent toutes les 10 minutes et les données sont récupérées via un interface cloud sous la forme de graphiques (cf. figure ci-dessous). L'accès aux mesures en temps réel peut également être réalisé (Sigfox, LoRa, Bluetooth, Wifi, RJ45, GSM).

Durant la période d'instrumentation, les capteurs ont été placés dans des boîtiers afin de les préserver des intempéries (cf. Figure 17).

2.3.4.2 - Choix et répartition des sites

Au total, afin de caractériser la qualité de l'air, **16 sites** ont été instrumentés de capteurs :

- 16 capteurs passifs pour la mesure du dioxyde d'azote ;
- 5 capteurs passifs pour la mesure du benzène ;
- 2 sites instrumentés de capteurs dynamiques (balise NEMo) pour les particules fines

Ces capteurs ont été localisés :

- À proximité des grands axes routiers, pour lesquels le projet de liaison est susceptible d'entraîner une modification du trafic : 5 sites représentatifs de la qualité de l'air en situation de proximité autoroutière (sites 01, 02, 07, 11 et 13) ;
- À proximité des habitations, proche des habitations : 5 sites représentatifs de la qualité de l'air en milieu urbain (sites 03, 04, 05, 06, 08, 09, 10, 12, 14, 16). Le point 16 est proche de la station AASQA pour permettre de vérifier nos valeurs.
- En situation de fond, à distance de toute source directe de pollution : 1 site représentatif des niveaux moyens de pollution (site 15).

Les critères de localisation de chacun des sites de mesure est décrit dans le Tableau 12 et les sites de mesure localisés dans le plan d'échantillonnage de la Figure 19.

Pour chaque site de mesure, une fiche de terrain a été réalisée. Cette fiche contient toutes les informations relatives à la traçabilité de la mesure : photographie numérique du site (cf. figure 18), implantation sur un extrait de plan au 1/25 000ème et une orthophotographie, résultats de la mesure. Les 16 fiches de terrain sont présentées en annexe.

FIGURE 18 – PHOTOGRAPHIES DES SITES DE MESURES 09 ET 06

Source : Egis



Site 09 – Proximité routière



Site 06 – Fond Urbain

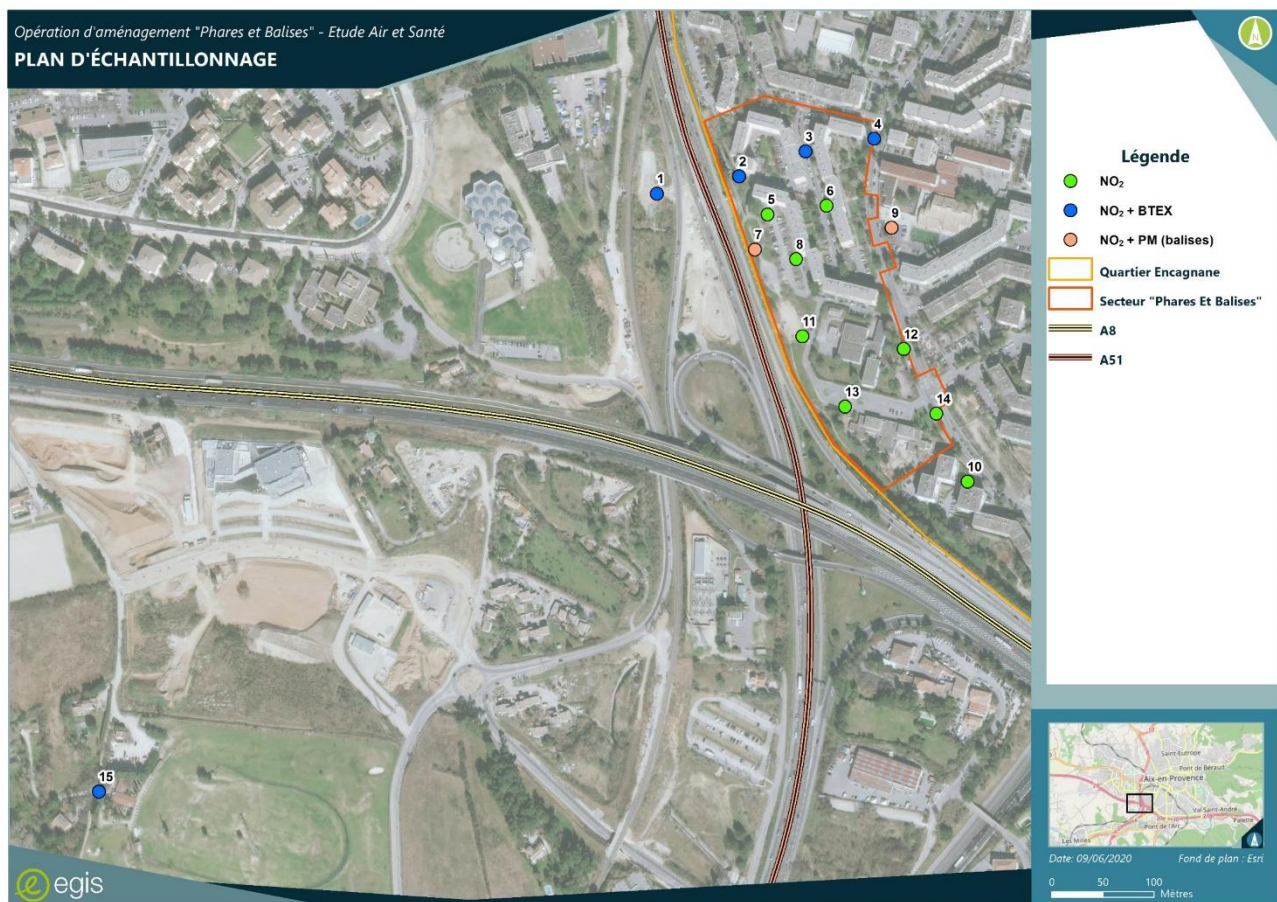
TABLEAU 12 – CRITÈRES DE LOCALISATION DES SITES DE MESURES EGIS

Site	Polluants	Ambiance	Intérêt
Site 01	BTEX, NO ₂	Proximité routière	Proximité A51
Site 02	BTEX, NO ₂	Proximité routière	Proximité A51
Site 03	BTEX, NO ₂	Fond urbain	Habitations
Site 04	BTEX, NO ₂	Fond urbain	Habitations
Site 05	NO ₂	Fond urbain	Habitations
Site 06	NO ₂	Fond urbain	Habitations
Site 07	PM, NO ₂	Proximité routière	Proximité A51
Site 08	NO ₂	Fond urbain	Habitations
Site 09	PM, NO ₂	Fond urbain	Ecole Primaire
Site 10	NO ₂	Fond urbain	Crèche
Site 11	NO ₂	Proximité routière	Proximité A51
Site 12	NO ₂	Fond urbain	Habitations
Site 13	NO ₂	Proximité routière	Proximité A51
Site 14	NO ₂	Fond urbain	Habitations
Site 15	BTEX, NO ₂	Fond rural	Eloigné des autoroutes et des habitations

Source : Egis

FIGURE 19 – PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

Source : Egis



2.3.4.3 - Conditions météorologiques

L'analyse des conditions météorologiques observées lors d'une campagne de mesure permet de mieux apprécier l'influence de celles-ci sur les teneurs mesurées.

La qualité de l'air dépend effectivement à la fois des émissions des différentes sources (industries, transports, tertiaire) et des conditions météorologiques (vitesse et direction du vent...) qui, avec la topographie, influencent le transport, la transformation et la dispersion des polluants.

Les normales et les conditions météorologiques (vitesses et directions du vent, températures et pluviométries) relevées lors des campagnes de mesure sur la station Météo France de Marseille Marignane sont présentées ci-après. Cette station météorologique, située à environ 15 km au sud-ouest, est la station la plus proche de l'emprise du projet mesurant tous les paramètres météo pouvant influencer sur la dispersion des polluants. La station d'Aix en Provence est plus proche mais ne mesure pas la nébulosité qui est un paramètre important pour la définition de la stabilité atmosphérique.

L'analyse des conditions météorologiques normales peut permettre d'anticiper les potentialités de dispersion ou de stagnation des polluants atmosphériques.

Le Tableau 13 et la Figure 20 présentent la comparaison des températures, et des vents (vitesse et direction) enregistrées pendant les campagnes de mesure aux normales saisonnières de la station Météo France de *Marseille Marignane – Aéroport*.

Les roses des vents mesurés lors des deux campagnes de mesures sont cohérentes avec la rose des vents normale sur 30 ans mesurée au niveau de l'aéroport de Marignane.

Lors de la campagne estivale, les vents étaient principalement de secteur nord-ouest, et dans une moindre mesure, de secteur sud-ouest. Les températures ont varié quant à elles de 13 à 34 °C, avec une moyenne de 23.1°C durant la campagne. Les précipitations ont pour leur part été très faibles, de l'ordre de 4 mm, ce qui a limité l'effet de lessivage.

Lors de la campagne hivernale, les vents étaient principalement de secteur nord-ouest et de secteur est-sud-est. Les températures ont varié quant à elles de 0 à 20 °C, avec une moyenne de 8.9°C durant la campagne. Les précipitations ont pour leur part été très faibles, de l'ordre de 2.3 mm, ce qui a limité l'effet de lessivage.

La part de vents faibles (en bleu sur la rose des vents) est sensiblement plus importante lors de la campagne hivernale par rapport à la campagne estivale. Cela a pu diminuer la dispersion des polluants et augmenter les concentrations à proximité des sources lors de cette période (situation classique par rapport à ce qui est généralement observé).

FIGURE 20 – ROSES DES VENTS ENREGISTRÉES LORS DES CAMPAGNES DE MESURES ET ROSE DES VENTS NORMALE SUR 30 ANS

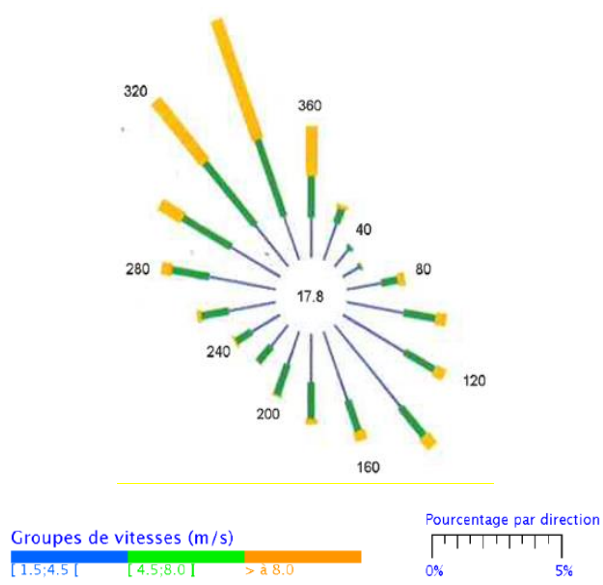
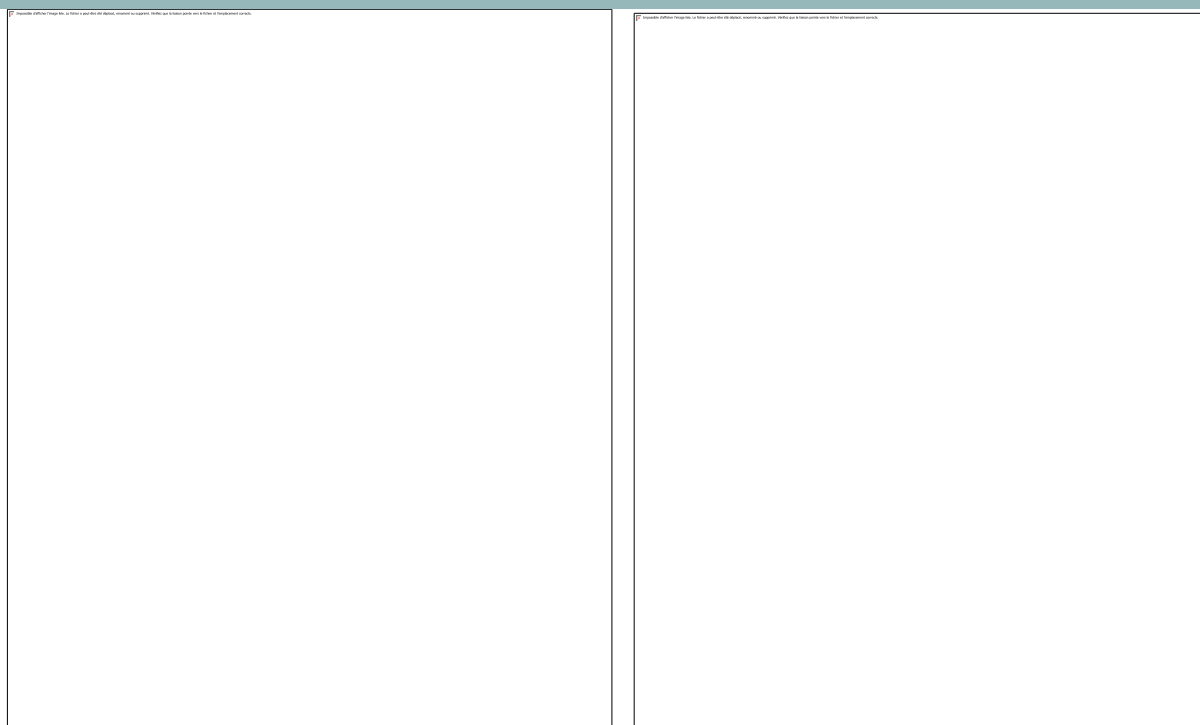


TABLEAU 13 – TEMPÉRATURES ET PRÉCIPITATIONS RELEVÉES À LA STATION DE MARSEILLE MARIGNANE - AÉROPORT

Paramètres	1 ^{ère} campagne	2 ^{ème} campagne
	du 6 Juin au 7 Juillet 2020	du 16 Novembre au 14 Décembre 2020
Températures en °C	Minimale	13,0
	Maximale	34,0
	Moyenne	23,1
Précipitations en mm	4,0	2,3

Source : Météo France et rp5/ru

2.3.4.4 - Validité des points de mesures

Des capteurs témoin pour chaque polluant, appelés « blancs », ont permis de contrôler la qualité des résultats. Ces blancs ont suivi le parcours des autres capteurs lors de la pose, de la dépose et du transport des capteurs au laboratoire. Les concentrations mesurées sur ces capteurs sont inférieures au seuil de quantification.

Les échantillons n'ont donc pas été contaminés et il n'est pas nécessaire de retrancher la valeur des blancs aux autres mesures.

De plus, le site n°16 a été choisi car il est situé à proximité de la station urbaine AtmoSud d'Aix-en-Provence. Il permet ainsi de comparer les mesures faites par Egis à celles d'AtmoSud.

Au cours des campagnes de mesures, les teneurs en dioxyde d'azote relevées par la station AtmoSud sont légèrement plus faibles (de l'ordre de 2 à 3 µg/m³) que celles mesurées au niveau du site n°16 par Egis.

Cette différence peut s'expliquer car la station AtmoSud se trouve légèrement plus en hauteur et en retrait de la route. Le site n°16 d'Egis, est accroché à un poteau à 1m de la voie (cf. Figure 21). Les conditions de mesures des deux stations sont différentes et peuvent expliquer les écarts entre les teneurs.

FIGURE 21 – PHOTOGRAPHIE DU SITE DE MESURE EGIS ET DE LA STATION ATMOSUD D'AIX ECOLE D'ART

Source : Egis – AtmoSud



2.3.4.5 - Résultats des campagnes de mesures et interprétation

Les résultats des mesures in situ de qualité de l'air sont présentés par groupement de polluants dans les paragraphes suivants. Les résultats détaillés, par site, des campagnes de mesure sont en annexes.

Dans les tableaux suivants, les teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dépassant la valeur limite réglementaire sont mises en évidence en rouge.

Certaines teneurs sont inférieures aux limites de quantification, elles sont notées « <LQ » et ne sont pas prises en compte dans les calculs des moyennes. Ces teneurs n'apparaissent pas sur les figures.

À noter que la mesure des polluants autres que le NO_2 et le benzène sont l'objet d'une étude antérieure (étude de la ZAC de la Constance 2019) ce qui nous a permis de relever le niveau de l'étude à un niveau 1 tout en simplifiant les mesures sur le terrain.

2.3.4.5.1 - Teneurs en polluants gazeux

Les concentrations en NO_2 mesurées au cours des campagnes des mesures sont présentées dans le tableau suivant et sur les figures suivantes.

Les teneurs en dioxyde d'azote s'inscrivent dans un intervalle de valeurs qui reflète bien l'influence des émissions polluantes locales et, notamment celles du trafic routier :

- En situation de proximité routière, sous l'influence directe des émissions routières, les teneurs moyennes en NO_2 sont comprises entre $19.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (site 07) et $40.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (site 11). En moyenne, elles s'élèvent à $35.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- En situation de fond urbain, la teneur moyenne en NO_2 est moindre. Elles sont comprises entre $15.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (site 16) et $36,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (sites 10 et 14), soit en moyenne $29.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$;

- Les valeurs en centre-ville de Aix-en-Provence (site 16) sont inférieures (15.5 et 25.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) aux valeurs de fond urbain constatées sur la zone d'étude ;
- En situation de fond rural, les teneurs moyennes en NO_2 sont les plus faibles. Elles sont égales à 10.0 et 23.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (site 15) ;
- La valeur limite réglementaire est atteinte, sans être dépassée, une seule fois, lors de la campagne hivernale au niveau du point n°11.

Les concentrations mesurées sont sensiblement supérieures lors de la campagne hivernale par rapport à la campagne estivale. Cela peut être relié aux conditions météorologiques. En effet, en hiver, la couche de mélange est moins épaisse qu'en été et les polluants peuvent s'accumuler plus facilement.

Les concentrations les plus importantes ont été mesurées au niveau des points situés à proximité des axes routiers, ce qui est cohérent avec l'origine de ce polluant. Les concentrations les plus faibles ont été à l'inverse observées au niveau du point n°15, situé en fond rural.

TABEAU 14 – CONCENTRATIONS EN NO_2 MESURÉES DURANT LES CAMPAGNES DE MESURES

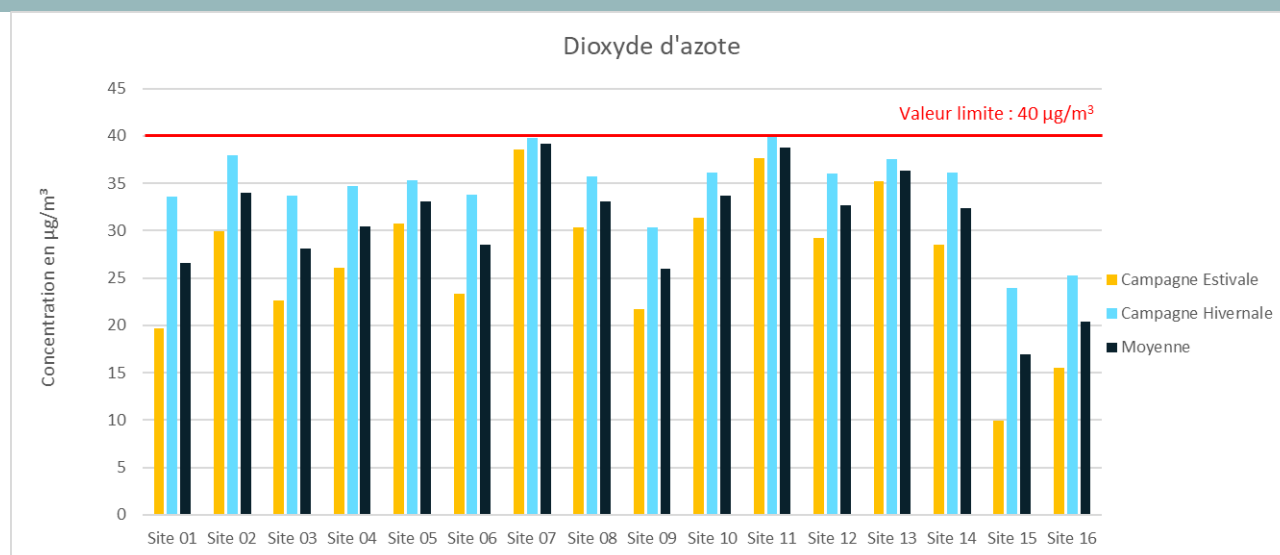
Polluants	Numéro Campagne	Site 01	Site 02	Site 03	Site 04	Site 05	Site 06	Site 07	Site 08
		Proximité routière	Proximité routière	Urbain	Urbain	Urbain	Urbain	Proximité routière	Urbain
Dioxyde d'azote en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Campagne Estivale	19.7	29.9	22.6	26.1	30.8	23.3	38.6	30.4
	Campagne Hivernale	33.6	38.0	33.7	34.8	35.3	33.8	39.8	35.8
	Moyenne	26.6	34.0	28.1	30.4	33.0	28.6	39.2	33.1

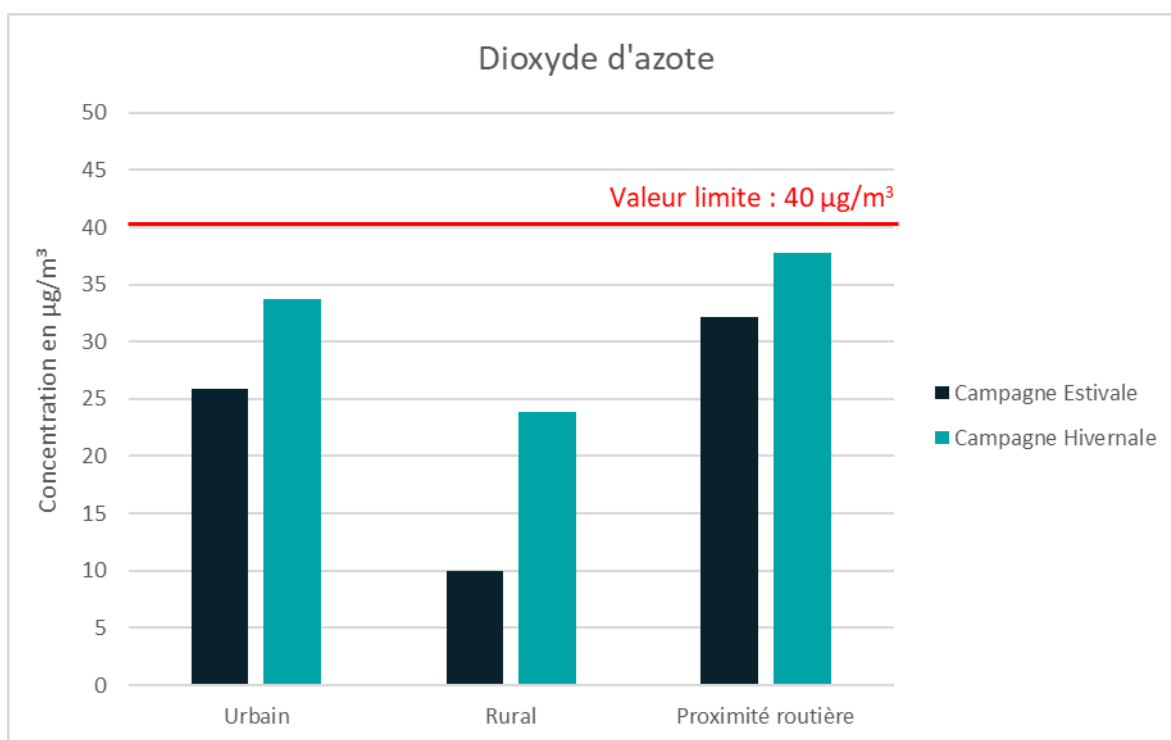
Source : Egis - PASSAM

Polluants	Numéro Campagne	Site 09	Site 10	Site 11	Site 12	Site 13	Site 14	Site 15	Site 16
		Urbain	Urbain	Proximité routière	Urbain	Proximité routière	Urbain	Rural	Urbain
Dioxyde d'azote en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Campagne Estivale	21.7	31.3	37.7	29.3	35.3	28.6	10.0	15.5
	Campagne Hivernale	30.3	36.2	40.0	36.1	37.5	36.2	23.9	25.3
	Moyenne	26.0	33.7	38.8	32.7	36.4	32.4	16.9	20.4

Source : Egis - PASSAM

FIGURE 22 – CONCENTRATIONS EN NO_2 MESURÉES DURANT LES CAMPAGNES DE MESURES





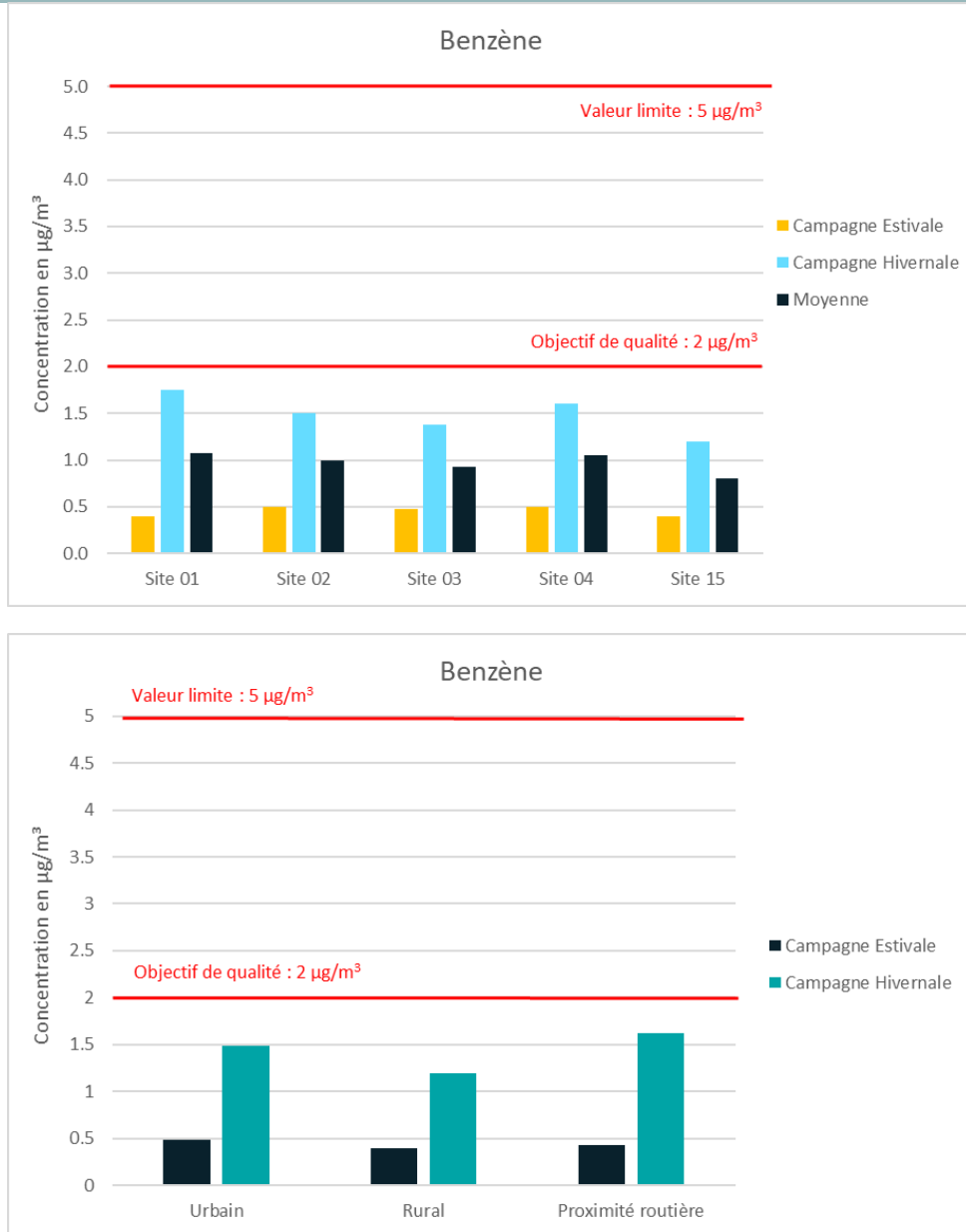
Les teneurs de benzène sont présentées dans le tableau 15 et la figure 16. Elles sont toutes largement en dessous de la valeur limite de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Elles demeurent également inférieures à l'objectif de qualité fixé à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Elles sont assez similaires quelle que soit la typologie des sites de mesures. Seules les concentrations mesurées au niveau du site de fond (point n°15) sont légèrement plus faibles. Cela reflète le faible impact des sources locales et la forte influence d'une teneur de fond sur l'ensemble de la zone d'étude.

TABLEAU 15 – CONCENTRATIONS EN BENZÈNE MESURÉES DURANT LES CAMPAGNES DE MESURES

Polluants	Numéro Campagne	Site 01	Site 02	Site 03	Site 04	Site 15
		Proximité routière	Proximité routière	Urbain	Urbain	Rural
Benzène en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Campagne Estivale	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4
	Campagne Hivernale	1.8	1.5	1.4	1.6	1.2
	Moyenne	1.1	1.0	0.9	1.1	0.8

Source : Egis - PASSAM

FIGURE 23 – CONCENTRATIONS EN BENZENE MESURÉES DURANT LES CAMPAGNES DE MESURES



2.3.4.5.2 - Teneurs en particules PM10

Lors de la campagne estivale, les balises NEMo ont rencontré un dysfonctionnement et leurs données ne sont pas utilisables. Les données de PM10 proviennent de la station AtmoSUD située au niveau du point n°16.

Pour éviter de rencontrer ce type de dysfonctionnement, la seconde campagne de mesures (hivernale) a été réalisée à l'aide de capteurs passifs, placés aux points n°7 et n°9.

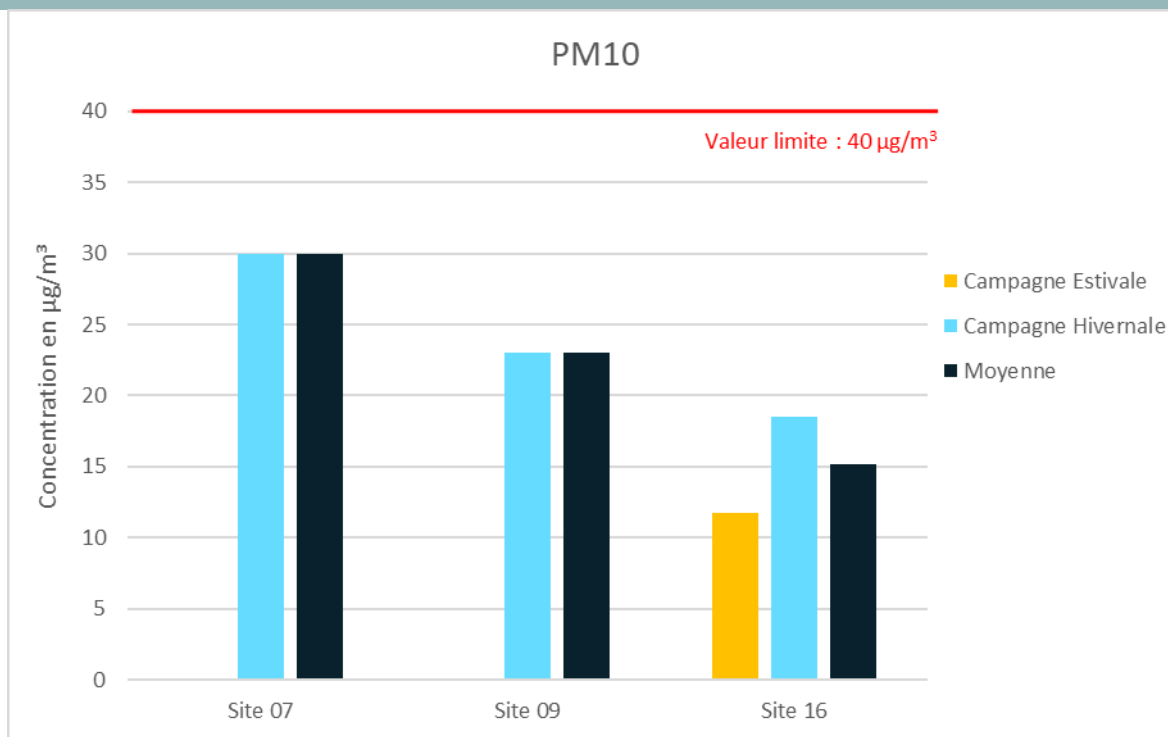
Les résultats sont présentés dans le tableau et la figure ci-dessous.

TABLEAU 16 – CONCENTRATIONS EN PM10 MESURÉES DURANT LES CAMPAGNES DE MESURES

Polluants	Numéro Campagne	Site 07	Site 09	Site 16
		Proximité routière	Urbain	Urbain (atmoSUD)
PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Campagne Estivale	n.m.	n.m.	11.7
	Campagne Hivernale	30.0	23.0	18.6
	Moyenne	30.0	23.0	15.1

Source : Egis - PASSAM-AtmoSUD

FIGURE 24 – CONCENTRATIONS EN PM10 MESURÉES DURANT LES CAMPAGNES DE MESURES



On observe sur ces valeurs l'influence de la proximité de l'autoroute. La concentration moyenne maximale mesurée ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se situe au niveau du point n°7, à proximité de l'autoroute. La concentration moyenne mesurée au niveau de l'école, au point n°9, est légèrement plus faible (de l'ordre de $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Au point n°16, les données d'AtmoSUD montre que les concentrations mesurées étaient plus importantes lors de la campagne hivernale, ce qui est cohérent avec les résultats d'EGIS sur les polluants gazeux (NO_2 et benzène). La concentration moyenne mesurée est de l'ordre de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Toutes les mesures réalisées sont inférieures à la valeur limite de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.3.4.5.3 - Teneurs en métaux

On rappelle que ces valeurs ont été déterminées d'après l'étude de la ZAC de la Constance en 2019 qui se trouve à proximité de notre zone d'étude actuelle.

Les métaux mesurés sont le chrome, le nickel et l'arsenic (cf. Tableau 17) :

- Les teneurs estimées en chrome sont comprises entre 6 ng/m³ (1^{ère} semaine) et 9 ng/m³ (2^{ème} semaine) ;
- Les teneurs estimées en nickel sont comprises entre 1.9 ng/m³ (1^{ère} semaine) et 3.5 ng/m³ (2^{ème} semaine) ;
- Les teneurs estimées en arsenic sont comprises entre <LQ (1^{ère} semaine) et 0.3 ng/m³ (2^{ème} semaine).

TABLEAU 17 – RÉSULTATS DES MESURES – MÉTAUX

Polluants	Unité	Site 01
Chrome	ng/m ³	7.50
Nickel	ng/m ³	2.70
Arsenic	ng/m ³	0.30

Source : Egis - PASSAM - Tera Environnement

Ces teneurs moyennes témoignent d'une bonne homogénéité et un respect des normes de qualité de l'air sur la zone d'étude¹¹.

2.3.4.5.4 - Teneur en Chrome VI

Dans le cadre de l'étude de la ZAC de la Constance, une campagne de mesures spécifique du Chrome VI s'est déroulée entre le 21/01/2021 et le 01/02/2021.

La mesure du chrome total et du chrome VI a été réalisée à partir :

- D'un préleveur automatique de poussières (fraction PM10) équivalent au standard PM-10 EN 12341 ; Nous avons utilisé un appareillage COMDE DERENDA LVS 3.1. Le volume échantillonné sur la période a été de l'ordre de 305 m³
- D'une analyse sur filtres quartz imprégnés. Les limites de quantification sont :
 - 0,3 ng/m³ pour le chrome VI
 - 0,8 ng/m³ pour le chrome total.

La campagne de mesures au chrome VI s'est déroulée à l'emplacement du nouveau stade Reynier. Cet emplacement, loin des axes routiers permet de témoigner des teneurs de fond rural.

¹¹ Arsenic : valeur cible : 6 ng/m³ en moyenne annuelle / Nickel : valeur cible : 20 ng/m³ en moyenne annuelle

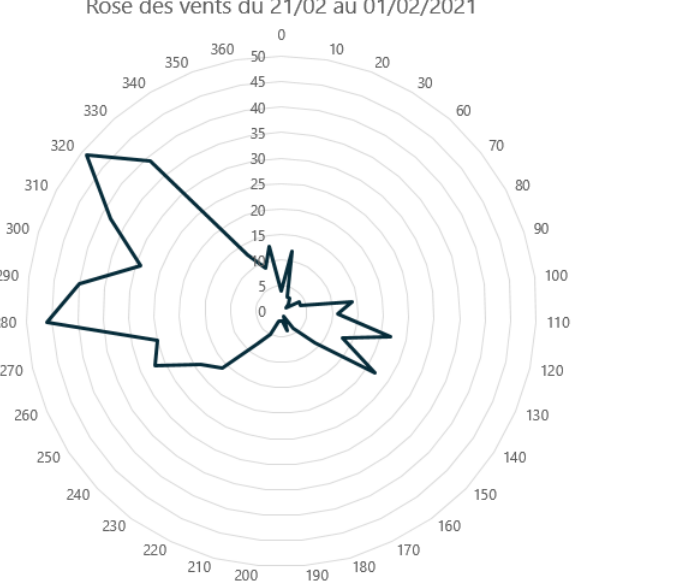
FIGURE 25 – POINT DE MESURE CHROME VI

Source : Egis



Les conditions météorologiques observées pendant la campagne de mesures au chrome et chrome VI sont détaillées ci-après (station Météo France de *Marseille Marignane – Aéroport*).

TABLEAU 18 – METEOROLOGIE PENDANT LA CAMPAGNE DE MESURES AU CHROME VI DE MARSEILLE MARIGNANE - AÉROPORT

Températures	Moyenne : 9,6 °C Minimale : 3 °C Maximale : 17°C
Rose des vents	<p>Rose des vents du 21/02 au 01/02/2021</p> 
Vitesses de vents	Moyenne : 4,8 m/s Minimale : 0 m/s Maximale : 13,8 m/s
Précipitations	Faibles précipitations les 22/01/2021, 24/01/2021, 30/01/2021 et le 01/02/2021

Source : Egis à partir de données de l'aéroport de Marignane

Les teneurs en chrome total et chrome VI mesurées pendant la campagne de 2021 sont présentées ci-après.

TABLEAU 19 – RÉSULTATS DES MESURES – CHROME VI CAMPAGNE DE 2021

	Unité	Nouveau Stade REYNIER
Chrome total	ng/m ³	2,4
Chrome VI	ng/m ³	< Limite de Quantification (< 0,3)

Source : Egis - TERA Environnement

La concentration en chrome VI est inférieure à la limite de quantification de 0,3 ng/m³. On note également que la proportion de chrome VI sur le chrome total en air ambiant est inférieure à 13 %.

2.3.4.5.5 - Teneurs en HAP

On rappelle que ces valeurs ont été déterminées d'après l'étude de la ZAC de la Constance en 2019 qui se trouve à proximité de notre zone d'étude actuelle.

Les teneurs moyennes estimées en HAP mesurées sur le site instrumenté, sont inférieures à la limite de quantification (cf. Tableau 20). Toutes les autres mesures sont inférieures et donc non quantifiables (<LQ). Seul le benzo(a)pyrène est réglementé à une valeur cible fixée à 1 ng/m³.

TABLEAU 20 – RÉSULTATS DES MESURES – HAP

Polluants	Unité	Site 01
Benzo(a)pyrène	ng/m ³	<LQ
Acénaphène	ng/m ³	<LQ
Acénaphylène	ng/m ³	<LQ
Anthracène	ng/m ³	<LQ
Benzo(a)anthracène	ng/m ³	<LQ
Benzo(b+j)fluoranthène	ng/m ³	<LQ
Benzo(k)fluoranthène	ng/m ³	<LQ
Benzo(ghi)pérylène	ng/m ³	<LQ
Chrysène	ng/m ³	<LQ
Dibenzo(a,h)anthracène	ng/m ³	<LQ
Fluorène	ng/m ³	<LQ
Fluoranthène	ng/m ³	<LQ
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	ng/m ³	<LQ
Phénanthrène	ng/m ³	<LQ
Pyrène	ng/m ³	<LQ

Source : Egis - PASSAM - Tera Environnement

Ces teneurs témoignent d'une bonne homogénéité et d'une faible concentration en HAP sur la zone d'étude. Les concentrations en benzo(a)pyrène étant toutes inférieures à la limite de quantification, les normes de qualité de l'air sont respectées.

2.3.4.5.6 - Comparaison aux normes en vigueur

Au regard des résultats des campagnes de mesures menées du 08 juin au 07 juillet 2020 (campagne estivale) et du 16 novembre au 14 décembre 2020 (campagne hivernale), la qualité de l'air est globalement satisfaisante sur la zone d'étude.

Les teneurs en polluants respectent les valeurs limites de qualité de l'air en vigueur dans l'emprise du projet. Néanmoins, certaines concentrations en NO₂ mesurées sont proches voire atteignent ponctuellement la valeur limite de 40µg/m³.

2.4 - Conclusion

Sur la base des éléments bibliographiques disponibles, la caractérisation de l'état actuel à proximité immédiate de l'emplacement du projet d'aménagement « Phares et balises » a permis de mettre en évidence :

- Un environnement caractérisé principalement par des espaces urbains et périurbains, avec également la proximité immédiate de 2 autoroutes ;
- 5 établissements à caractère sanitaire et social dans l'emprise du projet ;
- 3 stations permanentes de mesure AtmoSud situées à 1,7 km, 1,9 km et 5 km de celui-ci.

Les campagnes de mesures, menées du 08 juin au 07 juillet 2020 (campagne estivale) et du 16 novembre au 14 décembre 2020 (campagne hivernale), montrent que les teneurs en polluants respectent les valeurs limites de qualité de l'air en vigueur dans l'emprise du projet.

À noter que pour le NO₂, sur certains sites de mesures en proximité routière, les concentrations mesurées sont très proches de la valeur limite de 40 µg/m³.

À noter que pendant les campagnes de mesures, le trafic automobile était probablement moindre qu'une année habituelle, du fait de la crise sanitaire (confinement, tourisme réduit...). Ainsi, la pollution atmosphérique mesurée a pu être sous-estimée par rapport à la modélisation de l'état de référence présentée ci-après, basée sur des données de trafic antérieures.

3 - ÉVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITÉ DE L'AIR

L'évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air se déroule en trois étapes :

- **L'évaluation des émissions polluantes** induites par le trafic routier sur le projet et les axes routiers impactés par le projet, y compris les émissions polluantes des autres projets existants ou approuvés présents dans la zone d'étude ;
- La **modélisation de la dispersion atmosphérique** de ces émissions et l'évaluation des teneurs en polluant dans l'air ambiant dans la zone d'étude ;
- La **comparaison de ces teneurs aux normes de qualité de l'air en vigueur**.

Le projet concerne des aménagements essentiellement urbains : des programmes de réhabilitations urbaines, de constructions de logements et notamment d'aménagements piétonniers. L'étude est réalisée en appui de la note technique du 22 février 2019 et du guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact des infrastructures routières.

Le chapitre 3.1 - Méthodologie a pour objet de présenter l'ensemble des données, hypothèses et logiciels utilisés dans le cadre de cette évaluation. Les résultats obtenus sont présentés dans le chapitre 3.2 - Évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air.

3.1 - Méthodologie

3.1.1 - Réseau routier et trafics

Le réseau retenu, ainsi que ses évolutions pour les différents horizons, a été défini sur la base des données d'entrée fournies par SPLA, issues de plusieurs sources (cabinet Horizon Conseil chargé de l'étude de circulation, ESCOTA et DIRMED pour les données autoroutières). Ce réseau a été proposé par EGIS et validé par SPLA.

Le réseau routier retenu pour l'étude se compose, d'après la note technique du 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA, de :

- L'ensemble des voies dont le trafic est affecté significativement par le projet :
 - Pour un TMJA > 5 000 véh/jles tronçons dont le trafic varie au minimum de ± 10 % à l'horizon de mise en service ;
 - Pour un TMJA < 5 000 véh/jles tronçons dont le trafic varie au minimum de ± 500 véh/j ;
- L'ensemble des projets d'infrastructure routière existants ou approuvés présents dans la zone d'étude, même s'ils ne sont ni impactants pour le projet, ni impactés par celui-ci ;
- Lorsque le niveau d'étude requiert une modélisation des concentrations dans la zone d'étude, les infrastructures portant plus de 5 000 véh/j ne subissant pas de variation de ± 10 % de leur trafic pourront être intégrées au modèle sous forme d'émissions linéiques de façon à mieux décrire les variations de la pollution de fond à l'intérieur de la zone d'étude.

À l'horizon 2020, l'étude porte sur la situation actuelle nommée **État de référence** (ER).

À l'horizon 2025, l'étude porte sur 2 situations nommées :

- **Fil de l'eau** à savoir la situation future à l'horizon de la mise en service sans la réalisation du projet ;
- **État projeté** à savoir la situation future à l'horizon de la mise en service avec la réalisation du projet (renouvellement urbain du quartier « Phares et Balises »).

À l'horizon 2030, l'étude porte sur 2 situations nommées :

- **Fil de l'eau** à savoir la situation future à l'horizon de la mise en service sans la réalisation du projet ;

- **État projeté** à savoir la situation future à l'horizon de la mise en service avec la réalisation du projet (renouvellement urbain du quartier « Phares et Balises »).

Le réseau routier retenu est présenté sur la Figure 26. Le réseau est composé de 19 tronçons.

Un modèle de trafic est réalisé à partir de données de comptages effectués sur des lieux spécifiques et représentatifs du maillage routier. L'analyse de ces comptages permet de déterminer des profils temporels de circulation en fonction des jours de la semaine et des heures de la journée.

La représentativité des périodes de trafic observées s'ajoute à la pertinence du choix des lieux de comptage comme premier niveau d'incertitude entre la réalité et le modèle.

Ces profils permettent ainsi de déterminer des vitesses de circulation, la part modale des différents types de véhicules (VL, utilitaires, PL, etc.) et des taux de congestion/saturation au droit de ces sites instrumentés. Ces paramètres sont affectés pour chacun des tronçons comportant une boucle de comptage.

Les voies de circulation, pour lesquelles il n'y a pas eu de comptages réalisés, se verront affecter un profil type correspondant à la nature de la voie (autoroutes, routes nationales et départementales, dessertes locales, voiries urbaines, etc.).

Un second niveau d'incertitude est ainsi induit par l'usage de ces profils type, ne prenant pas en compte les spécificités locales des trafics routiers.

Le réseau compte 19 tronçons et un linéaire total de 10 km pour l'**État de référence**, le **Fil de l'eau** et pour l'**État projeté**. Les trafics sont détaillés dans le Tableau 21.

Les autoroutes A8 et A51 ont été prises en compte dans les modélisations de la qualité de l'air du fait des émissions importantes qu'elles génèrent et qui sont en partie à l'origine de concentrations élevées dans la zone d'étude. De même pour l'Avenue de l'Europe et l'avenue Mouret qui sont situées aux abords de la zone du projet.

FIGURE 26 – RÉSEAU ROUTIER RETENU

Source : Egis



TABLEAU 21 - TRAFICS DU RÉSEAU ROUTIER

Num	Groupe	Nom	Vitesse km/h	Longueur km	Etat de Référence			Etat Fil de l'Eau 2025			Etat Projeté 2025			Etat Fil de l'Eau 2030			Etat Projeté 2030					
					TMJA	VL	PL	TMJA	VL_FE	PL	TMJA	VL	PL	TMJA	VL	PL	TMJA	VL	PL			
1	Bd Dr Schweitzer	Tr01	50	0,6	3785	3685	100	3876	3773	103	4004	3901	103	4079	3971	108	4214	4106	108			
2	Av du 8 mai	Tr02	50	0,5	3200	3157	43	3277	3233	44	3277	3233	44	3449	3403	46	3449	3403	46			
3	Bd Président Kennedy	Tr03	50	0,3	3600	3586	14	3686	3672	14	3838	3824	14	3880	3865	15	4039	4024	15			
4	Bd Maréchal Juin	Tr04	50	0,6	4590	4536	54	4700	4645	55	4700	4645	55	4947	4889	58	4947	4889	58			
5	Av Europe est	Tr05	50	0,2	10166	9658	508	10410	9890	520	10410	9890	520	10957	10409	548	10957	10409	548			
6	Av H Mouret nord	Tr06	50	0,6	17966	17068	898	18397	17477	920	18397	17477	920	19363	18395	968	19363	18395	968			
7	A51	Tr07	90	0,3	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138
8		Tr08	90	0,2	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138
9		Tr09	90	0,5	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138
10		Tr10	90	0,2	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138
11		Tr11	90	0,5	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138	101965	94827	7138
12		Tr12	70	0,8	17237	16892	345	17237	16892	345	17237	16892	345	17237	16892	345	17237	16892	345	17237	16892	345
13		Tr13	70	0,4	13016	12365	651	13016	12365	651	13016	12365	651	13016	12365	651	13016	12365	651	13016	12365	651
14		Tr14	50	0,2	30253	29194	1059	30253	29194	1059	30253	29194	1059	30253	29194	1059	30253	29194	1059	30253	29194	1059
15		Tr15	90	2,0	115834	99038	16796	115834	99038	16796	115834	99038	16796	115834	99038	16796	115834	99038	16796	115834	99038	16796
16		Tr16	90	0,7	115834	99038	16796	115834	99038	16796	115834	99038	16796	115834	99038	16796	115834	99038	16796	115834	99038	16796
17	A8	Tr17	90	0,2	33251	31921	1330	33251	31921	1330	33251	31921	1330	33251	31921	1330	33251	31921	1330	33251	31921	1330
18		Tr18	70	0,8	15091	14186	905	15091	14186	905	15091	14186	905	15091	14186	905	15091	14186	905	15091	14186	905
19		Tr19	70	0,4	18160	17797	363	18160	17797	363	18160	17797	363	18160	17797	363	18160	17797	363	18160	17797	363

Sur la base de ces trafics, le kilométrage parcouru¹² (cf. Tableau 22) entre l'**État de référence** 2020 et le **Fil de l'eau** 2025 (ER et FE, première colonne), augmenterait de 0.09 % sur le réseau routier étudié. Plus précisément, les trafics sont en augmentation de 2% pour les tronçons dans l'emprise du projet. Les deux autoroutes ne voient pas leur kilométrage changer.

Entre le **Fil de l'eau** 2025 et l'**État projeté** 2025 (EP et FE, 2eme colonne), le kilométrage parcouru augmenterait de 0.02 %. Cette augmentation résulte de la réalisation du projet de réaménagement du quartier Phares et Balises. L'augmentation se concentre uniquement sur le Boulevard du Dr Schweitzer et le Boulevard du Président Kennedy (3-4%), les autres voies n'étant pas impactée par le projet.

Entre l'**État de référence** 2020 et le **Fil de l'eau** 2030 (FE et ER5, 3^{ème} colonne), le kilométrage augmenterait de 0.18 % sur le réseau routier étudié. Plus précisément, les trafics sont en augmentation de 8 % pour les tronçons dans l'emprise du projet. Les deux autoroutes A8 et A51 ne voient pas leur kilométrage changer.

Entre le **Fil de l'eau** 2030 et l'**État projeté** 2030 (FE5 et EP5, 4^{ème} colonne), le kilométrage parcouru augmenterait de 0.02%. L'augmentation est de 0 à 4% sur les 4 tronçons du quartier. Sur les autoroutes, aucune augmentation n'est mise en évidence.

Le projet entraine l'apport de nouveaux véhicules sur le réseau routier, donc le kilométrage total parcouru augmente. Les autoroutes ne sont pas impactées par le projet, le kilométrage parcouru est strictement le même qu'au **Fil de l'eau**.

TABLEAU 22 - TRAFICS DU RÉSEAU ROUTIER

Groupe	Nom	Evolution				
		(FE-ER)/ER	(EP-FE)/FE	(FES-ER)/ER	(EP5-FES)/FES	
Bd Dr Schweitzer	Tr01	2%	3%	8%	3%	
	Av du 8 mai	2%	0%	8%	0%	
	Bd Président Kennedy	Tr03	2%	4%	8%	4%
		Bd Maréchal Juin	2%	0%	8%	0%
	Av Europe est	Tr05	2%	0%	8%	0%
	Av H Mouret nord	Tr06	2%	0%	8%	0%
A51	Tr07	0%	0%	0%	0%	
	Tr08	0%	0%	0%	0%	
	Tr09	0%	0%	0%	0%	
	Tr10	0%	0%	0%	0%	
	Tr11	0%	0%	0%	0%	
	Tr12	0%	0%	0%	0%	
	Tr13	0%	0%	0%	0%	
	Tr14	0%	0%	0%	0%	
	Tr15	0%	0%	0%	0%	
	Tr16	0%	0%	0%	0%	
A8	Tr17	0%	0%	0%	0%	
	Tr18	0%	0%	0%	0%	
	Tr19	0%	0%	0%	0%	
Total		0,09%	0,02%	0,18%	0,02%	

Source : EGIS

¹²Le kilométrage parcouru correspond, pour un tronçon donné, au produit du trafic (TMJA) et de la distance parcourue.

3.1.2 - Évaluation des émissions routières

Les émissions routières ont été évaluées selon la méthodologie COPERT (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport), dans sa version COPERT 5.

Le développement de COPERT est réalisé par EMISIA SA pour l'Agence Européenne pour l'Environnement (EEA) dans le cadre du consortium European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation.

Cette méthodologie comprend une bibliothèque de facteurs d'émissions unitaires qui expriment la quantité de polluants émis par un véhicule donné, sur un parcours donné d'un kilomètre, pour une année donnée. Ces facteurs d'émissions unitaires, exprimés en g/km, sont fonction de la catégorie du véhicule (voitures particulières, véhicules utilitaires légers, poids-lourds, bus, etc.), de son mode de carburation (essence, diesel), de sa cylindrée (ou de son poids total autorisé en charge pour les poids lourds), de sa date de mise en circulation (normes Euro) et de son âge, de sa vitesse et des conditions de circulation. Pour déterminer ces émissions unitaires, des mesures des émissions sont effectuées en laboratoire pour différents cycles représentatifs de conditions réelles de circulation.

Les parcs retenus sont les parcs roulants de COPERT de 2020 (état actuel), de 2025 (état projeté) de 2030 (état projeté +5ans). Ils ont été réalisés par l'IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux). Ces parcs ont été conçus à partir de travaux de recherche du début des années 2000. Bien que régulièrement mis à jour, ils n'intègrent pas toutes les orientations politiques (taxation du diesel, par exemple) et sociétales (scandale de fraude aux émissions des moteurs diesel, véhicules hybrides et électriques, etc.). À ce titre, les parcs roulants disponibles ne sont pas totalement représentatifs des horizons d'étude retenus et doivent être utilisés pour une analyse relative des bilans des émissions.

L'évaluation des émissions routières reposent sur trois critères spécifiques présentant chacun un certain nombre d'incertitudes :

- Le trafic routier retenu sur le réseau routier étudié dont les deux niveaux d'incertitude – la représentativité des périodes et des sites de comptages et l'utilisation de profils types – ont été évoqués au paragraphe précédent (cf. 3.1.1 - Réseau routier et trafics) ;
- Les facteurs d'émissions sont incertains ou agrégés et ne prennent pas en compte avec assez de précision les spécificités locales (conditions météorologiques, topographie et état des routes, etc.) ou unitaires des véhicules (entretien, type de conduite, etc.) ;
- Les parcs roulants sont représentatifs des données nationales et ne considèrent pas les spécificités d'ancienneté, de typologie et d'usage relatives à la sectorisation géographique (Paris et les petites et grandes couronnes franciliennes vs les secteurs ruraux hors agglomération, par exemple). Par ailleurs, les parcs prévisionnels reposent sur des anticipations statistiquement probables mais souvent altérées *a posteriori* par des évolutions conjoncturelles, politiques et sociétales.

Le cumul de ces incertitudes doit conduire à utiliser les valeurs déterminées avec prudence en favorisant davantage une analyse relative des résultats plutôt qu'une analyse absolue.

Malgré les incertitudes existantes sur les résultats, **la méthodologie COPERT constitue, à ce jour, la référence en termes d'évaluation des émissions routières et son utilisation fait aujourd'hui l'objet d'un consensus au niveau européen.**

3.1.3 - Évaluation des teneurs en polluants

La dispersion des polluants et l'évaluation de leurs concentrations dans l'air ambiant ont été réalisées avec le modèle ADMS Roads v.4. Ce logiciel est un modèle de dispersion atmosphérique gaussien, dit de seconde génération, qui repose sur les technologies et les connaissances les plus récentes dans le domaine de la qualité de l'air.

Utilisé, reconnu et validé en France et à l'international (plus de 1 000 utilisateurs), il bénéficie des résultats d'un groupe de chercheurs de Cambridge, le Cambridge Environmental Research Consultant (CERC), qui le développent depuis 1993. Il permet d'évaluer les teneurs des polluants réglementés en prenant en compte les

effets complexes impliqués dans la dispersion atmosphérique : l'influence de la topographie, les effets « canyon », la description verticale de la turbulence atmosphérique, la nature des sols (rugosité), les phénomènes météorologiques complexes.

Ce modèle permet ainsi de répondre de manière complète à l'objectif de l'étude : estimation des concentrations moyennes annuelles, comparaison aux valeurs seuils définies dans la réglementation et estimation de l'exposition de la population.

Les données météorologiques utilisées reposent sur des systèmes standards de métrologie utilisées par les acteurs mondiaux de ce secteur, dont Météo France, en particulier, pour le territoire français. Cette métrologie est effectuée avec des équipements régulièrement contrôlés et calibrés afin de réduire le plus possible l'incertitude liée aux mesures.

Toutefois, les données météorologiques mesurées en un point donné ne peuvent être strictement représentatives que de ce site, sur le plan géographique, et que lors des mesures, sur le plan temporel. Étendre les valeurs mesurées à des sites proches et de nature similaire, de même qu'extrapoler les mesures à des périodes (jours, mois, année) crée obligatoirement une approximation, toutefois acceptable dans la présente étude.

Par ailleurs, ces données météorologiques fluctuent d'une année sur l'autre et les données d'une année particulière ne sauraient refléter le changement climatique en cours, ni anticiper sur les conditions météorologiques de l'horizon futur (2033). L'usage d'un contexte météorologique identique pour les trois scénarios crée donc un biais par rapport à la réalité, mais permet d'optimiser la comparaison de ces scénarios en s'affranchissant du critère météo.

Au-delà de l'incertitude liée à la météorologie retenue, les modèles gaussiens (dont ADMS, utilisé pour cette étude) présentent des limites pour les secteurs très proches des sources du fait de la turbulence importante inhérente à la création du panache de pollution et pour les secteurs très éloignés pour lesquels les proportions très faibles des polluants dans l'air sont difficilement quantifiables.

Dans les paramètres principaux utilisés par les modèles gaussiens, outre les émissions évoquées au paragraphe précédent et la météorologie (vent, stabilité atmosphérique) mentionnée ci-dessus, la rugosité a un rôle important. Elle permet de définir l'interaction des types de sol sur les écoulements des flux d'air : une surface importante d'eau (mer, lac) entravera très peu les déplacements des masses d'air, *a contrario* une futaie élevée ou les bâtiments d'une ville perturberont fortement les mouvements d'air et par conséquent la dispersion des polluants. Le plus souvent, une rugosité moyenne est retenue pour les modélisations de dispersion des polluants (c'est le cas dans la présente étude), mais la différenciation des typologies des sols peut s'avérer nécessaire pour des zones d'étude dont l'occupation des sols est très disparate, en termes de valeurs de rugosité. Mais quelle que soit la méthodologie retenue de détermination de la rugosité, l'approche demeure globale et ne tient pas compte précisément de l'échelle locale (haies, bâtiments, etc.).

Un autre critère, spécifique à ADMS, peut engendrer une nouvelle incertitude pouvant parfois être très importante. Il s'agit de la non-prise en compte des vents calmes (< 0.75 m/s) dans les calculs de modélisation. Dans certains contextes géographiques, cette proportion d'observations peut être majoritaire et conséquemment altérer les résultats de la dispersion. La version d'ADMS utilisée permet néanmoins de prendre en compte ces situations de vents calmes en utilisant des niveaux moyens de vents au droit des effluents.

Enfin, les valeurs de fond retenues pour les polluants proviennent de l'analyse des campagnes de mesures par capteurs passifs et analyseurs dynamiques. Le report des incertitudes lié aux mesures est ainsi transféré sur les évaluations des concentrations.

Comme pour les calculs d'émissions, les différentes incertitudes précisées ci-dessus ne permettent de pouvoir afficher avec exactitude des niveaux de concentration des polluants dans l'atmosphère. L'analyse permettra toutefois une analyse relative précise et juste entre les scénarios étudiés.

Les conditions d'utilisation du modèle et les paramètres retenus dans le cadre de cette étude sont présentés dans le TABLEAU 23.

TABLEAU 23 – PRINCIPAUX PARAMÈTRES POUR LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE DANS ADMS ROADS

Résolution

La grille de calcul se compose d'un maillage régulier de 3283 points, soit une résolution de 50 m sur l'ensemble de la zone d'étude.

Les teneurs en polluant ont été évaluées en chaque point de cette grille.

Nature des sols

La nature des sols peut influencer la progression des panaches de polluants.

Dans le cadre de cette étude, la nature des sols a été caractérisée par une rugosité de 1 mètre sur l'ensemble de la zone d'étude. Cette rugosité correspond à des zones périurbaines.

Topographie

Compte tenu du relief légèrement marqué sur la zone d'étude et son influence probable sur les champs de vent, la topographie du site n'a pas été prise en compte dans le calcul de la dispersion atmosphérique.

Caractéristiques des polluants étudiés

Les polluants de type gazeux (dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, monoxyde de carbone et benzène, etc.) ont été assimilés à des gaz passifs. Les particules et les métaux lourds ont été assimilés à des particules d'une densité de 5 000 kg/m³ et de diamètres respectifs 10 µm et 2,5 µm.

Teneurs de fond

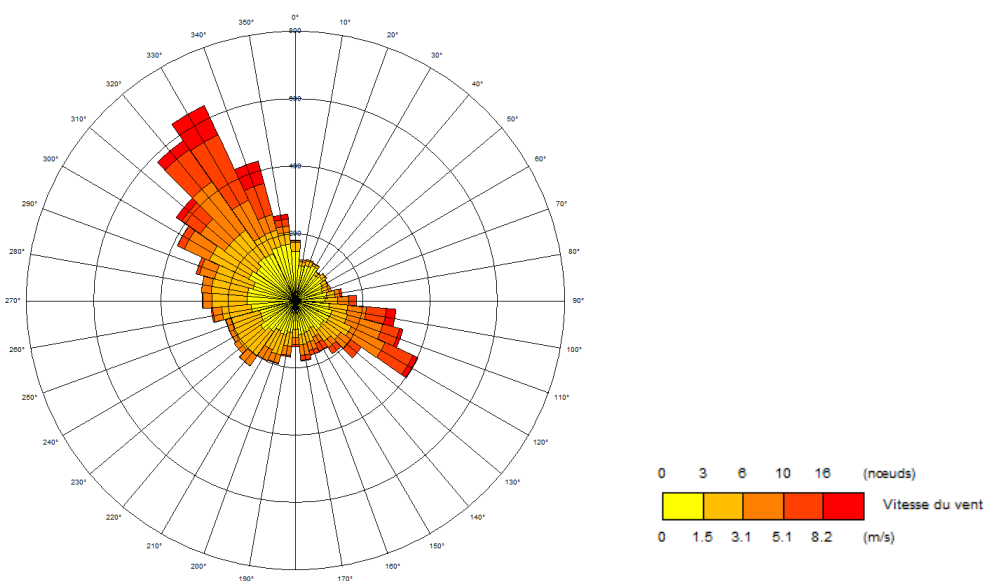
Les teneurs de fond retenues correspondent aux teneurs moyennes de fond rural mesurées pendant la campagne de mesure de la ZAC de la Constance en 2019 par Egis pour le SO₂, 1,3-Butadiène, Nickel et Arsenic; pendant la campagne de mesure du quartier Phares & Balises en 2020 pour le NO₂, les Particules PM10 et PM2.5; la campagne de mesure 2021 sur la ZAC de la Constance pour le Chrome VI. Les teneurs inférieures à la limite de quantification n'ont pas été prises en compte dans le calcul des moyennes. Donc certaines moyennes sont surestimées.

- Dioxyde d'azote : 16,9 µg/m³
- Particules PM₁₀ : 13,4 µg/m³
- Particules PM_{2,5} : 8,67 µg/m³
- Dioxyde de soufre : 1,3 µg/m³
- Benzène : 0,8 µg/m³
- 1,3-butadiène : 0,07 µg/m³
- Monoxyde de carbone : 0 µg/m³
- Nickel : 2,7 ng/m³
- Chrome VI : <0,3 ng/m³
- Arsenic : 0,3 ng/m³

En l'absence de valeurs quantifiables pour l'ensemble des HAP, la teneur de fond a été prise égale à zéro.

Météorologie

Afin de décrire au mieux les conditions de dispersion, l'évaluation des teneurs en polluant dans l'air ambiant s'est appuyée sur les données météorologiques tri-horaires (température, direction et vitesse du vent, nébulosité pour appréhender la stabilité Atmosphérique) relevées sur la station Météo France d'Aix-les-Milles pour l'année 2006, année représentative des moyennes saisonnières.



Rose des vents pour la station d'Aix-les-Milles - année 2006

Source : Egis - Météo France

3.2 - Évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air

3.2.1 - Bilan des émissions routières dans la zone d'étude

Les émissions routières ont été évaluées pour chacun des tronçons du réseau routier, aux horizons 2020 pour l'**État de référence** (ER), 2025 pour le **Fil de l'eau** (FE) et l'**État projeté** (EP) et 2030 pour le **Fil de l'eau à +5 ans** (FE+5) et l'**État projeté à +5 ans** (EP+5)

3.2.1.1 - Analyse comparative des bilans des émissions entre l'État de référence et l'horizon de mise en service Dans projet (Fil de l'eau 2025)

Les bilans des émissions routières aux horizons 2020 (**État de référence**) et 2025 sans projet (**Fil de l'eau**) sont présentés dans le Tableau 24 et le Tableau 25. Dans le second tableau, les pourcentages correspondent aux écarts relatifs entre l'**État de référence** et le **Fil de l'eau** (noté $(FE-ER)/ER$).

L'analyse comparative des émissions polluantes à ces deux horizons met en évidence la même tendance d'évolution pour chaque tronçon routier.

L'évolution des émissions est néanmoins différente suivant les polluants :

- Les émissions des polluants gazeux sont en **diminution** de -2 % à -50 % ;
- Les émissions des particules PM10 et PM2.5 sont en **diminution** de -19 % et -26 % ;
- Les émissions de métaux sont en **diminution** de 1 % à 2 %. Hormis pour le Chrome qui **augmente** de façon peu significative (0,07 %);
- Les variations d'émissions des HAP sont assez disparates :
 - Les émissions de benzo(a)pyrène, benzo(a)anthracène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, acénaphène, acénaphylène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène, fluoranthène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, phénanthrène et pyrène **diminuent** de -7 % à -22 % ;
 - Les émissions de benzo(j)fluoranthène et anthracène **augmentent** de 12 % chacun.

Les émissions routières diminuent donc pour la plupart des polluants, malgré l'augmentation du kilométrage parcouru (+2 % sur le quartier Encagnane). Ces résultats mettent en évidence les effets positifs liés aux améliorations technologiques (généralisation du pot catalytique, reformulation des carburants, etc.). Le renouvellement du parc roulant est un facteur important de réductions des pollutions atmosphériques.

TABLEAU 24 - BILAN DES ÉMISSIONS ROUTIÈRES À L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE – 2020

		Groupe de tronçons								TOTAL
		Bd Dr Schweitzer	Av du 8 mai	Bd Président Kennedy	Bd Maréchal Juin	Av Europe est	Av H Mouret nord	A51	A8	
Dioxyde d'azote	kg/j	3,30E-01	2,29E-01	1,57E-01	4,13E-01	1,76E+00	1,78E+00	3,20E+01	5,73E+01	9,39E+01
PM10	kg/j	8,18E-02	5,52E-02	3,72E-02	9,93E-02	4,55E-01	4,59E-01	6,88E+00	1,40E+01	2,21E+01
PM2,5	kg/j	5,58E-02	3,77E-02	2,53E-02	6,77E-02	3,11E-01	3,13E-01	5,00E+00	1,01E+01	1,59E+01
Monoxyde de carbone	kg/j	6,51E-01	4,48E-01	3,06E-01	8,08E-01	3,50E+00	3,53E+00	5,01E+01	9,76E+01	1,57E+02
COVNM	kg/j	4,39E-02	2,97E-02	2,00E-02	5,34E-02	2,43E-01	2,45E-01	2,59E+00	5,49E+00	8,72E+00
Benzène	kg/j	1,52E-03	1,08E-03	7,59E-04	1,96E-03	7,73E-03	7,79E-03	6,81E-02	1,09E-01	1,98E-01
1,3-butadiène	kg/j	4,92E-04	2,99E-04	1,83E-04	5,29E-04	3,18E-03	3,21E-03	4,02E-02	1,10E-01	1,58E-01
Dioxyde de soufre	kg/j	9,98E-03	6,73E-03	4,53E-03	1,21E-02	5,55E-02	5,60E-02	9,51E-01	1,98E+00	3,07E+00
Arsenic	kg/j	3,70E-08	2,50E-08	1,70E-08	4,60E-08	2,09E-07	2,10E-07	3,57E-06	7,42E-06	1,15E-05
Nickel	kg/j	2,86E-07	1,93E-07	1,30E-07	3,48E-07	1,60E-06	1,61E-06	2,73E-05	5,68E-05	8,83E-05
Chrome	kg/j	7,98E-07	5,39E-07	3,63E-07	9,69E-07	4,44E-06	4,47E-06	7,60E-05	1,57E-04	2,45E-04
Benzo(a)pyrène	kg/j	2,54E-06	1,79E-06	1,25E-06	3,24E-06	1,31E-05	1,32E-05	2,35E-04	3,96E-04	6,66E-04
Benzo(a)anthracène	kg/j	4,34E-06	3,05E-06	2,11E-06	5,51E-06	2,26E-05	2,28E-05	4,09E-04	7,11E-04	1,18E-03
Benzo(b)fluoranthène	kg/j	3,14E-06	2,12E-06	1,43E-06	3,82E-06	1,74E-05	1,75E-05	3,23E-04	6,54E-04	1,02E-03
Benzo(k)fluoranthène	kg/j	2,51E-06	1,67E-06	1,11E-06	2,99E-06	1,44E-05	1,45E-05	2,72E-04	5,90E-04	8,99E-04
Benzo(ghi)peryène	kg/j	5,13E-06	3,64E-06	2,54E-06	6,59E-06	2,62E-05	2,64E-05	4,68E-04	7,62E-04	1,30E-03
Benzo(j)fluoranthène	kg/j	1,37E-06	7,04E-07	3,59E-07	1,21E-06	1,05E-05	1,06E-05	2,23E-04	6,93E-04	9,41E-04
Acénaphène	kg/j	4,38E-05	3,12E-05	2,19E-05	5,65E-05	2,22E-04	2,24E-04	3,99E-03	6,33E-03	1,09E-02
Acénaphthylène	kg/j	3,28E-05	2,33E-05	1,64E-05	4,23E-05	1,66E-04	1,67E-04	2,98E-03	4,73E-03	8,16E-03
Anthracène	kg/j	4,83E-06	3,26E-06	2,20E-06	5,87E-06	2,68E-05	2,70E-05	4,99E-04	1,02E-03	1,59E-03
Chrysène	kg/j	7,66E-06	5,12E-06	3,43E-06	9,21E-06	4,32E-05	4,36E-05	8,15E-04	1,71E-03	2,64E-03
Dibenzo(a,h)anthracène	kg/j	5,49E-07	3,84E-07	2,66E-07	6,95E-07	2,87E-06	2,90E-06	5,23E-05	9,17E-05	1,52E-04
Fluorène	kg/j	2,31E-06	8,26E-07	1,66E-07	1,31E-06	2,27E-05	2,29E-05	5,12E-04	1,85E-03	2,41E-03
Fluoranthène	kg/j	4,07E-05	2,85E-05	1,98E-05	5,16E-05	2,12E-04	2,13E-04	3,84E-03	6,65E-03	1,11E-02
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	kg/j	2,52E-06	1,77E-06	1,23E-06	3,20E-06	1,31E-05	1,33E-05	2,36E-04	4,11E-04	6,83E-04
Phénanthrène	kg/j	8,21E-05	5,80E-05	4,04E-05	1,05E-04	4,22E-04	4,25E-04	7,62E-03	1,27E-02	2,14E-02
Pyrène	kg/j	3,61E-05	2,51E-05	1,73E-05	4,53E-05	1,92E-04	1,93E-04	3,51E-03	6,39E-03	1,04E-02

Source : Egis

TABLEAU 25 - BILAN DES ÉMISSIONS ROUTIÈRES AU FIL DE L'EAU - 2025

		Groupe de tronçons								TOTAL
		Bd Dr Schweitzer	Av du 8 mai	Bd Président Kennedy	Bd Maréchal Juin	Av Europe est	Av H Mouret nord	A51	A8	
Dioxyde d'azote	kg/j	2,37E-01	1,66E-01	1,15E-01	3,00E-01	1,24E+00	1,25E+00	2,13E+01	3,61E+01	6,07E+01
	(FE-ER)/ER	-28%	-27%	-27%	-27%	-30%	-30%	-33%	-37%	-35%
PM10	kg/j	7,31E-02	4,95E-02	3,34E-02	8,90E-02	4,05E-01	4,08E-01	5,55E+00	1,13E+01	1,79E+01
	(FE-ER)/ER	-11%	-10%	-10%	-10%	-11%	-11%	-19%	-19%	-19%
PM2,5	kg/j	4,65E-02	3,15E-02	2,13E-02	5,67E-02	2,57E-01	2,59E-01	3,66E+00	7,39E+00	1,17E+01
	(FE-ER)/ER	-17%	-16%	-16%	-16%	-17%	-17%	-27%	-27%	-26%
Monoxyde de carbone	kg/j	4,15E-01	2,86E-01	1,96E-01	5,16E-01	1,05E-01	1,05E-01	3,47E+01	6,52E+01	1,02E+02
	(FE-ER)/ER	-36%	-36%	-36%	-36%	-97%	-97%	-31%	-33%	-35%
COVNM	kg/j	1,84E-02	1,23E-02	8,16E-03	2,20E-02	1,05E-01	1,05E-01	1,28E+00	2,83E+00	4,37E+00
	(FE-ER)/ER	-58%	-59%	-59%	-59%	-57%	-57%	-51%	-49%	-50%
Benzène	g/j	6,52E-04	4,64E-04	3,25E-04	8,40E-04	3,31E-03	3,34E-03	3,54E-02	5,70E-02	1,01E-01
	(FE-ER)/ER	-57%	-57%	-57%	-57%	-57%	-57%	-48%	-48%	-49%
1,3-butadiène	kg/j	2,29E-04	1,35E-04	8,04E-05	2,38E-04	1,53E-03	1,55E-03	2,16E-02	6,06E-02	8,59E-02
	(FE-ER)/ER	-53%	-55%	-56%	-55%	-52%	-52%	-46%	-45%	-46%
Dioxyde de soufre	kg/j	9,97E-03	6,72E-03	4,52E-03	1,21E-02	5,54E-02	5,59E-02	9,29E-01	1,94E+00	3,01E+00
	(FE-ER)/ER	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-2%	-2%	-2%
Arsenic	kg/j	3,80E-08	2,50E-08	1,70E-08	4,60E-08	2,09E-07	2,11E-07	3,51E-06	7,32E-06	1,14E-05
	(FE-ER)/ER	3%	0%	0%	0%	0%	0%	-2%	-1%	-1%
Nickel	kg/j	2,86E-07	1,93E-07	1,29E-07	3,46E-07	1,59E-06	1,61E-06	2,67E-05	5,58E-05	8,66E-05
	(FE-ER)/ER	0%	0%	-1%	-1%	0%	0%	-2%	-2%	-2%
Chrome	kg/j	8,16E-07	5,51E-07	3,71E-07	9,91E-07	4,53E-06	4,57E-06	7,59E-05	1,57E-04	2,45E-04
	(FE-ER)/ER	2%	2%	2%	2%	2%	2%	0%	0%	0,07%
Benzo(a)pyrène	kg/j	2,26E-06	1,59E-06	1,11E-06	2,88E-06	1,17E-05	1,18E-05	2,01E-04	3,43E-04	5,75E-04
	(FE-ER)/ER	-11%	-11%	-11%	-11%	-11%	-11%	-14%	-13%	-14%
Benzo(a)anthracène	kg/j	3,85E-06	2,69E-06	1,86E-06	4,86E-06	2,01E-05	2,03E-05	3,50E-04	6,18E-04	1,02E-03
	(FE-ER)/ER	-11%	-12%	-12%	-12%	-11%	-11%	-14%	-13%	-14%
Benzo(b)fluoranthène	kg/j	2,89E-06	1,94E-06	1,30E-06	3,49E-06	1,61E-05	1,63E-05	2,91E-04	6,03E-04	9,36E-04
	(FE-ER)/ER	-8%	-8%	-9%	-9%	-7%	-7%	-10%	-8%	-8%
Benzo(k)fluoranthène	kg/j	2,25E-06	1,47E-06	9,68E-07	2,64E-06	1,31E-05	1,32E-05	2,40E-04	5,40E-04	8,13E-04
	(FE-ER)/ER	-10%	-11%	-12%	-12%	-9%	-9%	-12%	-9%	-10%
Benzo(ghi)peryène	kg/j	4,91E-06	3,48E-06	2,43E-06	6,30E-06	2,51E-05	2,53E-05	4,32E-04	7,05E-04	1,20E-03
	(FE-ER)/ER	-4%	-4%	-4%	-4%	-4%	-4%	-8%	-8%	-7%
Benzo(j)fluoranthène	kg/j	1,85E-06	1,04E-06	5,90E-07	1,82E-06	1,30E-05	1,31E-05	2,64E-04	7,58E-04	1,05E-03
	(FE-ER)/ER	36%	48%	64%	50%	24%	24%	18%	9%	12%
Acénaphène	kg/j	3,58E-05	2,55E-05	1,79E-05	4,62E-05	1,81E-04	1,83E-04	3,10E-03	4,92E-03	8,51E-03
	(FE-ER)/ER	-18%	-18%	-18%	-18%	-18%	-18%	-22%	-22%	-22%
Acénaphthylène	kg/j	2,68E-05	1,91E-05	1,34E-05	3,46E-05	1,36E-04	1,37E-04	2,32E-03	3,68E-03	6,37E-03
	(FE-ER)/ER	-18%	-18%	-18%	-18%	-18%	-18%	-22%	-22%	-22%
Anthracène	kg/j	5,75E-06	3,92E-06	2,65E-06	7,05E-06	3,15E-05	3,18E-05	5,70E-04	1,13E-03	1,78E-03
	(FE-ER)/ER	19%	20%	21%	20%	18%	18%	14%	11%	12%
Chrysène	kg/j	6,67E-06	4,41E-06	2,92E-06	7,91E-06	3,83E-05	3,86E-05	7,00E-04	1,53E-03	2,33E-03
	(FE-ER)/ER	-13%	-14%	-15%	-14%	-11%	-11%	-14%	-11%	-12%
Dibenzo(a,h)anthracène	kg/j	4,62E-07	3,22E-07	2,22E-07	5,82E-07	2,44E-06	2,45E-06	4,25E-05	7,62E-05	1,25E-04
	(FE-ER)/ER	-16%	-16%	-17%	-16%	-15%	-15%	-19%	-17%	-17%
Fluorène	kg/j	2,38E-06	8,46E-07	1,66E-07	1,33E-06	2,32E-05	2,34E-05	5,12E-04	1,85E-03	2,42E-03
	(FE-ER)/ER	3%	2%	0%	2%	2%	2%	0%	0%	0%
Fluoranthène	kg/j	3,77E-05	2,64E-05	1,83E-05	4,78E-05	1,97E-04	1,99E-04	3,44E-03	6,02E-03	9,98E-03
	(FE-ER)/ER	-7%	-7%	-7%	-7%	-7%	-7%	-10%	-9%	-10%
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	kg/j	2,37E-06	1,66E-06	1,15E-06	3,00E-06	1,24E-05	1,25E-05	2,15E-04	3,78E-04	6,27E-04
	(FE-ER)/ER	-6%	-6%	-6%	-6%	-6%	-6%	-9%	-8%	-8%
Phénanthrène	kg/j	8,06E-05	5,70E-05	3,97E-05	1,03E-04	4,15E-04	4,18E-04	7,22E-03	1,20E-02	2,04E-02
	(FE-ER)/ER	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-5%	-5%	-5%
Pyrène	kg/j	3,15E-05	2,18E-05	1,49E-05	3,93E-05	1,68E-04	1,70E-04	2,97E-03	5,53E-03	8,94E-03
	(FE-ER)/ER	-13%	-13%	-14%	-13%	-12%	-12%	-15%	-14%	-14%

Source : Egis

3.2.1.2 - Analyse comparative des bilans des émissions aux horizons futurs de mise en service Avec et Sans projet

Le bilan des émissions routières à l'horizon 2025 pour l'**État projeté 2025** (EP), à savoir la situation avec la réalisation du projet est présenté dans le Tableau 26. Dans ce tableau, les pourcentages correspondent aux écarts relatifs entre l'**État projeté** et le **Fil de l'eau** (noté (EP-FE)/FE).

TABLEAU 26 - BILAN DES ÉMISSIONS ROUTIÈRES À L'ÉTAT PROJETÉ – 2025

		Groupe de tronçons								TOTAL
		Bd Dr Schweitzer	Av du 8 mai	Bd Président Kennedy	Bd Maréchal Juin	Av Europe est	Av H Mouret nord	A51	A8	
Dioxyde d'azote	kg/j	2,45E-01	1,66E-01	1,20E-01	3,00E-01	1,24E+00	1,25E+00	2,13E+01	3,61E+01	60,7
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
PM10	kg/j	7,54E-02	4,95E-02	3,47E-02	8,90E-02	4,05E-01	4,08E-01	5,55E+00	1,13E+01	17,9
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
PM2,5	kg/j	4,80E-02	3,15E-02	2,21E-02	5,67E-02	2,57E-01	2,59E-01	3,66E+00	7,39E+00	11,7
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Monoxyde de carbone	kg/j	4,28E-01	2,86E-01	2,04E-01	5,16E-01	1,05E-01	1,05E-01	3,47E+01	6,52E+01	101,6
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
COVNM	kg/j	1,90E-02	1,23E-02	8,49E-03	2,20E-02	1,05E-01	1,05E-01	1,28E+00	2,83E+00	4,4
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Benzène	g/j	6,74E-04	4,64E-04	3,38E-04	8,40E-04	3,31E-03	3,34E-03	3,54E-02	5,70E-02	0,1
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,04%
1,3-butadiène	g/j	2,35E-04	1,35E-04	8,35E-05	2,38E-04	1,53E-03	1,55E-03	2,16E-02	6,06E-02	0,1
	(EP-FE)/FE	2%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,01%
Dioxyde de soufre	kg/j	1,03E-02	6,72E-03	4,71E-03	1,21E-02	5,54E-02	5,59E-02	9,29E-01	1,94E+00	3,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Arsenic	mg/j	3,90E-08	2,50E-08	1,80E-08	4,60E-08	2,09E-07	2,11E-07	3,51E-06	7,32E-06	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Nickel	mg/j	2,95E-07	1,93E-07	1,35E-07	3,46E-07	1,59E-06	1,61E-06	2,67E-05	5,58E-05	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Chrome	mg/j	8,41E-07	5,51E-07	3,86E-07	9,91E-07	4,53E-06	4,57E-06	7,59E-05	1,57E-04	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Benzo(a)pyrène	mg/j	2,33E-06	1,59E-06	1,15E-06	2,88E-06	1,17E-05	1,18E-05	2,01E-04	3,43E-04	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Benzo(a)anthracène	mg/j	3,97E-06	2,69E-06	1,94E-06	4,86E-06	2,01E-05	2,03E-05	3,50E-04	6,18E-04	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Benzo(b)fluoranthène	mg/j	2,98E-06	1,94E-06	1,36E-06	3,49E-06	1,61E-05	1,63E-05	2,91E-04	6,03E-04	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,01%
Benzo(k)fluoranthène	mg/j	2,31E-06	1,47E-06	1,01E-06	2,64E-06	1,31E-05	1,32E-05	2,40E-04	5,40E-04	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,01%
Benzo(ghi)pérylène	mg/j	5,07E-06	3,48E-06	2,53E-06	6,30E-06	2,51E-05	2,53E-05	4,32E-04	7,05E-04	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Benzo(j)fluoranthène	mg/j	1,89E-06	1,04E-06	6,12E-07	1,82E-06	1,30E-05	1,31E-05	2,64E-04	7,58E-04	0,0
	(EP-FE)/FE	2%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,01%
Acénaphthène	mg/j	3,70E-05	2,55E-05	1,86E-05	4,62E-05	1,81E-04	1,83E-04	3,10E-03	4,92E-03	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Acénaphthylène	mg/j	2,77E-05	1,91E-05	1,39E-05	3,46E-05	1,36E-04	1,37E-04	2,32E-03	3,68E-03	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Anthracène	mg/j	5,93E-06	3,92E-06	2,76E-06	7,05E-06	3,15E-05	3,18E-05	5,70E-04	1,13E-03	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Chrysène	mg/j	6,87E-06	4,41E-06	3,04E-06	7,91E-06	3,83E-05	3,86E-05	7,00E-04	1,53E-03	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,01%
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/j	4,77E-07	3,22E-07	2,31E-07	5,82E-07	2,44E-06	2,45E-06	4,25E-05	7,62E-05	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Fluorène	mg/j	2,38E-06	8,46E-07	1,66E-07	1,33E-06	2,32E-05	2,34E-05	5,12E-04	1,85E-03	0,0
	(EP-FE)/FE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,00%
Fluoranthène	mg/j	3,90E-05	2,64E-05	1,91E-05	4,78E-05	1,97E-04	1,99E-04	3,44E-03	6,02E-03	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/j	2,45E-06	1,66E-06	1,20E-06	3,00E-06	1,24E-05	1,25E-05	2,15E-04	3,78E-04	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Phénanthrène	mg/j	8,33E-05	5,70E-05	4,13E-05	1,03E-04	4,15E-04	4,18E-04	7,22E-03	1,20E-02	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Pyrène	mg/j	3,25E-05	2,18E-05	1,55E-05	3,93E-05	1,68E-04	1,70E-04	2,97E-03	5,53E-03	0,0
	(EP-FE)/FE	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%

Source : Egis

L'analyse comparative des émissions polluantes à l'horizon 2025 Avec et Sans projet met en évidence une augmentation homogène de 3% à 5% des émissions quel que soit le polluant considéré pour les tronçons Mouret, Europe, Bd Schweizer et Bd Kennedy. Les augmentations des émissions entre le **Fil de l'eau** et l'**État projeté** sont en moyenne de l'ordre de 4 % sur ces tronçons particuliers. Par ailleurs, la totalité des émissions des autoroutes n'évolue pas (0 %) entre le **Fil de l'eau** et l'**État projeté**.

Le projet de réaménagement du quartier Phares et Balises a donc un impact relativement faible sur les émissions routières en polluants. Néanmoins, il est important de noter que les autoroutes A51 et A8 sont responsables d'environ 90 % des émissions en polluants et le projet n'a aucun impact sur les autoroutes A51 et A8. Donc le projet est responsable d'une légère augmentation des émissions en polluants mais les autoroutes demeurent la principale source de pollution de la zone d'étude.

Les tableaux suivants (Tableau 27 et Tableau 28) représentent respectivement les horizons **État Fil de l'eau 2030 (FE+5)** et **État Projeté 2030 (EP+5)**

TABLEAU 27 - BILAN DES ÉMISSIONS ROUTIÈRES À L'ÉTAT FIL DE L'EAU + 5 ANS – 2030

		Groupe de tronçons								TOTAL
		Bd Dr Schweizer	Av du 8 mai	Bd Président Kennedy	Bd Maréchal Juin	Av Europe est	Av H Mouret nord	A51	A8	
Dioxyde d'azote	kg/j	1,60E-01	1,13E-01	7,84E-02	2,04E-01	8,23E-01	8,30E-01	1,35E+01	2,22E+01	3,79E+01
PM10	kg/j	7,13E-02	4,83E-02	3,26E-02	8,69E-02	3,94E-01	3,97E-01	4,91E+00	9,99E+00	1,59E+01
PM2,5	kg/j	4,33E-02	2,94E-02	1,99E-02	5,29E-02	2,39E-01	2,41E-01	3,03E+00	6,12E+00	9,78E+00
Monoxyde de carbone	kg/j	3,53E-01	2,47E-01	1,71E-01	4,46E-01	1,85E+00	1,86E+00	2,83E+01	4,97E+01	8,29E+01
COVNM	kg/j	1,11E-02	7,22E-03	4,72E-03	1,29E-02	6,52E-02	6,57E-02	8,06E-01	1,89E+00	2,86E+00
Benzène	g/j	4,09E-04	2,91E-04	2,04E-04	5,27E-04	2,08E-03	2,10E-03	2,31E-02	3,74E-02	6,61E-02
1,3-butadiène	g/j	1,47E-04	8,24E-05	4,66E-05	1,44E-04	1,04E-03	1,05E-03	1,48E-02	4,36E-02	6,09E-02
Dioxyde de soufre	kg/j	1,01E-02	6,77E-03	4,56E-03	1,22E-02	5,60E-02	5,64E-02	8,92E-01	1,87E+00	2,91E+00
Arsenic	mg/j	3,80E-08	2,60E-08	1,70E-08	4,60E-08	2,13E-07	2,15E-07	3,39E-06	7,13E-06	1,11E-05
Nickel	mg/j	2,88E-07	1,94E-07	1,30E-07	3,48E-07	1,61E-06	1,63E-06	2,56E-05	5,40E-05	8,38E-05
Chrome	mg/j	8,57E-07	5,79E-07	3,90E-07	1,04E-06	4,76E-06	4,80E-06	7,58E-05	1,57E-04	2,45E-04
Benzo(a)pyrène	mg/j	2,04E-06	1,43E-06	9,95E-07	2,59E-06	1,06E-05	1,07E-05	1,72E-04	2,96E-04	4,96E-04
Benzo(a)anthracène	mg/j	3,45E-06	2,41E-06	1,66E-06	4,35E-06	1,82E-05	1,83E-05	2,98E-04	5,35E-04	8,82E-04
Benzo(b)fluoranthène	mg/j	2,71E-06	1,81E-06	1,21E-06	3,25E-06	1,53E-05	1,54E-05	2,62E-04	5,57E-04	8,59E-04
Benzo(k)fluoranthène	mg/j	2,05E-06	1,33E-06	8,61E-07	2,37E-06	1,22E-05	1,23E-05	2,13E-04	4,96E-04	7,39E-04
Benzo(ghi)peryène	mg/j	4,75E-06	3,37E-06	2,35E-06	6,09E-06	2,43E-05	2,45E-05	3,96E-04	6,47E-04	1,11E-03
Benzo(j)fluoranthène	mg/j	2,28E-06	1,33E-06	7,91E-07	2,35E-06	1,54E-05	1,55E-05	2,94E-04	8,06E-04	1,14E-03
Acénaphène	mg/j	2,89E-05	2,06E-05	1,44E-05	3,73E-05	1,46E-04	1,48E-04	2,34E-03	3,71E-03	6,44E-03
Acénaphthylène	mg/j	2,16E-05	1,54E-05	1,08E-05	2,79E-05	1,09E-04	1,10E-04	1,75E-03	2,77E-03	4,82E-03
Anthracène	mg/j	6,59E-06	4,51E-06	3,06E-06	8,12E-06	3,59E-05	3,62E-05	6,18E-04	1,21E-03	1,92E-03
Chrysène	mg/j	5,88E-06	3,83E-06	2,50E-06	6,85E-06	3,46E-05	3,48E-05	6,00E-04	1,37E-03	2,06E-03
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/j	3,90E-07	2,70E-07	1,86E-07	4,88E-07	2,07E-06	2,09E-06	3,41E-05	6,29E-05	1,02E-04
Fluorène	mg/j	2,50E-06	8,84E-07	1,78E-07	1,41E-06	2,45E-05	2,46E-05	5,12E-04	1,85E-03	2,42E-03
Fluoranthène	mg/j	3,54E-05	2,48E-05	1,71E-05	4,48E-05	1,86E-04	1,87E-04	3,07E-03	5,43E-03	8,99E-03
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/j	2,27E-06	1,59E-06	1,10E-06	2,87E-06	1,19E-05	1,20E-05	1,96E-04	3,47E-04	5,75E-04
Phénanthrène	mg/j	7,96E-05	5,62E-05	3,91E-05	1,02E-04	4,10E-04	4,13E-04	6,77E-03	1,13E-02	1,92E-02
Pyrène	mg/j	2,77E-05	1,90E-05	1,30E-05	3,43E-05	1,49E-04	1,51E-04	2,49E-03	4,77E-03	7,65E-03

Source : Egis

TABEAU 28 - BILAN DES ÉMISSIONS ROUTIÈRES À L'ÉTAT PROJÉTÉ + 5 ANS – 2030

	Groupe de tronçons								TOTAL	
	Bd Dr Schweitzer	Av du 8 mai	Bd Président Kennedy	Bd Maréchal Juin	Av Europe est	Av H Mouret nord	A51	A8		
Dioxyde d'azote	kg/j	1,65E-01	1,13E-01	8,17E-02	2,04E-01	8,23E-01	8,30E-01	1,35E+01	2,22E+01	3,79E+01
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
PM10	kg/j	7,35E-02	4,83E-02	3,40E-02	8,69E-02	3,94E-01	3,97E-01	4,91E+00	9,99E+00	1,59E+01
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
PM2,5	kg/j	4,47E-02	2,94E-02	2,07E-02	5,29E-02	2,39E-01	2,41E-01	3,03E+00	6,12E+00	9,78E+00
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Monoxyde de carbone	kg/j	3,64E-01	2,47E-01	1,78E-01	4,46E-01	1,85E+00	1,86E+00	2,83E+01	4,97E+01	8,29E+01
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
COVNM	kg/j	1,14E-02	7,22E-03	4,91E-03	1,29E-02	6,52E-02	6,57E-02	8,06E-01	1,89E+00	2,86E+00
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Benzène	g/j	4,23E-04	2,91E-04	2,12E-04	5,27E-04	2,08E-03	2,10E-03	2,31E-02	3,74E-02	6,61E-02
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,03%
1,3-butadiène	q/j	1,50E-04	8,24E-05	4,83E-05	1,44E-04	1,04E-03	1,05E-03	1,48E-02	4,36E-02	6,09E-02
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	2%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,01%
Dioxyde de soufre	kg/j	1,04E-02	6,77E-03	4,74E-03	1,22E-02	5,60E-02	5,64E-02	8,92E-01	1,87E+00	2,91E+00
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Arsenic	mg/j	3,90E-08	2,60E-08	1,80E-08	4,60E-08	2,13E-07	2,15E-07	3,39E-06	7,13E-06	1,11E-05
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Nickel	mg/j	2,97E-07	1,94E-07	1,35E-07	3,48E-07	1,61E-06	1,63E-06	2,56E-05	5,40E-05	8,38E-05
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Chrome	mg/j	8,83E-07	5,79E-07	4,06E-07	1,04E-06	4,76E-06	4,80E-06	7,58E-05	1,57E-04	2,45E-04
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Benzo(a)pyrène	mq/j	2,11E-06	1,43E-06	1,04E-06	2,59E-06	1,06E-05	1,07E-05	1,72E-04	2,96E-04	4,96E-04
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Benzo(a)anthracène	mg/j	3,57E-06	2,41E-06	1,73E-06	4,35E-06	1,82E-05	1,83E-05	2,98E-04	5,35E-04	8,82E-04
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Benzo(b)fluoranthène	mq/j	2,79E-06	1,81E-06	1,26E-06	3,25E-06	1,53E-05	1,54E-05	2,62E-04	5,57E-04	8,59E-04
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Benzo(k)fluoranthène	mg/j	2,11E-06	1,33E-06	8,96E-07	2,37E-06	1,22E-05	1,23E-05	2,13E-04	4,96E-04	7,39E-04
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,01%
Benzo(ghi)peryène	mg/j	4,91E-06	3,37E-06	2,45E-06	6,09E-06	2,43E-05	2,45E-05	3,96E-04	6,47E-04	1,11E-03
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Benzo(j)fluoranthène	mg/j	2,33E-06	1,33E-06	8,21E-07	2,35E-06	1,54E-05	1,55E-05	2,94E-04	8,06E-04	1,14E-03
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	2%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,01%
Acénaphthène	mg/j	2,99E-05	2,06E-05	1,50E-05	3,73E-05	1,46E-04	1,48E-04	2,34E-03	3,71E-03	6,44E-03
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Acénaphthylène	mq/j	2,24E-05	1,54E-05	1,13E-05	2,79E-05	1,09E-04	1,10E-04	1,75E-03	2,77E-03	4,82E-03
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Anthracène	mg/j	6,80E-06	4,51E-06	3,19E-06	8,12E-06	3,59E-05	3,62E-05	6,18E-04	1,21E-03	1,92E-03
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Chrysène	mq/j	6,05E-06	3,83E-06	2,60E-06	6,85E-06	3,46E-05	3,48E-05	6,00E-04	1,37E-03	2,06E-03
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,01%
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/j	4,02E-07	2,70E-07	1,93E-07	4,88E-07	2,07E-06	2,09E-06	3,41E-05	6,29E-05	1,02E-04
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Fluorène	mq/j	2,50E-06	8,84E-07	1,78E-07	1,41E-06	2,45E-05	2,46E-05	5,12E-04	1,85E-03	2,42E-03
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,00%
Fluoranthène	mg/j	3,66E-05	2,48E-05	1,78E-05	4,48E-05	1,86E-04	1,87E-04	3,07E-03	5,43E-03	8,99E-03
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/j	2,35E-06	1,59E-06	1,14E-06	2,87E-06	1,19E-05	1,20E-05	1,96E-04	3,47E-04	5,75E-04
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Phénanthrène	mq/j	8,22E-05	5,62E-05	4,08E-05	1,02E-04	4,10E-04	4,13E-04	6,77E-03	1,13E-02	1,92E-02
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%
Pyrène	mg/j	2,85E-05	1,90E-05	1,35E-05	3,43E-05	1,49E-04	1,51E-04	2,49E-03	4,77E-03	7,66E-03
	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅	3%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0,02%

Les augmentations pour chaque horizon d'étude entre **État Projeté** et **État Fil de l'eau** montrent globalement une augmentation très faible de l'ordre de 0.02% des émissions sur les tronçons étudiés. Le projet de réaménagement du quartier Phares et Balises n'entraîne donc pas de surplus d'émission pour les horizons 2025 et 2030.

Les diagrammes de la Figure 27 montrent l'évolution des émissions totales, polluant par polluant, pour **l'État de référence**, le **Fil de l'eau**, **l'État projeté**, le **Fil de l'eau + 5 ans** et **l'État projeté + 5 ans**.

FIGURE 27 - ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS TOTALES PAR POLLUANT ET PAR HORIZON



3.2.2 - Évaluation des teneurs dans l'air ambiant

Comme décrit précédemment, la dispersion et l'évaluation des teneurs en polluant dans l'air ambiant ont été déterminées avec le logiciel ADMS Roads. Les teneurs en polluant ainsi obtenues sont exprimées sous la forme de teneurs moyennes annuelles en tout point de la zone d'étude.

Ces teneurs annuelles sont à comparer aux normes de qualité de l'air en vigueur et leur comparaison aux différents horizons permet d'appréhender l'impact du projet sur la qualité de l'air.

Il convient de souligner que ces résultats mettent en évidence la contribution des émissions induites par le réseau routier étudié, à l'exclusion de toute autre source d'émissions. Néanmoins, comme précisé dans le TABLEAU 23, des teneurs de fond sont prises en compte pour la plupart des polluants et viennent ainsi impacter les évolutions des teneurs en polluants.

3.2.2.1 - Cartographies des teneurs en polluant

Les cartographies des teneurs en dioxyde d'azote en tout point de la bande d'étude sont présentées de la

Figure 28 à la Figure 32 pour l'**État de référence** 2020, le **Fil de l'eau** 2025, l'**État projeté** 2025, le **Fil de l'eau** 2030, l'**État projeté** 2030.

La Figure 34 est un zoom sur le quartier Phares&Balises le long de l'autoroute A51 à l'**État projeté** 2030.

Ces cartographies ont été réalisées sous SIG (Système d'Information Géographique) par interpolation géostatistique des teneurs évaluées, en chaque point du maillage (14 718 points pour chaque horizon d'étude), à l'issue des calculs de dispersion atmosphérique.

Ces cartographies mettent en évidence :

- Les **effets significatifs**, mais néanmoins géographiquement limités, des émissions polluantes induites par le trafic routier du réseau étudié sur la qualité de l'air (entre 50 et 150 m de part et d'autre des infrastructures routières en fonction des axes) ;
- Une **diminution significative des concentrations** à l'échelle de la zone d'étude entre l'état de référence et le fil de l'eau pour le dioxyde d'azote, du fait du renouvellement du parc automobile entre 2020 et 2030 et ce, malgré l'augmentation du kilométrage parcouru (+2 %) ;
- Une **légère augmentation des concentrations** à l'échelle de l'emprise du projet entre le fil de l'eau et l'état projeté pour le dioxyde d'azote du fait de l'augmentation du kilométrage parcouru (+2%) dans le quartier Encagnane. Néanmoins, malgré cette légère augmentation, **les normes de qualité de l'air sont respectées à l'État Projeté 2030 sur le quartier Phares&Balises dans les zones habitées.**

FIGURE 28 – TENEURS EN DIOXYDE D'AZOTE – ETAT DE RÉFÉRENCE (2020)



FIGURE 29 – TENEURS EN DIOXYDE D'AZOTE – ETAT FIL DE L'EAU (2025)

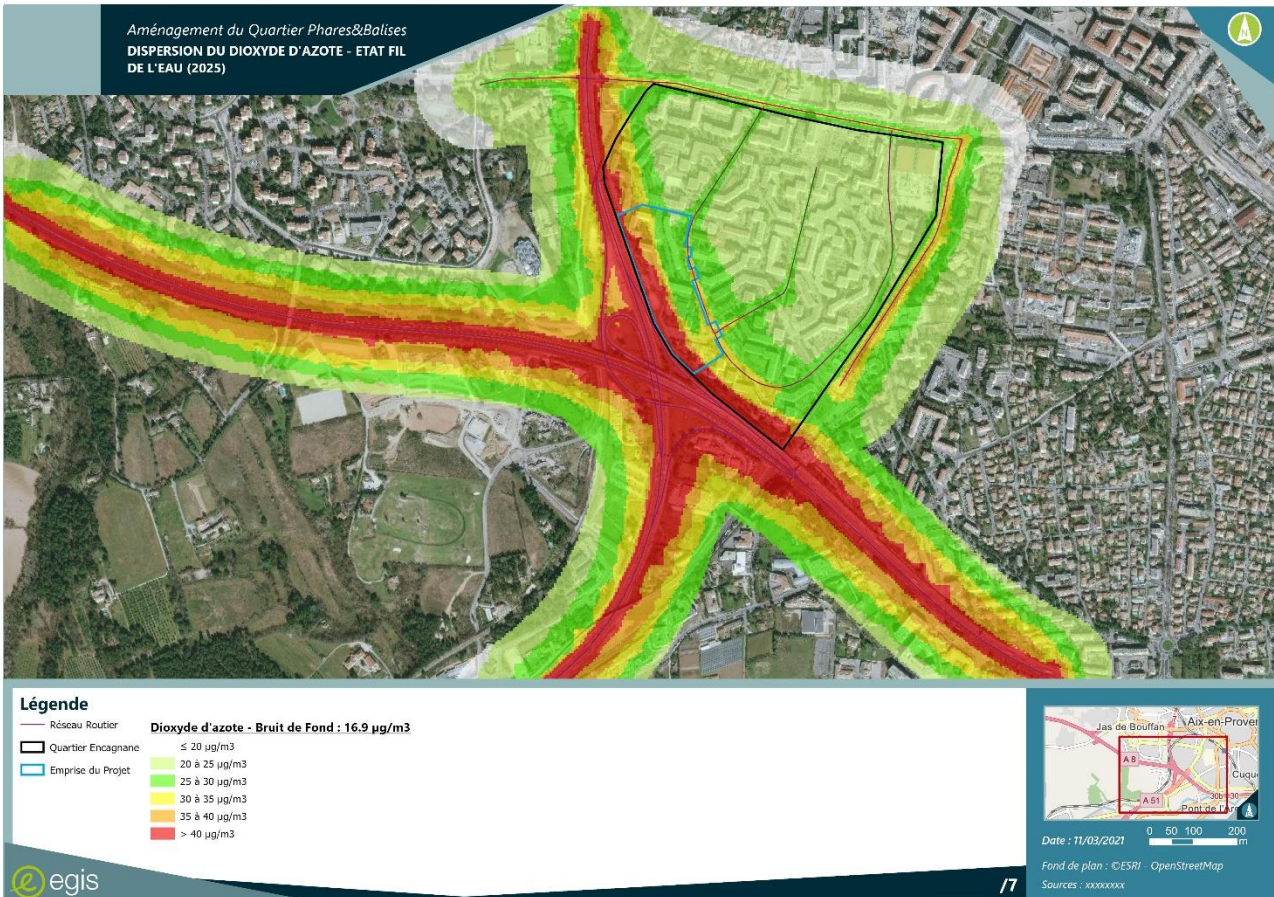


FIGURE 30 – TENEURS EN DIOXYDE D'AZOTE – ETAT PROJÉTÉ (2025)

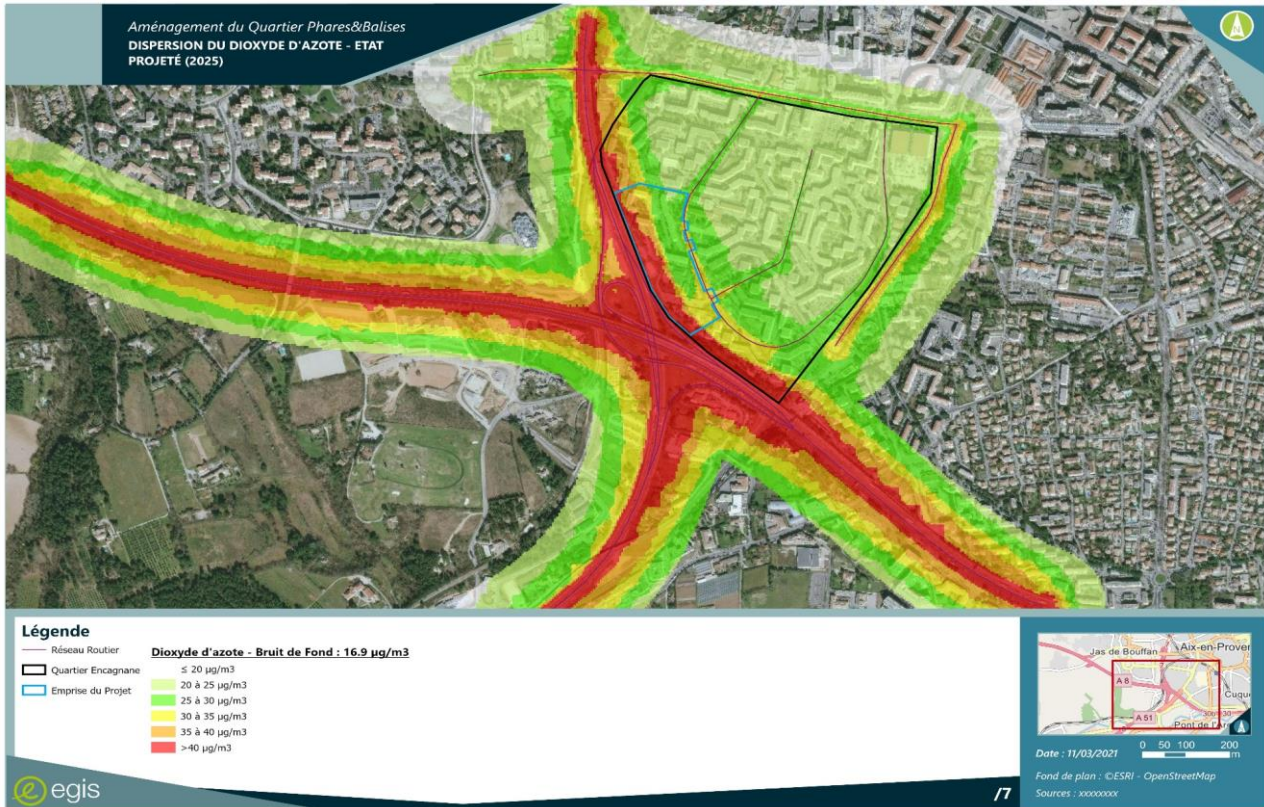


FIGURE 31 – TENEURS EN DIOXYDE D'AZOTE – ETAT FIL DE L'EAU (2030)

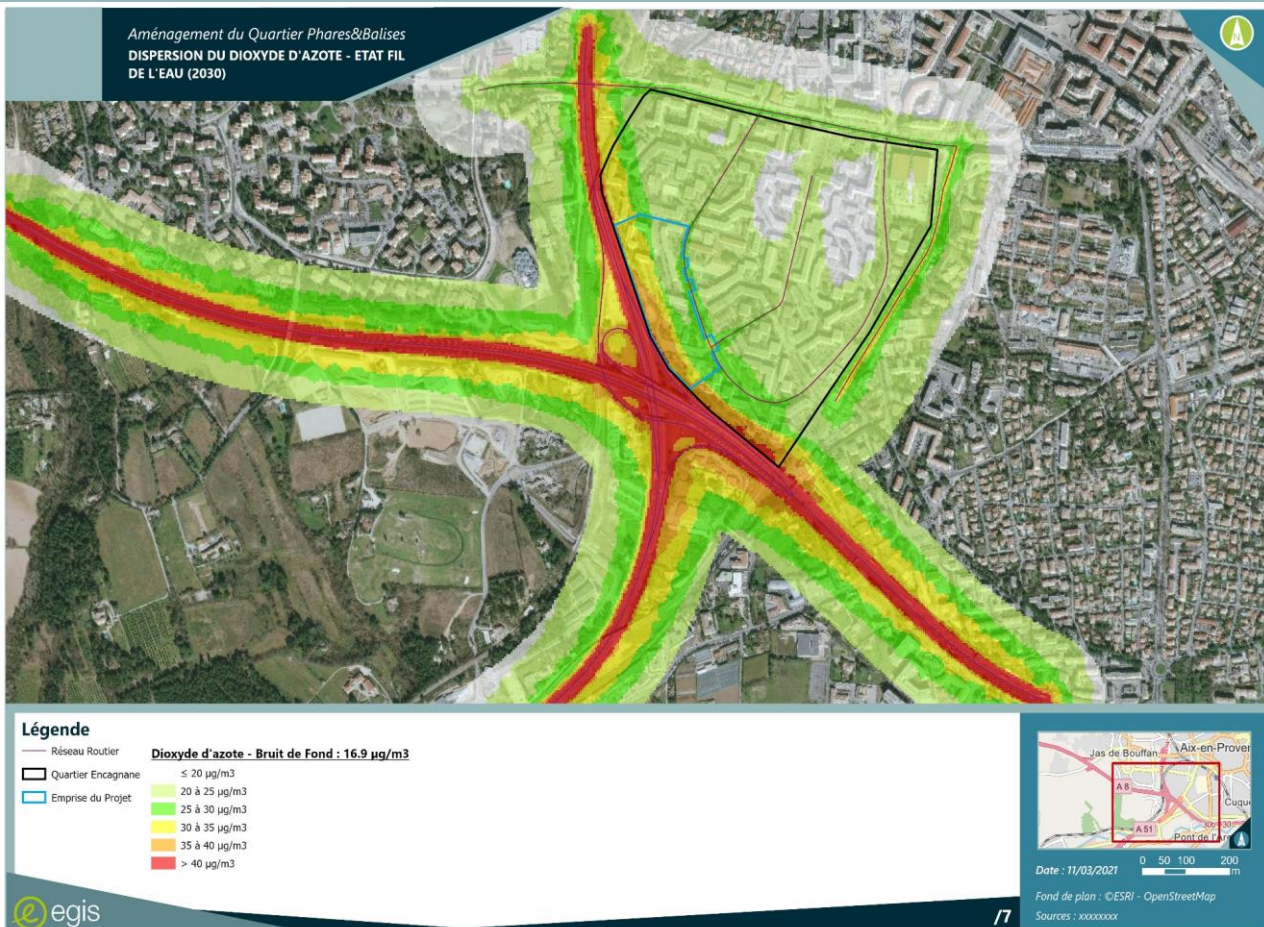
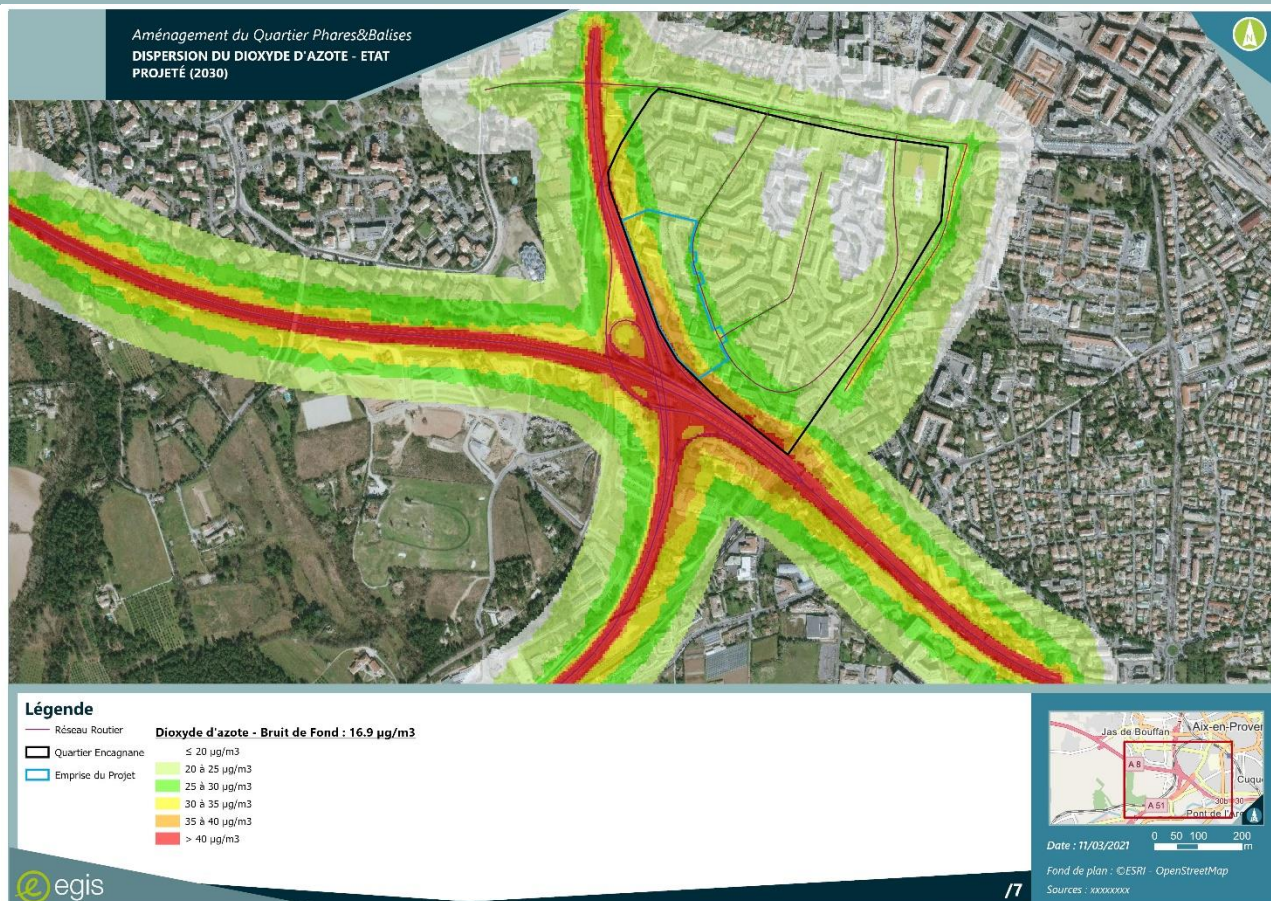


FIGURE 32 – TENEURS EN DIOXYDE D'AZOTE – ETAT PROJÉTÉ (2030)



En zoomant sur la zone du quartier Phares&Balises (Figure 34 et Figure 34 – Zoom sur le quartier Phares&Balises 2030), on observe des concentrations en dioxyde d'azote à l'**État Projeté 2025** et à l'**État Projeté 2030** qui sont supérieures aux valeurs guides de l'OMS. Cependant aucune population n'est située dans cette zone de dépassement. De plus les effets anti-pollution du merlon, des murs anti-bruit et des parkings surélevés ne sont pas pris en compte dans la modélisation 2D et tendent à protéger les habitants de concentrations en polluants trop élevés. L'efficacité de ces mesures anti-pollution fera l'objet d'un paragraphe lors de la séquence ERC.

FIGURE 33 – ZOOM SUR LE QUARTIER PHARES&BALISES 2025



FIGURE 34 – ZOOM SUR LE QUARTIER PHARES&BALISES 2030



3.2.2.2 - Teneurs en polluants dans l'emprise du projet

Les teneurs moyennes annuelles des polluants étudiés dans l'emprise du projet sont synthétisées dans le Tableau 29 pour l'**État de référence** 2020, le **Fil de l'eau** et l'**État projeté** 2025, le **Fil de l'eau** et l'**État projeté** 2030. Ces teneurs sont présentées pour une sélection de points récepteurs sur la figure suivante.

FIGURE 35 _ LOCALISATION DES POINTS RECEPTEURS



Entre l'**État de référence** 2020 et le **Fil de l'eau** 2025 :

- Diminution forte des COVNM (-50 %), du monoxyde de carbone (-32 %). À noter que ces polluants n'ont pas de teneurs de fond prises en compte ;
- Diminution significative pour le dioxyde d'azote (-18%) et le 1,3-butadiène (-9%) ;
- Aucune variation significative pour les PM10, PM2.5 et les métaux ce qui s'explique essentiellement par une teneur en bruit de fond prépondérante pour les PM de l'ordre de 85% ;
- Augmentation ou diminution selon les HAP.

Entre l'**État Fil de l'eau** 2025 et l'**État Projeté** 2025 :

Les variations sont toutes comprises entre 0 et 1%. Cette faible augmentation s'explique notamment par le fait que le trafic routier est très peu impacté par le projet de réaménagement (augmentation du trafic de 0 à 4% sur des tronçons faiblement empruntés). Et que les trafics en jeu sont largement inférieurs au trafic des autoroutes situées à proximité de la zone du projet qui eux ne sont pas modifiés.

Entre l'**État Fil de l'eau** 2030 et l'**État Projeté** 2030 :

La même remarque peut s'appliquée entre le **Fil de l'eau** 2030 et l'**État projeté** 2030. En effet les variations sont toutes comprises entre 0 et 1% ce qui s'explique par l'analyse précédemment effectuée.

TABLEAU 29 – CONCENTRATIONS MOYENNES – TENEURS EN AIR AMBIANT

Traceur de risque	Unité	État	Riverains avec projet les plus impactés à 0m	Crèche Pom d'Happy	Riverains les plus impactés à 12m	Riverains les plus impactés à 15m	Riverains hors projet les plus impactés à 0m
Dioxyde d'azote	µg/m³	Etat de Référence	41,32	38,86	36,66	33,05	42,97
		Etat Fil de l'eau	33,80	31,83	30,18	27,51	34,97
		Etat Projeté	33,81	31,86	30,19	27,52	34,99
		Etat Fil de l'eau +5ans	28,68	27,19	25,97	24,03	29,51
		Etat Projeté +5 ans	28,68	27,20	25,97	24,03	29,51
PM₁₀	µg/m³	Etat de Référence	15,66	15,37	15,11	14,72	15,93
		Etat Fil de l'eau	15,66	15,37	15,11	14,72	15,93
		Etat Projeté	15,67	15,37	15,11	14,73	15,93
		Etat Fil de l'eau +5ans	15,42	15,16	14,92	14,58	15,65
		Etat Projeté +5 ans	15,42	15,16	14,92	14,58	15,65
PM_{2,5}	µg/m³	Etat de Référence	10,15	9,96	9,79	9,54	10,33
		Etat Fil de l'eau	10,15	9,96	9,79	9,54	10,33
		Etat Projeté	10,16	9,96	9,79	9,54	10,33
		Etat Fil de l'eau +5ans	9,91	9,75	9,60	9,39	10,05
		Etat Projeté +5 ans	9,91	9,75	9,60	9,39	10,05
Monoxyde de carbone	µg/m³	Etat de Référence	19,47	16,88	14,75	11,46	21,88
		Etat Fil de l'eau	13,27	11,44	10,05	7,80	14,81
		Etat Projeté	13,28	11,47	10,05	7,81	14,82
		Etat Fil de l'eau +5ans	10,58	9,09	7,99	6,20	11,64
		Etat Projeté +5 ans	10,58	9,10	7,99	6,20	11,64
COVNM	µg/m³	Etat de Référence	1,07	0,94	0,81	0,63	1,21
		Etat Fil de l'eau	0,53	0,46	0,40	0,31	0,61
		Etat Projeté	0,53	0,47	0,40	0,31	0,61
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,34	0,30	0,26	0,20	0,39
		Etat Projeté +5 ans	0,34	0,30	0,26	0,20	0,39
Benzène	µg/m³	Etat de Référence	0,71	0,70	0,70	0,70	0,71
		Etat Fil de l'eau	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
		Etat Projeté	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
		Etat Projeté +5 ans	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
1,3-butadiène	µg/m³	Etat de Référence	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09
		Etat Fil de l'eau	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
		Etat Projeté	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08
		Etat Projeté +5 ans	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08
Dioxyde de soufre	µg/m³	Etat de Référence	0,38	0,33	0,29	0,22	0,43
		Etat Fil de l'eau	0,37	0,32	0,28	0,22	0,42
		Etat Projeté	0,37	0,32	0,28	0,22	0,42
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,36	0,31	0,27	0,21	0,41
		Etat Projeté +5 ans	0,36	0,31	0,27	0,21	0,41
Arsenic	ng/m³	Etat de Référence	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
		Etat Fil de l'eau	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
		Etat Projeté	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
		Etat Projeté +5 ans	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Nickel	ng/m³	Etat de Référence	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
		Etat Fil de l'eau	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
		Etat Projeté	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
		Etat Fil de l'eau +5ans	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
		Etat Projeté +5 ans	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71
Chrome	ng/m³	Etat de Référence	2,43	2,43	2,42	2,42	2,43
		Etat Fil de l'eau	2,43	2,43	2,42	2,42	2,43
		Etat Projeté	2,43	2,43	2,42	2,42	2,43
		Etat Fil de l'eau +5ans	2,43	2,43	2,42	2,42	2,43
		Etat Projeté +5 ans	2,43	2,43	2,42	2,42	2,43
Chrome VI	ng/m³	Etat de Référence	0,33	0,33	0,32	0,32	0,33
		Etat Fil de l'eau	0,33	0,33	0,32	0,32	0,33
		Etat Projeté	0,33	0,33	0,32	0,32	0,33
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,33	0,33	0,32	0,32	0,33
		Etat Projeté +5 ans	0,33	0,33	0,32	0,32	0,33
Benzo(a)pyrène	ng/m³	Etat de Référence	0,08	0,07	0,06	0,05	0,08
		Etat Fil de l'eau	0,07	0,06	0,05	0,04	0,07
		Etat Projeté	0,07	0,06	0,05	0,04	0,07
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,06	0,05	0,05	0,04	0,06
		Etat Projeté +5 ans	0,06	0,05	0,05	0,04	0,06

		Etat de Référence	0,11	0,10	0,09	0,07	0,13
		Etat Fil de l'eau	0,10	0,09	0,08	0,06	0,12
Benzo(b)fluoranthène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	0,10	0,09	0,08	0,06	0,12
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,09	0,08	0,07	0,06	0,11
		Etat Projeté +5 ans	0,09	0,08	0,07	0,06	0,11
		Etat de Référence	0,10	0,08	0,08	0,06	0,11
		Etat Fil de l'eau	0,09	0,08	0,07	0,05	0,10
Benzo(k)fluoranthène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	0,09	0,08	0,07	0,05	0,10
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,08	0,07	0,06	0,05	0,09
		Etat Projeté +5 ans	0,08	0,07	0,06	0,05	0,09
		Etat de Référence	0,15	0,13	0,12	0,09	0,17
		Etat Fil de l'eau	0,14	0,12	0,11	0,09	0,15
Benzo(ghi)pérylène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	0,14	0,12	0,11	0,09	0,15
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,13	0,11	0,10	0,08	0,14
		Etat Projeté +5 ans	0,13	0,11	0,10	0,08	0,14
		Etat de Référence	0,09	0,08	0,07	0,06	0,11
		Etat Fil de l'eau	0,10	0,09	0,08	0,07	0,13
Benzo(j)fluoranthène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	0,10	0,09	0,08	0,07	0,13
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,11	0,10	0,09	0,07	0,14
		Etat Projeté +5 ans	0,11	0,10	0,09	0,07	0,14
		Etat de Référence	1,30	1,10	1,02	0,79	1,39
		Etat Fil de l'eau	1,01	0,85	0,79	0,62	1,08
Acénaphhtène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	1,01	0,86	0,80	0,62	1,08
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,76	0,65	0,60	0,47	0,82
		Etat Projeté +5 ans	0,76	0,65	0,60	0,47	0,82
		Etat de Référence	0,97	0,82	0,76	0,59	1,04
		Etat Fil de l'eau	0,76	0,64	0,59	0,46	0,81
Acénaphhtylène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	0,76	0,64	0,59	0,46	0,81
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,57	0,48	0,45	0,35	0,61
		Etat Projeté +5 ans	0,57	0,48	0,45	0,35	0,61
		Etat de Référence	0,17	0,15	0,14	0,11	0,20
		Etat Fil de l'eau	0,20	0,17	0,16	0,12	0,22
Anthracène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	0,20	0,17	0,16	0,12	0,22
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,21	0,18	0,17	0,13	0,24
		Etat Projeté +5 ans	0,21	0,18	0,17	0,13	0,24
		Etat de Référence	0,29	0,25	0,23	0,18	0,33
		Etat Fil de l'eau	0,25	0,22	0,20	0,16	0,29
Chrysène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	0,25	0,22	0,20	0,16	0,29
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,22	0,19	0,17	0,14	0,25
		Etat Projeté +5 ans	0,22	0,19	0,17	0,14	0,25
		Etat de Référence	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
		Etat Fil de l'eau	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Dibenzo(a,h)anthracène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
		Etat Projeté +5 ans	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
		Etat de Référence	0,22	0,20	0,18	0,14	0,29
		Etat Fil de l'eau	0,22	0,20	0,18	0,14	0,29
Fluorène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	0,22	0,20	0,18	0,14	0,29
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,22	0,20	0,18	0,14	0,29
		Etat Projeté +5 ans	0,22	0,20	0,18	0,14	0,29
		Etat de Référence	1,28	1,09	1,01	0,78	1,39
		Etat Fil de l'eau	1,15	0,98	0,91	0,70	1,26
Fluoranthène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	1,15	0,98	0,91	0,71	1,26
		Etat Fil de l'eau +5ans	1,03	0,88	0,81	0,63	1,13
		Etat Projeté +5 ans	1,03	0,88	0,81	0,63	1,13
		Etat de Référence	0,08	0,07	0,06	0,05	0,09
		Etat Fil de l'eau	0,07	0,06	0,06	0,04	0,08
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	0,07	0,06	0,06	0,04	0,08
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,07	0,06	0,05	0,04	0,07
		Etat Projeté +5 ans	0,07	0,06	0,05	0,04	0,07
		Etat de Référence	2,51	2,13	1,98	1,53	2,71
		Etat Fil de l'eau	2,38	2,02	1,88	1,46	2,58
Phénanthrène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	2,39	2,02	1,88	1,46	2,58
		Etat Fil de l'eau +5ans	2,24	1,90	1,76	1,37	2,42
		Etat Projeté +5 ans	2,24	1,91	1,77	1,37	2,42
		Etat de Référence	1,19	1,01	0,94	0,73	1,31
		Etat Fil de l'eau	1,01	0,86	0,80	0,62	1,12
Pyrène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	1,01	0,87	0,80	0,62	1,12
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,86	0,73	0,68	0,53	0,95
		Etat Projeté +5 ans	0,86	0,74	0,68	0,53	0,95

Source : Egis

3.2.2.3 - Comparaison aux normes de qualité de l'air

Parmi les polluants retenus dans cette étude, le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre, le benzène, les particules PM10 et PM2.5, le benzo(a)pyrène, le nickel, l'arsenic et le monoxyde de carbone sont réglementés dans l'air ambiant par des critères nationaux.

En l'absence de valeur de fond pour le monoxyde de carbone, la comparaison des teneurs modélisées aux normes de qualité de l'air n'est pas possible pour ce polluant.

D'après les modélisations, une partie du quartier Phares&Balises est soumise à des concentrations en dioxyde d'azote dépassant les valeurs limites en 2025 et 2030, cependant ces zones ne sont pas habitées par des populations ou ne sont pas des lieux de travail.

Ainsi, au regard des résultats obtenus, la réalisation du projet de réaménagement du quartier Phares&Balises n'induirait pas de dépassement des normes de la qualité de l'air en vigueur **dans la zone habitée du projet pour les polluants NO₂, PM10, SO₂, CO, COV, HAP et les métaux (Arsenic, Nickel et Chrome).**

En revanche, pour les PM2.5, il est à noter que les concentrations moyennes annuelles, pour les habitations voisines de la zone du projet, sont très proches des valeurs guides et **dépassent même les valeurs limites à l'horizon de l'état projeté 2030** (c'est le cas pour les points récepteurs des **Riverains hors et avec projet à 0m**)

Ces dépassements sont liés à la proximité de ces habitations avec les autoroutes A51 et A8 (trafic des autoroutes non impacté par le projet) et au bruit de fond ambiant.

En l'état le projet n'impacte pas directement sur les dépassements de niveaux de concentrations

3.3 - Synthèse

Le projet de réaménagement du quartier Phares & Balises a pour impact l'augmentation du kilométrage parcouru de l'ordre de 0 à 4% par rapport à un horizon sans projet (Fil de l'eau) sur les quatre tronçons du quartier Encagnane.

Globalement, les émissions routières augmentent de 0,02 % à l'État projeté par rapport au Fil de l'eau. En effet la grande majorité des émissions est due aux autoroutes (90%), ce qui va lisser les émissions du projet qui augmentent du même ordre de grandeur que le kilométrage parcouru de 0 à 4% sur les quatre tronçons à l'intérieur du projet.

L'évaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air a été menée avec le modèle de dispersion atmosphérique ADMS Roads v.4.1.

Sur la base des hypothèses de trafic considérées, la réalisation du projet de réaménagement du quartier Phares&Balises, n'aurait pas d'impact significatif sur la qualité de l'air à l'échelle de la zone d'étude, en effet, entre les scénarios Avec et Sans projet, aucune différence significative n'est observée quant aux concentrations en air ambiant.

Bien que le projet n'ait pas d'impact significatif, il est à noter que ce projet s'implante à proximité des autoroutes, fortement contributrices d'émissions à l'atmosphère. Ainsi à l'horizon 2025, les teneurs de fond en PM2.5 dépassent les valeurs guides dans une partie de la zone du projet et aux alentours. À l'horizon

2030, dans la zone d'habitations du projet aucun dépassement n'est remarqué même si les valeurs restent très proches de la valeur guide. Dans la zone voisine du projet, certaines habitations sont encore soumises à des concentrations en PM2.5 supérieures aux valeurs guides.

Concernant les autres polluants, aucun dépassement pour les horizons 2025 et 2030 n'est observé. Les valeurs de concentrations restent en dessous des valeurs guides.

4 - ÉVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR L'EXPOSITION DES POPULATIONS

L'évaluation de l'impact du projet sur l'exposition des populations est réalisée par l'estimation d'un indicateur simplifié, l'Indice Pollution Population (IPP). Ce chapitre présente la méthodologie employée pour la détermination de l'IPP ainsi que les résultats obtenus.

4.1 - Méthodologie

L'Indice Pollution Population (IPP) est un indicateur qui permet la comparaison de différents horizons d'étude et différentes variantes de tracé eu égard à leurs impacts sur l'exposition potentielle de la population présente dans la bande d'étude. Il intègre ainsi, dans un même critère, les teneurs en polluant et la population potentiellement exposée.

L'IPP consiste à croiser les données de population avec les données de qualité de l'air (les teneurs en polluants issues des résultats du modèle de dispersion) afin d'obtenir une distribution spatiale de la population potentiellement exposée.

Il convient de préciser que cet indicateur s'utilise comme une aide à la comparaison de situation. Il n'est en aucun cas le reflet d'une exposition absolue de la population à la pollution atmosphérique.

Le polluant retenu pour l'évaluation de l'IPP est le dioxyde d'azote.

Dans le cadre de cette étude, l'IPP a été évalué à l'horizon 2020 (**État de référence**), à l'horizon 2025 (**Fil de l'eau** et **État projeté**) et à l'horizon 2030 (**Fil de l'eau +5 ans** et **État projeté +5 ans**) conformément à la note technique du 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA.

Suivant la note technique du 22 février 2019, la population n'est pas projetée et reste constante aux horizons futurs, sauf en cas de projets d'urbanisation ayant un impact sur le nombre d'habitants. Le projet de réaménagement du quartier Phares&Balises prévoit la démolition de 174 logements et l'aménagement de 444 nouveaux logements, les nouveaux habitants sont donc pris en compte dans le calcul de l'IPP et les anciens habitants en sont déduits.

Le calcul de l'IPP est soumis aux incertitudes relatives aux calculs de dispersion des polluants (cf. Évaluation des teneurs dans l'air ambiant) et aux incertitudes relatives au dénombrement des populations. Enfin, il a été considéré pour ces calculs que l'ensemble de la population est situé au niveau du sol. Les résultats sont donc surestimés.

4.2 - Estimation de la population dans la bande d'étude

Pour rappel (cf. Densité et population générale), les populations communales ont été estimées en 2016 sur la base des données de population INSEE les plus récentes disponibles

Les populations situées dans la bande d'étude ont ensuite été déterminées, sous SIG, en interceptant la bande d'étude et les communes avec une clef de répartition spatiale (données d'occupation des sols Open Street Map et orthophotos) afin de localiser les populations sur les zones bâties.

Les populations des IRIS interceptés par la bande d'étude du projet sont données dans le TABLEAU 3.

Sur la base de ces estimations, la population en 2016 située dans la bande d'étude s'établit à 12 815 habitants.

Le projet du quartier Phares&Balises prévoit l'aménagement de 444 nouveaux logements au sein du quartier et de la démolition de 174 anciens logements. Le nombre exact d'habitant n'étant pas connu, il a été retenu comme hypothèse que les habitations peuvent accueillir 2,5 personnes/logement, soit une population de 13498 personnes à l'**État projeté** 2025 et à l'**État projeté** 2030.

4.3 - Résultats de l'IPP

Les résultats de l'IPP du dioxyde d'azote sont présentés dans le Tableau 30.

Il convient de souligner que, compte tenu de la faible variabilité des teneurs en dioxyde d'azote, l'inter-comparaison de l'IPP doit être réalisée avec prudence.

Pour ce polluant, entre l'**État de référence 2020** et le **Fil de l'eau 2025**, une diminution de l'exposition des populations est observée, en cohérence avec la diminution des concentrations en dioxyde d'azote sur le quartier.

Le projet de réaménagement du quartier Phares&Balises prévoit l'aménagement de 444 nouveaux logements en 2025. La comparaison de l'IPP entre l'**État projeté 2025** et le **Fil de l'eau 2025** montre que le projet permettrait qu'un plus petit nombre d'habitant soit impacté par des concentrations dépassants les valeurs limites. Cela s'explique par la volonté de reculer les habitations vis-à-vis de l'autoroute contrairement à ce qui existe dans la configuration actuelle.

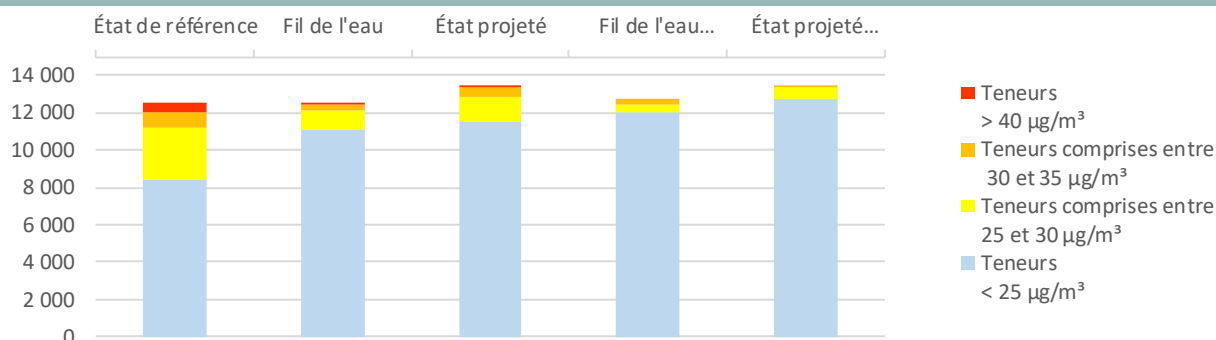
Le Tableau 30 montre qu'à l'**État projeté 2025**, certains habitants sont exposés à des concentrations >40 µg/m³ mais cette part reste largement minoritaire (0,3% de la population globale). De plus à l'**État projeté 2030** ces habitants ne sont plus impactés par des teneurs en dioxyde d'azote dépassant les valeurs limites.

TABLEAU 30 – IPP DU DIOXYDE D'AZOTE DANS L'EMPRISE DU PROJET

	Population impactée en nombre d'habitants					Total
	Teneurs < 25 µg/m ³	Teneurs comprises entre 25 et 30 µg/m ³	Teneurs comprises entre 30 et 35 µg/m ³	Teneurs comprises entre 35 et 40 µg/m ³	Teneurs > 40 µg/m ³	
État de référence	8 376	2 813	854	325	447	12 815
Fil de l'eau	11 067	1 036	376	279	57	12 815
État projeté	11 501	1 378	496	87	36	13 498
Fil de l'eau + 5ans	12 050	429	292	44	0	12 815
État projeté + 5ans	12 756	625	84	33	0	13 498

Source : Egis

FIGURE 36 – IPP DU DIOXYDE D'AZOTE DANS L'EMPRISE DU PROJET



4.4 - Conclusion de l'IPP

Avec les hypothèses de trafic prises en compte et sur la base de l'Indice Pollution Population, indicateur sanitaire simplifié, la réalisation de réaménagement du quartier Phares&Balises conduit à une diminution du nombre d'habitant exposés dans l'emprise du projet pour le dioxyde d'azote.

Malgré l'aménagement de 444 nouveaux logements dans le quartier, ces logements étant construits plus loin de l'autoroute, les impacts sont moins importants à l'**État projeté** qu'à l'**État Fil de l'eau** et cela peu importe l'horizon d'étude. Enfin, à l'**État projeté 2030**, l'ensemble des habitants est exposé à des teneurs en dioxyde d'azote inférieures à la valeur limite ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

5 - ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES

Conformément à la note technique du 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA, l'impact sanitaire du projet de réaménagement du quartier Phares&Balises à Aix-en-Provence a été établi selon la démarche de l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS).

L'évaluation des risques sanitaires présentée ci-dessous a été menée pour :

- La situation nommée État de référence de l'année 2020 ;
- La situation sans projet à l'horizon de mise en service nommée Fil de l'eau de l'année 2025 et à +5 ans nommée Fil de l'eau de l'année 2030 ;
- La situation avec projet à l'horizon de mise en service nommée État projeté de l'année 2025 et à +5 ans nommée État projeté de l'année 2030.

5.1 - Rappel méthodologique

La démarche d'EQRS s'appuie sur une méthodologie définie par les documents suivants :

- Circulaire DGS n°2000-61 du 3 février 2000 relative au guide de lecture et d'analyse du volet sanitaire des études d'impacts ;
- Circulaire DGPR et DGS du 9 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation ;
- 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 ;
- Note technique relative à la prise en compte des effets sur la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières – Ministère de la Transition écologique et solidaire et Ministère des Solidarités et de la Santé – 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières – CEREMA – 22 février 2019 ;
- Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact – Institut de Veille Sanitaire (InVS) - février 2000 ;
- Guide méthodologique pour l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les ICPE – INERIS – 2013 ;
- Sélection des agents dangereux à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires des études d'impacts routières et ferroviaires – DGS, InVS, CERTU, SETRA, ADEME - novembre 2004 ;
- Avis de l'ANSES relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières - juillet 2012.

Conformément aux guides méthodologiques cités précédemment, cette démarche est structurée en 4 étapes :

- **L'étape 1 concerne la caractérisation du site et de son environnement.** Dans cette étape, l'environnement du site est décrit et les émissions polluantes, ainsi que les populations sensibles présentes sur le domaine d'étude sont recensées.

Dans le cadre de cette étude, l'étape 1 a été menée dans le chapitre 2 ;

- **L'étape 2 traite de l'identification des dangers et de l'évaluation de la relation dose-réponse.** Elle consiste à identifier les substances susceptibles de générer un effet indésirable pour les populations et à sélectionner, pour chacune de ces substances, les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) disponibles dans la littérature ;
- **L'étape 3 concerne l'évaluation de l'exposition des populations.** Elle consiste à estimer la fréquence, la durée et l'importance de l'exposition des populations.

Dans le cadre de cette étude, les niveaux d'exposition ont été déterminés avec un modèle de dispersion atmosphérique des polluants (cf. chapitre 3) ;

- **L'étape 4 correspond à la caractérisation des risques sanitaires.** Elle constitue l'étape de synthèse et est l'expression qualitative et, si possible, quantitative du risque. Dans cette étape, les résultats sont analysés et les incertitudes sont évaluées.

L'évaluation des risques sanitaires a été conduite dans un objectif de transparence conformément aux trois principes majeurs de la démarche :

- Le principe de prudence, lié aux limites relatives à l'état des connaissances ;
- Le principe de proportionnalité qui veille à ce qu'il y ait cohérence entre le degré d'approfondissement de l'étude, l'importance de la pollution et son incidence prévisible ;
- Le principe de spécificité qui vise à tenir compte au mieux des caractéristiques propres au site, des sources de pollution et des populations cibles.

Les paragraphes suivants présentent cette méthodologie de manière détaillée.

5.2 - Identification des dangers et des scénarios d'exposition

5.2.1 - Considérations générales sur les substances et les valeurs toxicologiques de références

L'exposition de la population aux substances toxiques peut se produire :

- **Par inhalation** (voie respiratoire) pour la plupart des polluants gazeux ou particulaires (poussières, certains métaux...),
- **Par ingestion** (voie orale) pour les polluants particulaires se déposant au sol et présentant un caractère toxique par ingestion (dioxines et furanes, HAP, certains métaux).

L'exposition par ingestion peut être directe lors de l'ingestion de sol contaminé (via les mains et les objets souillés par de la terre et portés à la bouche) ou indirecte lors de l'ingestion d'aliments lorsque les retombées de polluants sont responsables d'une contamination de la chaîne alimentaire.

En termes sanitaires, un danger désigne un 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 prises en compte dans le cadre de cette étude, les effets toxiques ont été étudiés et notamment les effets cancérogènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (altération du patrimoine génétique) et les effets sur la reproduction (reprotoxicité).

En fonction de la durée d'exposition, deux types de risque peuvent être observés :

- **Le risque chronique** correspond à la survenue de troubles liés à une exposition prolongée à de faibles doses. Ils surviennent en général avec un temps de latence qui peut atteindre plusieurs mois, voire des décennies, et sont habituellement irréversibles en l'absence de traitement. Dans ce cas-là, on se réfère à des concentrations en moyennes annuelles.
- **Le risque aigu** correspond à la survenue de troubles liés à une exposition très courte à forte dose. Dans ce cas-là, on se réfère à des concentrations journalières ou à défaut horaires selon les relations dose-réponse disponibles.

Enfin, selon les mécanismes toxiques mis en jeu, deux types d'effets indésirables pour la santé peuvent être classiquement distingués :

- **Les effets survenant à partir d'un seuil** : l'effet survient au-delà d'une dose administrée, pour une durée d'exposition déterminée à une substance isolée. En-deçà de cette dose seuil, on considère qu'aucun effet ne survient. Au-delà, l'intensité de l'effet croît avec l'augmentation de la dose administrée.

Ce sont principalement les effets non cancérigènes, voire les effets non génotoxiques, qui sont classés dans cette famille. Dans le cas d'une exposition par inhalation, la dose seuil s'exprime sous la forme d'une concentration de référence (notée VTR, Valeur Toxicologique de Référence) ;

- **Les effets survenant sans seuil de dose** : l'effet apparaît quelle que soit la dose reçue. La probabilité de survenue croît avec la dose et la durée d'exposition, mais l'intensité de l'effet n'en dépend pas.

Ce sont principalement les effets cancérigènes génotoxiques. Dans le cas d'une exposition par inhalation, la VTR s'exprime alors sous la forme d'un Excès de Risque Unitaire (noté ERUi).

Un ERU de 10^{-4} signifie qu'une personne exposée durant toute sa vie à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de polluant aurait une probabilité supplémentaire de contracter un cancer de 0,0001 (par rapport à un sujet non exposé). Cela signifie aussi que si 10 000 personnes sont exposées, 1 cas de cancer supplémentaire est susceptible d'apparaître. Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) et l'US-EPA ont par ailleurs classé la plupart des composés chimiques en fonction de leur cancérigénicité.

À noter qu'une substance peut produire ces deux types d'effets.

Les VTR sont produites par des experts toxicologues en fonction des données de la littérature, de résultats expérimentaux et d'enquêtes épidémiologiques. Ce travail, qui nécessite une expertise particulière, est confié à des organismes tels que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), l'US-EPA (Environmental Protection Agency) ou l'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry).

Les VTR ne font pas l'objet d'une réglementation spécifique qui fixe les valeurs à retenir. Le choix des VTR est laissé à l'appréciation de l'auteur de l'étude. Néanmoins, le guide de l'InVS [2000] et la DGS [2014] recommandent les critères de choix suivants pour les VTR :

- L'existence d'une VTR ;
- La voie d'exposition en lien avec la voie à évaluer pour le composé considéré ;
- La durée d'exposition (aiguë, subaiguë ou chronique) en lien avec la durée à évaluer dans l'étude ;
- La notoriété de l'organisme dans l'ordre de priorité suivant : ANSES, expertise collective nationale, US-EPA, ATSDR et OMS en tenant compte de la date d'actualisation de la VTR, Santé Canada, RIVM, OEHHA et EFSA.

5.2.2 - Scénario d'exposition

L'étude air et santé liée au projet de réaménagement du quartier Phares&Balises est de niveau I, en raison notamment de la présence de populations sensibles situées au droit du projet (crèche) et de la proximité des deux autoroutes A51 et A8. Ainsi dans le cadre de cette étude, les voies d'exposition par inhalation pour les sites sensibles et les populations riveraines les plus impactées, et par ingestion de sol pour les enfants pour la crèche seront étudiées.

5.2.3 - Choix des traceurs de risque

En conformité avec la note technique relative à la prise en compte des effets sur la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières et du guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières – CEREMA de février 2019, le Tableau 31 présente les substances retenues dans la présente étude par type d'effet pour les voies d'exposition étudiées (inhalation et ingestion). La liste proposée se base sur la note technique du 22 février 2019.

TABLEAU 31 – POLLUANTS RETENUS POUR L'ÉVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

Substances	Exposition aiguë par inhalation	Exposition chronique par inhalation	Exposition chronique par ingestion
Dioxyde d'azote	X	X	
Benzène	X	X	
PM10 et PM2.5	X	X	
1,3-butadiène		X	
Arsenic		X	
Chrome		X	
Nickel		X	
16 HAP (ci-dessous)		X	X
Acénaphène		X	X
Acénaphylène		X	X
Anthracène		X	X
Benzo(a)anthracène		X	X
Benzo(b)fluoranthène		X	X
Benzo(k)fluoranthène		X	X
Benzo(ghi)pérylène		X	X
Chrysène		X	X
Dibenzo(a,h)anthracène		X	X
Benzo(a)pyrène		X	X
Fluorène		X	X
Fluoranthène		X	X
Indéno(1,2,3-cd)pyrène		X	X
Phénanthrène		X	X
Pyrène		X	X
Benzo(j)fluoranthène		X	X

5.2.4 - Choix des relations dose réponse

Pour chacun des traceurs de risque retenus, les Tableau 33 à Tableau 38 présentent les relations dose-réponse (Valeurs Toxicologiques de Références et Valeurs Guides) retenues pour une exposition chronique et aiguë par inhalation pour les effets avec et sans seuil.

Le choix de ces VTR est détaillé en annexe 10.2 - Fiches toxicologiques.

Cas particulier des HAP pour traiter des effets sans seuil

Pour traiter des effets sans seuil des HAP pour les voies d'exposition par inhalation et par ingestion, nous choisissons de retenir l'approche par substances ; le benzo(a)pyrène est alors retenu comme traceur du risque cancérigène pour l'ensemble des HAP et la concentration en équivalents benzo(a)pyrène est calculée selon l'équation :

$$C_{eq\ benzo(a)\ pyrène} = \sum_i (FET)_i C_i$$

Cette méthode permet de tenir compte de l'ensemble des HAP présents dans le mélange et est indiquée comme appropriée pour les gaz d'échappement d'essence par l'INERIS en 2006 dans son rapport « Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs) – Évaluation de la dose réponse pour les effets cancérigènes : approche substance par substance (Facteurs d'Equivalence Toxique – FET) et approche par mélanges – mise à jour 03 janvier 2006. »

Les FET des HAP proposés par l'INERIS, à partir de l'étude et de la synthèse des différentes tables existantes, et en particulier de celle de Nisbet et Lagou (1992), sont présentés dans le Tableau 32.

Pour évaluer le risque sans seuil, le calcul des concentrations et des flux de HAP exprimés en équivalent benzo(a)pyrène est donc réalisé à partir des FET préconisé par l'INERIS.

TABLEAU 32 – FACTEURS D'ÉQUIVALENCE TOXIQUE

Substances	Préconisations INERIS (2006)
Acénaphène	0,001
Acénaphthylène	0,001
Anthracène	0,01
Benzo(a)anthracène	0,1
Benzo(a)pyrène	1,0
Benzo(b)fluoranthène	0,1
Benzo(g,h,i)perylène	0,01
Benzo(k)fluoranthène	0,1
Chrysène	0,01
Coronène	0,001
Cyclopenta(c,d)pyrène	0,1
Dibenzo(a,c)anthracène	0,1
Dibenzo(a,h)anthracène	1
Fluoranthène	0,001
Fluorène	0,001
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	0,1
Naphtalène	0,001

Substances

Préconisations INERIS (2006)

2-méthylnaphtalène	0,001
Phénanthrène	0,001
Pyrène	0,001

TABLEAU 33 – VALEURS GUIDE POUR UNE EXPOSITION CHRONIQUE PAR INHALATION

Polluants	Valeur Guide ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Source	Effets et organes cibles
Dioxyde d'azote	40	OMS - 2005	Effets respiratoires
PM2.5	10	OMS - 2005	Effets respiratoires et mortalité par cancer
PM10	20	OMS - 2005	Effets respiratoires et mortalité par cancer

TABLEAU 34 – VTR POUR UNE EXPOSITION CHRONIQUE PAR INHALATION POUR DES EFFETS À SEUIL

Polluants	VTR chronique ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Source	Effets et organes cibles
Benzène	10	ATSDR – 2007	Effets immunologiques (diminution du nombre de lymphocytes circulants)
1,3-butadiène	2	US-EPA – 2002 OEHHA – 2013	Ovaires (atrophie)
Nickel	0,09	ATSDR – 2005	Effets pulmonaires
Chrome VI	0,03	OMS – 2013	Effets pulmonaires
Arsenic	0,015	OEHHA – 2008	Diminution de la capacité intellectuelle chez les enfants
Benzo(a)pyrène	0,002	US-EPA – 2017	Effets sur le développement
Autres HAP		Pas de VTR	

TABLEAU 35 – ERU POUR UNE EXPOSITION CHRONIQUE PAR INHALATION POUR DES EFFETS SANS SEUIL

Polluants	ERU ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	Source	Effets et organes cibles
Benzène	$2,6 \cdot 10^{-5}$	ANSES – 2014	Leucémie
1,3-butadiène	$3,1 \cdot 10^{-5}$	US-EPA - 2002	Leucémie
Nickel	$2,6 \cdot 10^{-4}$	OEHHA - 2011	Cancer pulmonaire
Chrome VI	$4 \cdot 10^{-2}$	OMS CICAD – 2013	Cancer du poumon
Arsenic	$4,3 \cdot 10^{-3}$	US-EPA - 1998	Cancer du poumon
Benzo(a)pyrène	$6 \cdot 10^{-4}$	US-EPA – 2017	Cancer de la région gastro-intestinale et de l'appareil respiratoire supérieur

TABLEAU 36 – VTR POUR UNE EXPOSITIN AIGUË PAR INHALATION

Polluants	VTR aiguë ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Source	Effets et organes cibles
Dioxyde d'azote (1h)	200	OMS - 2000	Effets respiratoires
PM10 (24h)	50	OMS - 2005	Effets respiratoires et mortalité par cancer
PM2.5 (24h)	25	OMS - 2005	Effets respiratoires et mortalité par cancer

TABLEAU 37 – VTR POUR UNE EXPOSITION CHRONIQUE PAR INGESTION POUR DES EFFETS À SEUIL

HAP	VTR _o chronique (mg/kg pc/j)	Source	Effets et organes cibles
Benzo(a)pyrène	$3 \cdot 10^{-4}$	US-EPA - 2017	Effet sur le développement (y compris neurologique)
Acénaphène	$6 \cdot 10^{-2}$	US-EPA 1990	Effets hépatiques
Anthracène	$3 \cdot 10^{-1}$	US-EPA 1990	Pas d'effets observés
Benzo(ghi)pérylène	$3 \cdot 10^{-2}$	RIVM 2001	Effets critiques non spécifiés
Fluorène	$4 \cdot 10^{-2}$	US-EPA 1990	Effets hématologiques, hépatiques et cardiaques
Fluoranthène	$4 \cdot 10^{-2}$	US-EPA 1990	Effets hématologiques
Phénanthrène	$4 \cdot 10^{-2}$	RIVM 2001	Effets critiques non spécifiés
Pyrène	$3 \cdot 10^{-2}$	US-EPA 1993	Effets rénaux
Autres HAP		Pas de VTR	

TABLEAU 38 – ERU POUR UNE EXPOSITION CHRONIQUE PAR INGESTION POUR DES EFFETS SANS SEUIL

HAP	ERU _o (mg/kg pc/j) ⁻¹	Source	Effets et organes cibles
Benzo(a)pyrène	1	US-EPA - 2017	Cancer de l'estomac, trachée et œsophage

5.3 - Évaluation de l'exposition des populations

L'évaluation quantitative des expositions consiste à estimer les doses de substances auxquelles les populations (y compris les populations sensibles) sont les plus exposées.

5.3.1 - Paramètres d'exposition

Dans le cadre de cette étude, les scénarios d'exposition retenus correspondent aux populations sensibles et aux populations riveraines les plus exposées identifiées sur la Figure 37.

- Scénario 1 : Teneurs au droit des riverains les plus impactés par le projet à une hauteur de 0 m
- Scénario 2 : Teneurs au droit des riverains les plus impactées hors du projet à une hauteur de 0m (proche de l'A51) ;
- Scénario 3 : Teneurs au droit de la crèche aux abords du projet ;
- Scénario 4 : Teneurs au droit des riverains les plus impactés par le projet à une hauteur de 12m ;
- Scénario 5 : Teneurs au droit des riverains les plus impactés par le projet à une hauteur de 15m

L'exposition par inhalation est étudiée pour tous les scénarios.

L'exposition par ingestion sera étudiée pour le scénario 3 en considérant comme cible les enfants de la crèche Pom' d'Happy. Cette voie d'exposition n'est pas retenue pour les populations riveraines car aucun jardin potager n'a été identifié au niveau des riverains étudiés.

Les paramètres d'exposition retenus sont présentés dans le Tableau 39.

TABLEAU 39 – PARAMÈTRES D'EXPOSITION DANS LE CADRE DE L'EQRS POUR UNE EXPOSITION PAR INHALATION ET PAR INGESTION

Paramètres	Hypothèses de scénarios retenues
Concentration d'exposition	<p>Scénario 1 : teneurs au droit des riverains les plus impactés par le projet à 0m</p> <p>Scénario 2 : teneurs au droit des riverains les plus impactées hors du projet à 0m</p> <p>Scénario 3 : teneurs au droit de la crèche aux abords du projet</p> <p>Scénario 4 : teneurs au droit des riverains les plus impactés par le projet à 12m</p> <p>Scénario 5 : teneurs au droit des riverains les plus impactés par le projet à 15m</p>
F inhalation	<p>Scénarios 1, 2, 4, 5: F = 1</p> <p>Scénario 3 : F = 0,26</p>
F ingestion	<p>Scénario 3 : F = 0,63</p>
T (cas des effets sans seuils)	<p>Scénario 3 : T = 3 ans</p> <p>Scénarios 1, 2, 4, 5 : T = 30 ans</p>

La fréquence annuelle d'exposition (F) : Pour le scénario 3, les données (reprises par l'INERIS) sont issues de l'étude Gauvin (2001) soit $F = 0,12$ (unités de temps d'exposition : l'heure). Pour les scénarios 1, 2, 4 et 5, l'exposition est considérée comme continue 24 h/j et 365 j/an, soit $F = 1$.

La durée d'exposition (T) : Pour le scénario 3, les données sont issues de l'étude Gauvin citée ci-dessus, la durée d'exposition est fixée à 3 ans pour une école primaire (maternelle + élémentaire). Pour les scénarios 1, 2, 4 et 5, le temps d'exposition est fixé à 30 ans. En effet, des études montrent que le temps de résidence moyen d'un ménage dans un même logement est de 30 ans (percentile 90 – étude réalisée en France [Nedellec et al, 1998], percentile 95 de la distribution donnée dans l'Exposure Factor Handbook).

FIGURE 37 – LOCALISATION DES POINTS RÉCÉPTEURS



Il est important de noter que les Habitations dans l'emprise du projet sont toutes situées sur le même bâtiment à 0, 12 et 15m en fonction de la hauteur du toit de l'infrastructure.

TABLEAU 40 – SCÉNARIOS UTILISÉS POUR L'ERS

Scénario	Nom du point récepteur
1	Riverains projet les plus impactés à h= 0 m
2	Riverains hors projet les plus impactés h= 0 m
3	Crèche Pom d'Happy
4	Riverains les plus impactés à h= 12 m
5	Riverains les plus impactés à h= 15 m

5.3.2 - Évaluation de l'exposition par inhalation

Pour évaluer l'exposition par inhalation une pénétration dans l'organisme de la totalité des substances inhalées est considérée.

En exposition chronique, la concentration d'exposition ou concentration inhalée est déduite de l'équation suivante :

$$CI = Cair \times F$$

avec :

- CI : concentration inhalée par la cible, exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- Cair : concentration en polluant dans l'air en moyenne annuelle, exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et estimée à partir de la modélisation de la dispersion atmosphérique ;
- F : fréquence annuelle d'exposition à la concentration Cair.

En exposition aiguë, la concentration inhalée est la concentration maximale d'exposition (percentiles) sur la durée d'exposition (1h ou 24 h selon la substance).

Le Tableau 41 et les Tableau 42 et Tableau 43 présentent respectivement les concentrations d'exposition associées à l'impact du projet et les concentrations maximales en expositions aiguë pour le NO₂ et les Particules Fines, pour les 5 états considérés (2020, 2025 et 2030 avec et sans projet). Les valeurs des bruit de fond (BF) considérées dans l'étude sont présentés dans le Tableau 44. En l'absence de cette indication, aucun bruit de fond n'a été retenu. Les teneurs en bruit de fond sont les valeurs mesurées lors des campagne de mesures Egis :

- En octobre 2019 pour les métaux (hors Chrome VI), les Particules Fines, le monoxyde carbone, le dioxyde de soufre, le benzène et le 1,3-butadiène. (Campagne de la ZAC de la Constance)
- En juillet et Novembre 2020 pour le dioxyde d'azote (Campagne Phares&Balises)
- En Janvier 2021 pour le Chrome VI (Nouvelle Campagne de la ZAC de la Constance)

Il est à noter que la valeur de bruit de fond pour le chrome VI est prise égale à $0.3\text{ng}/\text{m}^3$ comme valeur majorante en référence à la campagne de mesure effectué par Egis en Janvier 2021.

La concentration en eq benzo(a)pyrène a été calculée à partir des éléments présentés au paragraphe 5.3 - sur les HAP.

TABEAU 41- CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES D'EXPOSITION POUR LES SUBSTANCES TRACEURS DU RISQUE PAR INHALATION EN EXPOSITION CHRONIQUE

Traceur de risque	Unité	État	Riverains avec projet les plus impactés à 0m	Crèche Pom d'Happy	Riverains les plus impactés à 12m	Riverains les plus impactés à 15m	Riverains hors projet les plus impactés à 0m
Dioxyde d'azote	µg/m³	Etat de Référence	41,32	10,10	36,66	33,05	42,97
		Etat Fil de l'eau	33,80	8,28	30,18	27,51	34,97
		Etat Projeté	33,81	8,28	30,19	27,52	34,99
		Etat Fil de l'eau +5ans	28,68	7,07	25,97	24,03	29,51
		Etat Projeté +5 ans	28,68	7,07	25,97	24,03	29,51
PM₁₀	µg/m³	Etat de Référence	15,66	4,00	15,11	14,72	15,93
		Etat Fil de l'eau	15,66	4,00	15,11	14,72	15,93
		Etat Projeté	15,67	4,00	15,11	14,73	15,93
		Etat Fil de l'eau +5ans	15,42	3,94	14,92	14,58	15,65
		Etat Projeté +5 ans	15,42	3,94	14,92	14,58	15,65
PM_{2,5}	µg/m³	Etat de Référence	10,15	2,59	9,79	9,54	10,33
		Etat Fil de l'eau	10,15	2,59	9,79	9,54	10,33
		Etat Projeté	10,16	2,59	9,79	9,54	10,33
		Etat Fil de l'eau +5ans	9,91	2,53	9,60	9,39	10,05
		Etat Projeté +5 ans	9,91	2,54	9,60	9,39	10,05
Monoxyde de carbone	µg/m³	Etat de Référence	19,47	4,39	14,75	11,46	21,88
		Etat Fil de l'eau	13,27	2,98	10,05	7,80	14,81
		Etat Projeté	13,28	2,98	10,05	7,81	14,82
		Etat Fil de l'eau +5ans	10,58	2,36	7,99	6,20	11,64
		Etat Projeté +5 ans	10,58	2,37	7,99	6,20	11,64
COVNM	µg/m³	Etat de Référence	1,07	0,24	0,81	0,63	1,21
		Etat Fil de l'eau	0,53	0,12	0,40	0,31	0,61
		Etat Projeté	0,53	0,12	0,40	0,31	0,61
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,34	0,08	0,26	0,20	0,39
		Etat Projeté +5 ans	0,34	0,08	0,26	0,20	0,39
Benzène	µg/m³	Etat de Référence	0,71	0,18	0,70	0,70	0,71
		Etat Fil de l'eau	0,69	0,18	0,69	0,69	0,69
		Etat Projeté	0,69	0,18	0,69	0,69	0,69
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,69	0,18	0,69	0,69	0,69
		Etat Projeté +5 ans	0,69	0,18	0,69	0,69	0,69
1,3-butadiène	µg/m³	Etat de Référence	0,09	0,02	0,08	0,08	0,09
		Etat Fil de l'eau	0,08	0,02	0,08	0,08	0,08
		Etat Projeté	0,08	0,02	0,08	0,08	0,08
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,08	0,02	0,08	0,07	0,08
		Etat Projeté +5 ans	0,08	0,02	0,08	0,07	0,08
Dioxyde de soufre	µg/m³	Etat de Référence	0,38	0,09	0,29	0,22	0,43
		Etat Fil de l'eau	0,37	0,08	0,28	0,22	0,42
		Etat Projeté	0,37	0,08	0,28	0,22	0,42
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,36	0,08	0,27	0,21	0,41
		Etat Projeté +5 ans	0,36	0,08	0,27	0,21	0,41
Arsenic	ng/m³	Etat de Référence	0,30	0,08	0,30	0,30	0,30
		Etat Fil de l'eau	0,30	0,08	0,30	0,30	0,30
		Etat Projeté	0,30	0,08	0,30	0,30	0,30
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,30	0,08	0,30	0,30	0,30
		Etat Projeté +5 ans	0,30	0,08	0,30	0,30	0,30
Nickel	ng/m³	Etat de Référence	2,71	0,70	2,71	2,71	2,71
		Etat Fil de l'eau	2,71	0,70	2,71	2,71	2,71
		Etat Projeté	2,71	0,70	2,71	2,71	2,71
		Etat Fil de l'eau +5ans	2,71	0,70	2,71	2,71	2,71
		Etat Projeté +5 ans	2,71	0,70	2,71	2,71	2,71
Chrome	ng/m³	Etat de Référence	2,43	0,63	2,42	2,42	2,43
		Etat Fil de l'eau	2,43	0,63	2,42	2,42	2,43
		Etat Projeté	2,43	0,63	2,42	2,42	2,43
		Etat Fil de l'eau +5ans	2,43	0,63	2,42	2,42	2,43
		Etat Projeté +5 ans	2,43	0,63	2,42	2,42	2,43
Chrome VI	ng/m³	Etat de Référence	0,33	0,08	0,32	0,32	0,33
		Etat Fil de l'eau	0,33	0,08	0,32	0,32	0,33
		Etat Projeté	0,33	0,08	0,32	0,32	0,33
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,33	0,08	0,32	0,32	0,33
		Etat Projeté +5 ans	0,33	0,08	0,32	0,32	0,33
Benzo(a)pyrène	ng/m³	Etat de Référence	0,08	0,02	0,06	0,05	0,08
		Etat Fil de l'eau	0,07	0,01	0,05	0,04	0,07
		Etat Projeté	0,07	0,01	0,05	0,04	0,07
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,06	0,01	0,05	0,04	0,06
		Etat Projeté +5 ans	0,06	0,01	0,05	0,04	0,06
Benzo(a)anthracène	ng/m³	Etat de Référence	0,14	0,03	0,11	0,08	0,15
		Etat Fil de l'eau	0,12	0,03	0,09	0,07	0,13
		Etat Projeté	0,12	0,03	0,09	0,07	0,13
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,10	0,02	0,08	0,06	0,11
		Etat Projeté +5 ans	0,10	0,02	0,08	0,06	0,11

		Etat de Référence	0,11	0,03	0,09	0,07	0,13
		Etat Fil de l'eau	0,10	0,02	0,08	0,06	0,12
Benzo(b)fluoranthène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	0,10	0,02	0,08	0,06	0,12
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,09	0,02	0,07	0,06	0,11
		Etat Projeté +5 ans	0,09	0,02	0,07	0,06	0,11
		Etat de Référence	0,10	0,02	0,08	0,06	0,11
Benzo(k)fluoranthène	<i>ng/m³</i>	Etat Fil de l'eau	0,09	0,02	0,07	0,05	0,10
		Etat Projeté	0,09	0,02	0,07	0,05	0,10
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,08	0,02	0,06	0,05	0,09
		Etat Projeté +5 ans	0,08	0,02	0,06	0,05	0,09
Benzo(ghi)pérylène	<i>ng/m³</i>	Etat de Référence	0,15	0,03	0,12	0,09	0,17
		Etat Fil de l'eau	0,14	0,03	0,11	0,09	0,15
		Etat Projeté	0,14	0,03	0,11	0,09	0,15
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,13	0,03	0,10	0,08	0,14
Benzo(j)fluoranthène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté +5 ans	0,13	0,03	0,10	0,08	0,14
		Etat de Référence	0,09	0,02	0,07	0,06	0,11
		Etat Fil de l'eau	0,10	0,02	0,08	0,07	0,13
		Etat Projeté	0,10	0,02	0,08	0,07	0,13
Acénaphthène	<i>ng/m³</i>	Etat Fil de l'eau +5ans	0,11	0,03	0,09	0,07	0,14
		Etat Projeté +5 ans	0,11	0,03	0,09	0,07	0,14
		Etat de Référence	1,30	0,28	1,02	0,79	1,39
		Etat Fil de l'eau	1,01	0,22	0,79	0,62	1,08
Acénaphthylène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	1,01	0,22	0,80	0,62	1,08
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,76	0,17	0,60	0,47	0,82
		Etat Projeté +5 ans	0,76	0,17	0,60	0,47	0,82
		Etat de Référence	0,97	0,21	0,76	0,59	1,04
Anthracène	<i>ng/m³</i>	Etat Fil de l'eau	0,76	0,17	0,59	0,46	0,81
		Etat Projeté	0,76	0,17	0,59	0,46	0,81
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,57	0,13	0,45	0,35	0,61
		Etat Projeté +5 ans	0,57	0,13	0,45	0,35	0,61
Chrysène	<i>ng/m³</i>	Etat de Référence	0,17	0,04	0,14	0,11	0,20
		Etat Fil de l'eau	0,20	0,04	0,16	0,12	0,22
		Etat Projeté	0,20	0,04	0,16	0,12	0,22
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,21	0,05	0,17	0,13	0,24
Dibenzo(a,h)anthracène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté +5 ans	0,21	0,05	0,17	0,13	0,24
		Etat de Référence	0,29	0,06	0,23	0,18	0,33
		Etat Fil de l'eau	0,25	0,06	0,20	0,16	0,29
		Etat Projeté	0,25	0,06	0,20	0,16	0,29
Fluorène	<i>ng/m³</i>	Etat Fil de l'eau +5ans	0,22	0,05	0,17	0,14	0,25
		Etat Projeté +5 ans	0,22	0,05	0,17	0,14	0,25
		Etat de Référence	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02
		Etat Fil de l'eau	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02
Fluoranthène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
		Etat Projeté +5 ans	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
		Etat de Référence	0,22	0,05	0,18	0,14	0,29
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	<i>ng/m³</i>	Etat Fil de l'eau	0,22	0,05	0,18	0,14	0,29
		Etat Projeté	0,22	0,05	0,18	0,14	0,29
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,22	0,05	0,18	0,14	0,29
		Etat Projeté +5 ans	0,22	0,05	0,18	0,14	0,29
Phénanthrène	<i>ng/m³</i>	Etat de Référence	1,28	0,28	1,01	0,78	1,39
		Etat Fil de l'eau	1,15	0,25	0,91	0,70	1,26
		Etat Projeté	1,15	0,26	0,91	0,71	1,26
		Etat Fil de l'eau +5ans	1,03	0,23	0,81	0,63	1,13
Pyrène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté +5 ans	1,03	0,23	0,81	0,63	1,13
		Etat de Référence	0,08	0,02	0,06	0,05	0,09
		Etat Fil de l'eau	0,07	0,02	0,06	0,04	0,08
		Etat Projeté	0,07	0,02	0,06	0,04	0,08
Fluoranthène	<i>ng/m³</i>	Etat Fil de l'eau +5ans	0,07	0,01	0,05	0,04	0,07
		Etat Projeté +5 ans	0,07	0,01	0,05	0,04	0,07
		Etat de Référence	2,51	0,55	1,98	1,53	2,71
		Etat Fil de l'eau	2,38	0,53	1,88	1,46	2,58
Phénanthrène	<i>ng/m³</i>	Etat Projeté	2,39	0,53	1,88	1,46	2,58
		Etat Fil de l'eau +5ans	2,24	0,49	1,76	1,37	2,42
		Etat Projeté +5 ans	2,24	0,50	1,77	1,37	2,42
		Etat de Référence	1,19	0,26	0,94	0,73	1,31
Pyrène	<i>ng/m³</i>	Etat Fil de l'eau	1,01	0,22	0,80	0,62	1,12
		Etat Projeté	1,01	0,22	0,80	0,62	1,12
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,86	0,19	0,68	0,53	0,95
		Etat Projeté +5 ans	0,86	0,19	0,68	0,53	0,95

Source : Egis

TABLEAU 42 - CONCENTRATIONS MAXIMALES D'EXPOSITION POUR LES SUBSTANCES TRACEURS DU RISQUE PAR INHALATION EN EXPOSITION AIGUË (1/2)

Traceur de risque	Unité	État	Riverains avec projet les plus impactés à 0m	Crèche Pom d'Happy	Riverains les plus impactés à 12m
Dioxyde d'azote	µg/m³	Etat de Référence	61,70	58,31	50,51
		Etat Fil de l'eau	47,78	44,09	36,97
		Etat Projeté	47,78	44,09	36,97
		Etat Fil de l'eau +5ans	36,18	32,68	26,82
		Etat Projeté +5ans	36,18	32,68	26,82
PM₁₀	µg/m³	Etat de Référence	21,82	20,96	19,31
		Etat Fil de l'eau	21,82	20,96	19,31
		Etat Projeté	21,82	20,96	19,31
		Etat Fil de l'eau +5ans	20,89	20,12	18,65
		Etat Projeté +5ans	20,89	20,12	18,65
PM_{2,5}	µg/m³	Etat de Référence	14,19	13,62	12,54
		Etat Fil de l'eau	14,19	13,62	12,54
		Etat Projeté	14,19	13,62	12,54
		Etat Fil de l'eau +5ans	13,27	12,79	11,89
		Etat Projeté +5ans	13,27	12,79	11,89

TABLEAU 43 - CONCENTRATIONS MAXIMALES D'EXPOSITION POUR LES SUBSTANCES TRACEURS DU RISQUE PAR INHALATION EN EXPOSITION AIGUË (2/2)

Traceur de risque	Unité	État	Riverains les plus impactés à 15m	Riverains hors projet les plus impactés à 0m
Dioxyde d'azote	µg/m³	Etat de Référence	44,44	65,23
		Etat Fil de l'eau	31,43	51,46
		Etat Projeté	31,43	51,46
		Etat Fil de l'eau +5ans	22,19	39,48
		Etat Projeté +5ans	22,19	39,48
PM₁₀	µg/m³	Etat de Référence	18,14	23,63
		Etat Fil de l'eau	18,14	23,63
		Etat Projeté	18,14	23,63
		Etat Fil de l'eau +5ans	17,61	22,48
		Etat Projeté +5ans	17,61	22,48
PM_{2,5}	µg/m³	Etat de Référence	11,78	15,37
		Etat Fil de l'eau	11,78	15,37
		Etat Projeté	11,78	15,37
		Etat Fil de l'eau +5ans	11,26	14,24
		Etat Projeté +5ans	11,26	14,24

TABLEAU 44 – BRUIT DE FOND POUR CHAQUE POLLUANT ÉTUDIÉ

Polluant	Unité	BF
Dioxyde d'azote	µg/m ³	16,9
PM10	µg/m ³	13,4
PM2,5	µg/m ³	8,67
Dioxyde de soufre	µg/m ³	1,3
Benzène	µg/m ³	0,68
1,3-Butadiène	µg/m ³	0,07
Monoxyde de carbone	µg/m ³	0
Nickel	ng/m ³	2,7
Chrome	ng/m ³	2,4
Chrome VI	ng/m ³	< 0,3
Arsenic	ng/m ³	0,3

5.3.3 - Évaluation de l'exposition par ingestion

L'exposition des populations par ingestion (calcul des doses journalières d'exposition) est estimée à partir du protocole HHRAP¹³ (2005) en considérant l'ingestion directe de sol (via les mains et les objets souillés par de la terre et portés à la bouche) pour les enfants de la crèche.

Les étapes de calcul des concentrations de polluant dans les sols ainsi que les doses ingérées sont présentées ci-après.

5.3.3.1 - Estimation des concentrations en polluants dans les sols

La concentration dans le sol en polluants est estimée à partir de l'équation ci-dessous :

$$C_{St} = \frac{D_t \times (1 - e^{-k.t})}{\mu \times Z \times k}$$

Avec :

- C_{St} : Concentration de polluant dans le sol pour une durée d'exposition t , avec $C_{S0} = 0$ à l'instant $t = 0$ (exprimée en mg de polluant/kg de sol) ;
- D_t : Flux de dépôts de polluant au sol (exprimé en mg de polluant/m² de surface au sol/an) ;
- k : Constante d'atténuation liée aux phénomènes d'érosion, de ruissellement, de volatilisation, de lixiviation et de dégradation (an⁻¹) ;
- t : Durée d'accumulation des dépôts au sol (an) ;
- μ : Masse volumique du sol (kg de sol / m³ de sol) ;
- Z : Épaisseur de la couche de sol où s'accumule le polluant (m de sol).

Conformément aux recommandations de l'US-EPA [HHRAP, 2005], la valeur de la constante d'atténuation k retenue est égale à 0 pour l'ensemble des polluants considérés, ce qui nous amène à utiliser la formule de calcul suivant :

$$C_{St} = \frac{D_t}{\mu \times Z} \times t$$

La densité du sol retenue dans le cadre de cette étude est de 1,3 g/cm³ [INERIS, 2003].

La concentration de polluant dans le sol est calculée pour une profondeur de sol Z de 1 cm pour les scénarios d'ingestion directe de sol par l'homme [HHRAP, 2005].

Les flux de dépôts au sol sont ramenés dans cette étude à 30 ans d'émissions des infrastructures routières. Ainsi, en retenant une valeur t égale à 30 ans, la concentration C_{S30} calculée correspond à la concentration en polluants dans le sol, liée à l'accumulation des dépôts au sol au bout de 30 ans d'émissions des infrastructures routières. Cette concentration est retenue pour tous les scénarios étudiés.

Les flux de dépôts au sol issus de la modélisation pour les 5 états considérés et pour les points récepteurs retenus dans l'environnement sont présentés dans le Tableau 45.

TABLEAU 45 – FLUX DE DÉPÔTS AU SOL POUR LES TRACEURS HAP

Traceurs de risques HAP	État	Flux de dépôts au sol ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)
		Crèche Pom d'Happy
Benzo(a)pyrène	Etat de Référence	2,46E-07
	Etat Fil de l'eau	2,12E-07
	Etat Projeté	2,12E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	1,82E-07
	Etat Projeté +5ans	1,82E-07
Eq benzo(a)pyrène	Etat de Référence	4,69E-07
	Etat Fil de l'eau	4,08E-07
	Etat Projeté	4,09E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	8,04E-07
	Etat Projeté +5ans	7,67E-07
Acénaphène	Etat de Référence	4,09E-06
	Etat Fil de l'eau	3,19E-06
	Etat Projeté	3,19E-06
	Etat Fil de l'eau +5ans	2,41E-06
	Etat Projeté +5ans	2,42E-06
Acénaphylène	Etat de Référence	3,06E-06
	Etat Fil de l'eau	2,38E-06
	Etat Projeté	2,39E-06
	Etat Fil de l'eau +5ans	1,80E-06
	Etat Projeté +5ans	1,81E-06
Anthracène	Etat de Référence	5,58E-07
	Etat Fil de l'eau	6,32E-07
	Etat Projeté	6,33E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	6,83E-07
	Etat Projeté +5ans	6,84E-07
Benzo(a)anthracène	Etat de Référence	4,32E-07
	Etat Fil de l'eau	3,73E-07

	Etat Projeté	3,73E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	3,20E-07
	Etat Projeté +5ans	3,21E-07
	Etat de Référence	3,61E-07
	Etat Fil de l'eau	3,28E-07
Benzo(b)fluoranthène	Etat Projeté	3,29E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	2,99E-07
	Etat Projeté +5ans	3,00E-07
	Etat de Référence	3,12E-07
	Etat Fil de l'eau	2,80E-07
Benzo(k)fluoranthène	Etat Projeté	2,80E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	2,52E-07
	Etat Projeté +5ans	2,52E-07
	Etat de Référence	4,84E-07
	Etat Fil de l'eau	4,47E-07
Benzo(ghi)pérylène	Etat Projeté	4,48E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	4,12E-07
	Etat Projeté +5ans	4,12E-07
	Etat de Référence	8,07E-07
	Etat Fil de l'eau	7,06E-07
Chrysène	Etat Projeté	7,07E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	5,54E-08
	Etat Projeté +5ans	4,55E-08
	Etat de Référence	4,56E-08
	Etat Fil de l'eau	3,70E-08
Dibenzo(a,h)anthracène	Etat Projeté	3,70E-08
	Etat Fil de l'eau +5ans	4,84E-07
	Etat Projeté +5ans	4,47E-07
	Etat de Référence	7,41E-07
	Etat Fil de l'eau	7,41E-07
Fluorène	Etat Projeté	7,41E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	7,41E-07
	Etat Projeté +5ans	7,41E-07
	Etat de Référence	4,05E-06
	Etat Fil de l'eau	3,65E-06
Fluoranthène	Etat Projeté	3,66E-06
	Etat Fil de l'eau +5ans	3,28E-06
	Etat Projeté +5ans	3,28E-06
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	Etat de Référence	2,50E-07

	Etat Fil de l'eau	2,29E-07
	Etat Projeté	2,29E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	2,10E-07
	Etat Projeté +5ans	2,10E-07
Phénanthrène	Etat de Référence	7,93E-06
	Etat Fil de l'eau	7,54E-06
	Etat Projeté	7,55E-06
	Etat Fil de l'eau +5ans	7,10E-06
	Etat Projeté +5ans	7,11E-06
Pyrène	Etat de Référence	3,77E-06
	Etat Fil de l'eau	3,22E-06
	Etat Projeté	3,22E-06
	Etat Fil de l'eau +5ans	2,74E-06
	Etat Projeté +5ans	2,74E-06
Benzo(j)fluoranthène	Etat de Référence	2,99E-07
	Etat Fil de l'eau	3,41E-07
	Etat Projeté	3,41E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	3,72E-07
	Etat Projeté +5ans	3,72E-07

Source : EGIS

5.3.3.2 - Estimation des doses ingérées

L'exposition en polluant par ingestion est exprimée par la Dose Journalière d'Exposition (DJE), qui s'exprime en mg de substance par kg de masse corporelle et par jour (mg/kg pc/j), selon la formule :

$$DJE = \frac{\sum_i C_i \times Q_i \times F}{P}$$

Avec :

- Ci : Concentration en polluant dans le milieu i d'exposition (sol) calculée selon les équations présentées dans le chapitre précédent,
- Qi : Quantité de milieu i d'exposition administrée par la voie orale par jour,
- F : Fréquence annuelle d'exposition (présentée dans le Tableau 39)
- P : Poids corporel de la cible (kg).

L'apport de chaque polluant via l'ingestion de sol et de poussières a été estimé en considérant les quantités de terre ingérées par enfant selon les données de l'US-EPA [2011].

La source de données françaises la plus récente pour le poids corporel est l'enquête décennale santé 2002-2003 de l'INSEE Ces résultats sont disponibles dans l'article de Tanguy [2007].

L'ensemble de ces paramètres liés aux caractéristiques de la population est fourni en annexe 10.3. Les doses ingérées ainsi estimées sont présentées dans le Tableau 46.

TABLEAU 46 - DOSE JOURNALIÈRE D'EXPOSITION DES ENFANTS POUR LES TRACEURS DE RISQUE CONSIDÉRÉS PAR INGESTION EN EXPOSITION CHRONIQUE

Traceurs de risques HAP	État	Dose journalière d'exposition (mg/kg pc/j) enfant
		Crèche Pom d'Happy
Benzo(a)pyrène	Etat de Référence	1,41E-07
	Etat Fil de l'eau	1,21E-07
	Etat Projeté	1,21E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	1,04E-07
	Etat Projeté +5ans	1,04E-07
Eq benzo(a)pyrène	Etat de Référence	2,69E-07
	Etat Fil de l'eau	2,34E-07
	Etat Projeté	2,34E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	4,61E-07
	Etat Projeté +5ans	4,40E-07
Acénaphène	Etat de Référence	2,34E-06
	Etat Fil de l'eau	1,83E-06
	Etat Projeté	1,83E-06
	Etat Fil de l'eau +5ans	1,38E-06
	Etat Projeté +5ans	1,38E-06
Anthracène	Etat de Référence	1,15E-07
	Etat Fil de l'eau	1,30E-07
	Etat Projeté	1,31E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	1,41E-07
	Etat Projeté +5ans	1,41E-07
Benzo(ghi)pérylène	Etat de Référence	2,77E-07
	Etat Fil de l'eau	2,56E-07
	Etat Projeté	2,57E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	2,36E-07
	Etat Projeté +5ans	2,36E-07
Fluorène	Etat de Référence	4,24E-07
	Etat Fil de l'eau	4,24E-07
	Etat Projeté	4,24E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	4,24E-07
	Etat Projeté +5ans	4,24E-07
Fluoranthène	Etat de Référence	2,32E-06
	Etat Fil de l'eau	2,09E-06
	Etat Projeté	2,10E-06

	Etat Fil de l'eau +5ans	1,88E-06
	Etat Projeté +5ans	1,88E-06
Phénanthrène	Etat de Référence	4,54E-06
	Etat Fil de l'eau	4,32E-06
	Etat Projeté	4,33E-06
	Etat Fil de l'eau +5ans	4,07E-06
	Etat Projeté +5ans	4,07E-06
Pyrène	Etat de Référence	2,16E-06
	Etat Fil de l'eau	1,84E-06
	Etat Projeté	1,84E-06
	Etat Fil de l'eau +5ans	1,57E-06
	Etat Projeté +5ans	1,57E-06

Source : EGIS

5.4 - Caractérisation de risques sanitaires en exposition chronique

5.4.1 - Caractérisation du risque par inhalation

Pour les polluants à effets à seuil faisant suite à une exposition par inhalation, la possibilité d'effets toxiques pour les populations exposées est matérialisée par le calcul du Quotient de Danger (QD), selon la formule suivante :

$$QD = CI / VTR$$

Avec :

- CI : concentration moyenne d'exposition inhalée, exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'air inhalé,
- VTR : valeur toxicologique de référence pour les effets à seuil choisie dans cette évaluation, exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'air inhalé, pour une exposition chronique par inhalation.

En termes d'interprétation, lorsque le quotient de danger est inférieur à 1, la survenue d'effet à seuil paraît peu probable, même pour les populations sensibles. Au-delà de 1, la possibilité d'apparition d'effets ne peut être exclue. À titre d'illustration, un QD égal à 2 signifie que la dose d'exposition est deux fois plus élevée que la VTR et non pas qu'il y a deux fois plus de risque de voir l'effet se manifester.

Pour les polluants à effets sans seuil (cancérogènes génotoxiques), on calcule un Excès de Risque Individuel (ERI), correspondant à la probabilité supplémentaire, par rapport au risque de base, de survenue d'un cancer au cours d'une vie entière pour les concentrations réelles d'exposition. L'Excès de Risque Individuel est calculé par la formule suivante :

$$ERI = ERU \times CI \times T/Tm$$

Avec :

- ERU : Excès de Risque Unitaire par inhalation pour une vie entière (conventionnellement 70 ans). C'est la probabilité de survenue d'un cancer, au cours de l'exposition d'un individu durant sa vie entière à la concentration de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- T : durée d'exposition en années définie dans le Tableau 39;
- Tm : durée de vie, fixée conventionnellement à 70 ans ;
- CI : concentration d'exposition (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

En terme d'interprétation, de façon à apprécier le risque cancérigène, caractérisé par l'Excès de Risque Individuel, l'US-EPA prend en considération un risque repère de 10^{-6} pour un risque collectif touchant l'ensemble d'une population, et une valeur maximale de 10^{-4} pour juger du risque auquel un individu peut être exposé. L'ATSDR utilise souvent un intervalle de 10^{-4} à 10^{-6} pour l'excès de risque de cancer vie entière pour déterminer s'il y a une préoccupation particulière pour le risque cancérigène.

Pour sa part, la circulaire DGS et DGPR du 09/08/13 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation mentionne la valeur de 10^{-5} comme critère d'acceptabilité de l'évaluation de risque sanitaire.

Dans le cadre de cette étude, nous retenons donc la valeur de 10^{-5} comme critère d'acceptabilité de l'Excès de Risque Individuel (ERI).

Que représente l'Excès de Risque Unitaire (ERUi) ?

L'ERUi correspond à la probabilité supplémentaire de survenue de l'effet sans seuil (cancer génotoxique) pour l'individu exposé durant sa vie entière, en plus de la probabilité de le développer uniquement à cause de la pollution de fond. C'est en ce sens que l'on parle d'excès de risque.

Comment interpréter l'Excès de Risque Individuel (ERI) ?

L'ERI est la probabilité que l'individu exposé développe au cours de sa vie l'effet associé à une exposition limitée dans le temps à un agent dangereux, compte tenu de sa dose journalière d'exposition et de l'excès de risque unitaire (ERUi) de la substance étudiée.

Par exemple, un ERI de 0.0001 signifie qu'un individu exposé toute sa vie à une substance cancérigène a 1 chance sur 10 000 de contracter un cancer lié à cette substance. Autrement dit, sur une population de 10 000 habitants, cette substance va être à l'origine d'un cas de cancer supplémentaire.

5.4.1.1 - Polluants à effets à seuil

5.4.1.1.1 - Dioxyde d'azote et particules

Pour le dioxyde d'azote et les particules qui ne disposent pas de VTR, mais d'une Valeur Guide (VG) pour la protection de la santé, les teneurs moyennes annuelles inhalées sont comparées aux valeurs guide pour la protection de la santé proposée par l'OMS pour les 5 états étudiés (cf. Tableau 47).

Pour le dioxyde d'azote, les teneurs inhalées dépassent la valeur guide pour la protection de la santé uniquement à l'état de référence (état actuel) dans le scénario d'exposition pour les riverains avec projet à 0m et les riverains les plus proches du projet à 0m (riverains localisés proches de l'A51). Du fait de l'amélioration technologique des moteurs, aucun dépassement n'est mis en évidence pour les horizons futurs.

Pour les poussières PM2.5, nous pouvons noter que l'ensemble des concentrations moyennes annuelles estimées pour les différents horizons se situent au niveau de la valeur guide de l'OMS (entre 9,5 et 10,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une valeur guide à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Toutefois, il est important de noter que **la valeur de fond représente au minimum 85 % des concentrations d'exposition.**

Pour les particules PM10, les teneurs inhalées ne dépassent pas les valeurs guide pour la protection de la santé humaine quel que soit l'état considéré.

TABLEAU 47 - CONCENTRATIONS INHALÉES POUR LE DIOXYDE D'AZOTE ET LES PARTICULES VS VALEURS GUIDES OMS

Traceur de risque	Unité	État	Riverains avec projet les plus impactés à 0m	Crèche Pom d'Happy	Riverains les plus impactés à 12m	Riverains les plus impactés à 15m	Riverains hors projet les plus impactés à 0m	Valeur guide (µg/m ³)
Dioxyde d'azote	µg/m³	Etat de Référence	41,32	10,10	36,66	33,05	42,97	40
		Etat Fil de l'eau	33,80	8,28	30,18	27,51	34,97	
		Etat Projeté	33,81	8,28	30,19	27,52	34,99	
		Etat Fil de l'eau +5ans	28,68	7,07	25,97	24,03	29,51	
		Etat Projeté +5ans	28,68	7,07	25,97	24,03	29,51	
PM₁₀	µg/m³	Etat de Référence	15,66	4,00	15,11	14,72	15,93	20
		Etat Fil de l'eau	15,66	4,00	15,11	14,72	15,93	
		Etat Projeté	15,67	4,00	15,11	14,73	15,93	
		Etat Fil de l'eau +5ans	15,42	3,94	14,92	14,58	15,65	
		Etat Projeté +5ans	15,42	3,94	14,92	14,58	15,65	
PM_{2,5}	µg/m³	Etat de Référence	10,15	2,59	9,79	9,54	10,33	10
		Etat Fil de l'eau	10,15	2,59	9,79	9,54	10,33	
		Etat Projeté	10,16	2,59	9,79	9,54	10,33	
		Etat Fil de l'eau +5ans	9,91	2,53	9,60	9,39	10,05	
		Etat Projeté +5ans	9,91	2,54	9,60	9,39	10,05	

Source : Egis

Les concentrations d'exposition étant identiques Avec et Sans Projet, le projet ne devrait pas être à l'origine d'une augmentation ou même d'un dépassement des valeurs guide pour la protection de la santé humaine à long terme, quelle que soit la localisation prévue pour les riverains, pour le dioxyde d'azote, les PM10 et les PM2.5 et ce dans l'emprise du projet.

Néanmoins, il est à noter que ce projet s'insère dans un milieu urbanisé dense avec présence d'un bruit de fond élevé, notamment en lien avec la proximité de l'autoroute. Ainsi, il apparaît que, sur la base des données retenues (données de trafic et bruit de fond) :

- **un risque sanitaire à seuil associé au dioxyde d'azote ne peut être exclu pour les populations riveraines présentes actuellement et proches de l'autoroute A8. Ce risque disparaît aux horizons futurs.**
- **Pour les PM2.5 l'ensemble des concentrations moyennes annuelles estimées pour les différents horizons se situent au niveau même de la valeur guide de l'OMS.**

5.4.1.1.2 - Quotient de danger

Pour les substances disposant d'une VTR pour les effets à seuil par inhalation, le quotient de danger est calculé, à partir des concentrations d'exposition des populations (Tableau 41) et des VTR retenues (Tableau 34).

Au regard des résultats obtenus (Tableau 48), aucun indice de risque ne dépasse la valeur de 1, quel que soit l'état considéré. La valeur maximale est obtenue pour le benzène (QD = 0,07) quel que soit l'état considéré, au niveau des riverains dans le quartier à 0m et les riverains les plus proches du quartier.

Aucun risque sanitaire à seuil par inhalation n'est susceptible de se produire pour les populations riveraines. La réalisation du projet n'induit pas de risque supplémentaire pour les effets à seuil par inhalation.

TABLEAU 48- QUOTIENT DE DANGER – EXPOSITION CHRONIQUE POUR LES EFFETS À SEUIL

Traceurs de risque	État	Quotient de danger				
		Riverains avec projet les plus impactés à 0m	Crèche Pom d'Happy	Riverains les plus impactés à 12m	Riverains les plus impactés à 15m	Riverains hors projet les plus impactés à 0m
Benzène BF = 0,68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Etat de Référence	7,06E-02	1,83E-02	6,99E-02	6,95E-02	7,08E-02
	Etat Fil de l'eau	6,93E-02	1,80E-02	6,90E-02	6,88E-02	6,94E-02
	Etat Projeté	6,93E-02	1,80E-02	6,90E-02	6,88E-02	6,94E-02
	Etat Fil de l'eau +5ans	6,89E-02	1,79E-02	6,86E-02	6,85E-02	6,89E-02
	Etat Projeté +5ans	6,89E-02	1,79E-02	6,86E-02	6,85E-02	6,89E-02
1,3-Butadiène BF = 0,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Etat de Référence	4,40E-02	1,12E-02	4,19E-02	4,04E-02	4,58E-02
	Etat Fil de l'eau	3,99E-02	1,02E-02	3,87E-02	3,79E-02	4,09E-02
	Etat Projeté	3,99E-02	1,02E-02	3,87E-02	3,79E-02	4,09E-02
	Etat Fil de l'eau +5ans	3,84E-02	9,89E-03	3,76E-02	3,70E-02	3,92E-02
	Etat Projeté +5ans	3,84E-02	9,89E-03	3,76E-02	3,70E-02	3,92E-02
Nickel BF = 2,7 ng/m^3	Etat de Référence	3,01E-02	7,83E-03	3,01E-02	3,01E-02	3,01E-02
	Etat Fil de l'eau	3,01E-02	7,83E-03	3,01E-02	3,01E-02	3,01E-02
	Etat Projeté	3,01E-02	7,83E-03	3,01E-02	3,01E-02	3,01E-02
	Etat Fil de l'eau +5ans	3,01E-02	7,83E-03	3,01E-02	3,01E-02	3,01E-02
	Etat Projeté +5ans	3,01E-02	7,83E-03	3,01E-02	3,01E-02	3,01E-02
Chrome BF < 0,3ng/m^3	Etat de Référence	1,10E-02	2,83E-03	1,08E-02	1,06E-02	1,11E-02
	Etat Fil de l'eau	1,10E-02	2,83E-03	1,08E-02	1,06E-02	1,11E-02
	Etat Projeté	1,10E-02	2,83E-03	1,08E-02	1,06E-02	1,11E-02
	Etat Fil de l'eau +5ans	1,10E-02	2,83E-03	1,08E-02	1,06E-02	1,11E-02
	Etat Projeté +5ans	1,10E-02	2,83E-03	1,08E-02	1,06E-02	1,11E-02
Arsenic BF = 0,4 ng/m^3	Etat de Référence	2,01E-02	5,22E-03	2,01E-02	2,01E-02	2,01E-02
	Etat Fil de l'eau	2,01E-02	5,22E-03	2,01E-02	2,01E-02	2,01E-02
	Etat Projeté	2,01E-02	5,22E-03	2,01E-02	2,01E-02	2,01E-02
	Etat Fil de l'eau +5ans	2,01E-02	5,22E-03	2,01E-02	2,01E-02	2,01E-02
	Etat Projeté +5ans	2,01E-02	5,22E-03	2,01E-02	2,01E-02	2,01E-02
Benzo(a)pyrène	Etat de Référence	3,89E-02	8,56E-03	3,06E-02	2,38E-02	4,21E-02
	Etat Fil de l'eau	3,34E-02	7,38E-03	2,64E-02	2,04E-02	3,63E-02
	Etat Projeté	3,35E-02	7,39E-03	2,64E-02	2,05E-02	3,63E-02
	Etat Fil de l'eau +5ans	2,87E-02	6,34E-03	2,26E-02	1,75E-02	3,12E-02
	Etat Projeté +5ans	2,87E-02	6,35E-03	2,26E-02	1,75E-02	3,12E-02

Source : Egis

5.4.1.2 - Polluants à effets sans seuil (risques cancérigènes)

Les résultats de l'évaluation des effets sans seuil (cancérigènes) pour une exposition chronique par inhalation sont calculés à partir des concentrations d'exposition des populations (Tableau 41) et des ERU retenues

(Tableau 35). Au regard des résultats obtenus (Tableau 49) tous les Excès de Risque Individuel sont inférieurs à 10^{-5} . En particulier pour le chrome qui faisait exception dans le précédent rapport réalisé par Egis.

Il est important de noter que pour le chrome, la teneur de fond retenue ($<0.3 \text{ ng/m}^3$) est une hypothèse majorante car lors de la campagne de mesure les concentrations en chrome VI étaient inférieures aux limites de quantification (Tableau 19 pour la ZAC de la Constance).

TABLEAU 49- EXCÈS DE RISQUE INDIVIDUEL – EXPOSITION CHRONIQUE POUR LES EFFETS SANS SEUIL

Traceurs de risque	État	Excès de Risque Individuel				
		Riverains avec projet les plus impactés à 0m	Crèche Pom d'Happy	Riverains les plus impactés à 12m	Riverains les plus impactés à 15m	Riverains hors projet les plus impactés à 0m
Benzène BF = 0,68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Etat de Référence	7,86E-06	5,43E-07	7,79E-06	7,74E-06	7,89E-06
	Etat Fil de l'eau	7,72E-06	5,34E-07	7,69E-06	7,66E-06	7,74E-06
	Etat Projeté	7,72E-06	5,34E-07	7,69E-06	7,66E-06	7,74E-06
	Etat Fil de l'eau +5ans	7,67E-06	5,31E-07	7,65E-06	7,63E-06	7,68E-06
	Etat Projeté +5ans	7,67E-06	5,31E-07	7,65E-06	7,63E-06	7,68E-06
1,3-Butadiène BF = 0,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Etat de Référence	1,17E-06	7,92E-08	1,11E-06	1,07E-06	1,22E-06
	Etat Fil de l'eau	1,06E-06	7,24E-08	1,03E-06	1,01E-06	1,09E-06
	Etat Projeté	1,06E-06	7,25E-08	1,03E-06	1,01E-06	1,09E-06
	Etat Fil de l'eau +5ans	1,02E-06	7,00E-08	1,00E-06	9,84E-07	1,04E-06
	Etat Projeté +5ans	1,02E-06	7,00E-08	1,00E-06	9,84E-07	1,04E-06
Nickel BF = 2,7 ng/m^3	Etat de Référence	3,02E-07	2,09E-08	3,02E-07	3,02E-07	3,02E-07
	Etat Fil de l'eau	3,02E-07	2,09E-08	3,02E-07	3,02E-07	3,02E-07
	Etat Projeté	3,02E-07	2,09E-08	3,02E-07	3,02E-07	3,02E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	3,02E-07	2,09E-08	3,02E-07	3,02E-07	3,02E-07
	Etat Projeté +5ans	3,02E-07	2,09E-08	3,02E-07	3,02E-07	3,02E-07
Chrome BF < 0,3ng/m^3	Etat de Référence	5,67E-06	3,88E-07	5,54E-06	5,45E-06	5,73E-06
	Etat Fil de l'eau	5,67E-06	3,88E-07	5,54E-06	5,45E-06	5,73E-06
	Etat Projeté	5,67E-06	3,88E-07	5,54E-06	5,45E-06	5,73E-06
	Etat Fil de l'eau +5ans	5,66E-06	3,88E-07	5,54E-06	5,45E-06	5,73E-06
	Etat Projeté +5ans	5,67E-06	3,88E-07	5,54E-06	5,45E-06	5,73E-06
Arsenic BF = 0,4 ng/m^3	Etat de Référence	5,55E-07	3,85E-08	5,55E-07	5,54E-07	5,56E-07
	Etat Fil de l'eau	5,55E-07	3,85E-08	5,55E-07	5,54E-07	5,56E-07
	Etat Projeté	5,55E-07	3,85E-08	5,55E-07	5,54E-07	5,56E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	5,55E-07	3,85E-08	5,55E-07	5,54E-07	5,56E-07
	Etat Projeté +5ans	5,55E-07	3,85E-08	5,55E-07	5,54E-07	5,56E-07
Benzo(a)pyrène	Etat de Référence	2,00E-08	1,17E-09	1,58E-08	1,22E-08	2,17E-08
	Etat Fil de l'eau	1,72E-08	1,01E-09	1,36E-08	1,05E-08	1,87E-08
	Etat Projeté	1,72E-08	1,01E-09	1,36E-08	1,05E-08	1,87E-08
	Etat Fil de l'eau +5ans	1,47E-08	8,70E-10	1,16E-08	9,02E-09	1,60E-08
	Etat Projeté +5ans	1,47E-08	8,71E-10	1,16E-08	9,02E-09	1,60E-08

Source : Egis

Ainsi, sur la base des données et résultats obtenus, le risque cancérigène par inhalation, lié au projet de réaménagement du quartier Phares&Balises, pour les populations environnantes peut être qualifié d'acceptable, quelle que soit la substance considérée individuellement. Le projet de réaménagement ne sera pas à l'origine d'une augmentation du risque sanitaire cancérigène.

5.4.2 - Caractérisation du risque par ingestion

Pour la voie d'exposition par ingestion des polluants à effets à seuil, le quotient de danger se calcule par la formule suivante :

$$QD_o = \frac{DJE}{DJA}$$

Avec :

- DJE : dose journalière d'exposition exprimée en mg/kg pc/j ;
- DJA : dose journalière admissible (VTR relative à une exposition par ingestion) exprimée en mg/kg pc/j.

La valeur repère pour le quotient de danger est de 1. L'interprétation reste identique à celle présentée pour le risque par inhalation.

Le risque cancérigène pour une exposition par ingestion est estimé en calculant l'Excès de Risque Individuel (ERI), tel que :

$$ERIo = ERUo \times DJE \times T/Tm$$

Avec :

- ERIo : Excès de Risque Individuel pour la voie d'exposition par voie orale ;
- ERUo : Excès de Risque Unitaire pour la voie d'exposition par voie orale ;
- DJE : Dose Journalière d'Exposition (Tableau 46) ;
- T : durée d'exposition en années (définie dans le Tableau 39) ;
- Tm : durée de vie fixée à 70 ans.

Le critère d'acceptabilité de l'Excès de Risque Individuel (ERI) est de 10^{-5} tel que présenté dans le chapitre précédent.

5.4.2.1 - Polluants à effets à seuil

Pour les substances disposant de VTR par ingestion, les quotients de danger concernant les effets à seuil sont calculés pour les 5 horizons étudiés à partir des doses journalières d'exposition des populations (Tableau 50) et des VTR retenues (Tableau 37).

TABLEAU 50 – QUOTIENT DE DANGER – EXPOSITION CHRONIQUE POUR LES EFFETS À SEUIL PAR INGESTION

Traceurs de risques HAP	État	Quotient de danger enfant
		Crèche Pom d'Happy
Benzo(a)pyrène	Etat de Référence	4,70E-04
	Etat Fil de l'eau	4,04E-04
	Etat Projeté	4,04E-04
	Etat Fil de l'eau +5ans	3,48E-04
	Etat Projeté +5ans	3,48E-04
Eq benzo(a)pyrène	Etat de Référence	8,96E-04
	Etat Fil de l'eau	7,80E-04
	Etat Projeté	7,81E-04

	Etat Fil de l'eau +5ans	1,54E-03
	Etat Projeté +5ans	1,47E-03
Acénaphène	Etat de Référence	3,90E-05
	Etat Fil de l'eau	3,04E-05
	Etat Projeté	3,04E-05
	Etat Fil de l'eau +5ans	2,30E-05
	Etat Projeté +5ans	2,31E-05
Anthracène	Etat de Référence	3,84E-07
	Etat Fil de l'eau	4,35E-07
	Etat Projeté	4,36E-07
	Etat Fil de l'eau +5ans	4,70E-07
	Etat Projeté +5ans	4,71E-07
Benzo(ghi)pérylène	Etat de Référence	9,24E-06
	Etat Fil de l'eau	8,55E-06
	Etat Projeté	8,57E-06
	Etat Fil de l'eau +5ans	7,87E-06
	Etat Projeté +5ans	7,87E-06
Fluorène	Etat de Référence	1,06E-05
	Etat Fil de l'eau	1,06E-05
	Etat Projeté	1,06E-05
	Etat Fil de l'eau +5ans	1,06E-05
	Etat Projeté +5ans	1,06E-05
Fluoranthène	Etat de Référence	5,80E-05
	Etat Fil de l'eau	5,23E-05
	Etat Projeté	5,24E-05
	Etat Fil de l'eau +5ans	4,70E-05
	Etat Projeté +5ans	4,70E-05
Phénanthrène	Etat de Référence	1,14E-04
	Etat Fil de l'eau	1,08E-04
	Etat Projeté	1,08E-04
	Etat Fil de l'eau +5ans	1,02E-04
	Etat Projeté +5ans	1,02E-04
Pyrène	Etat de Référence	7,20E-05
	Etat Fil de l'eau	6,15E-05
	Etat Projeté	6,15E-05
	Etat Fil de l'eau +5ans	5,23E-05
	Etat Projeté +5ans	5,23E-05

Source : EGIS

Au regard des résultats obtenus (Tableau 50) aucun quotient de danger ne dépasse la valeur de 1. Le quotient de danger maximum est de $1.54.10^{-3}$ (eq-benzo(a)pyrène).

Aucun risque à seuil par ingestion pour une exposition chronique n'est susceptible de se produire pour les populations étudiées.

Le projet de réaménagement du quartier Phares&Balises n'induit pas de de risques supplémentaires pour les effets à seuil par ingestion.

5.4.2.2 - Polluants à effets sans seuil

Les excès de risque individuel concernant les effets sans seuil par ingestion sont calculés pour les 5 horizons étudiés à partir des doses journalières d'exposition des populations (Tableau 46) et des VTR retenues (Tableau 38).

TABLEAU 51 – EXCÈS DE RISQUE INDIVIDUEL – EXPOSITION CHRONIQUE POUR LES EFFETS SANS SEUIL PAR INGESTION

Traceurs de risques HAP	État	Excès de Risque Individuel enfant
		Crèche Pom d'Happy
Eq benzo(a)pyrène	Etat de Référence	1,15E-08
	Etat Fil de l'eau	1,00E-08
	Etat Projeté	1,00E-08
	Etat Fil de l'eau +5ans	1,97E-08
	Etat Projeté +5ans	1,89E-08

Source : EGIS

Au regard des résultats obtenus (Tableau 51), l'excès de risque individuel en eq benzo(a)pyrène est nettement inférieurs à la valeur repère de 10^{-5} .

Aucun risque sans seuil par ingestion pour une exposition chronique n'est susceptible de se produire pour les populations étudiées.

Le projet de réaménagement du quartier Phares&Balises n'induit pas de risques supplémentaires pour les effets sans seuil par ingestion.

5.4.3 - Effets additifs à seuil

5.4.3.1 - Effets additifs à seuil dans l'état actuel

Le tableau suivant présente les indices de risque globaux considérés au niveau des récepteurs dans l'état futur :

- Scénario 1 : teneurs au droit des riverains les plus impactés par le projet à 0m
- Scénario 2 : teneurs au droit des riverains les plus impactées hors du projet à 0m
- Scénario 3 : teneurs au droit de la crèche aux abords du projet
- Scénario 4 : teneurs au droit des riverains les plus impactés par le projet à 12m (au niveaux des aérations des bâtiments)
- Scénario 5 : teneurs au droit des riverains les plus impactés par le projet à 15m (au plus haut des bâtiments)

Pour **le dioxyde d'azote et les poussières PM2.5**, aucun IR n'a été calculé. Ces composés ne sont donc pas pris en compte dans la caractérisation globale du risque.

Au droit des points récepteurs étudiés, **aucun effet à seuil liés aux émissions du site n'est susceptible de se produire** (IR globaux inférieurs à 1). L'IR global maximum au niveau des populations riveraines concernent les Riverains impactés proche de la zone du projet mais qui ne dépendent pas du réaménagement du quartier Phares&Balises.

Le risque sanitaire global, pour des effets à seuil, est acceptable au vu des indices de risque sommés (IR globaux inférieurs à 1) au niveau des zones habitées.

TABLEAU 52 - CARACTÉRISATION GLOBALE DU RISQUE POUR LES EFFETS À SEUIL À R1 DANS L'ÉTAT ACTUEL

Traceurs de risque	État	Riverains avec projet les plus impactés à 0m	Crèche Pom d'Happy	Riverains les plus impactés à 12m	Riverains les plus impactés à 15m	Riverains hors projet les plus impactés à 0m
Somme des Quotient de danger	Etat de Référence	0,21	0,05	0,20	0,19	0,22
	Etat Fil de l'eau	0,20	0,05	0,20	0,19	0,21
	Etat Projeté	0,20	0,05	0,20	0,19	0,21
	Etat Fil de l'eau +5ans	0,20	0,05	0,19	0,18	0,20
	Etat Projeté +5ans	0,20	0,05	0,19	0,18	0,20

Source : Egis

Ce tableau est obtenu à partir de la somme des Quotients de danger présentés dans le paragraphe 5.4.1.1.2 - Quotient de danger.

5.4.4 - Effets additifs cancérigènes

Le Tableau 53 présente la caractérisation globale du risque pour **les effets sans seuil** au niveau des points récepteurs.

Le risque sanitaire global, pour des effets sans seuil, est supérieur au risque acceptable (10^{-5}) pour tous les points récepteurs hormis pour la crèche Pom d'Happy.

À l'état projeté, la somme des Excès de Risque Individuel pour les populations les plus exposées est comprise entre $0,95 \cdot 10^{-5}$ et $1,51 \cdot 10^{-5}$. Cet encadrement de valeur tient compte des hypothèses de bruit de fond en chrome VI dont la teneur a été mesurée inférieure à $0,3 \text{ ng/m}^3$.

Sur la base de ces hypothèses le benzène est le contributeur majoritaire à cette somme des Excès de Risque individuels. Viennent ensuite le 1,3-butadiène, voire le chrome VI selon les hypothèses retenues en matière de bruit de fond.

TABLEAU 53 - CARACTÉRISATION GLOBALE DU RISQUE POUR LES EFFETS SANS SEUIL

Traceurs de risque	État	Riverains avec projet les plus impactés à 0m	Crèche Pom d'Happy	Riverains les plus impactés à 12m	Riverains les plus impactés à 15m	Riverains hors projet les plus impactés à 0m
Somme des Quotient de danger - Hypothèse haute (bruit de fond en chrome VI pris <0,3ng/m³)	Etat de Référence	< 1,53E-05	< 1,03E-05	< 1,50E-05	< 1,48E-05	< 1,54E-05
	Etat Fil de l'eau	< 1,50E-05	< 1,03E-05	< 1,48E-05	< 1,47E-05	< 1,51E-05
	Etat Projeté	< 1,50E-05	< 1,03E-05	< 1,48E-05	< 1,47E-05	< 1,51E-05
	Etat Fil de l'eau +5ans	< 1,49E-05	< 1,03E-05	< 1,48E-05	< 1,46E-05	< 1,50E-05
	Etat Projeté +5ans	< 1,49E-05	< 1,03E-05	< 1,48E-05	< 1,46E-05	< 1,50E-05
Contibution des différents polluants à l'état projeté	Benzène	51%	52%	52%	52%	51%
	1,3-Butadiène	7%	7%	7%	7%	7%
	Nickel	2%	2%	2%	2%	2%
	Chrome VI	38%	38%	37%	37%	38%
	Arsenic	4%	4%	4%	4%	4%
	Eq benzo(a)pyrène	0%	0%	0%	0%	0%

Source : Egis

Hypothèse basse :

Traceurs de risque	État	Riverains avec projet les plus impactés à 0m	Crèche Pom d'Happy	Riverains les plus impactés à 12m	Riverains les plus impactés à 15m	Riverains hors projet les plus impactés à 0m
Somme des Quotient de danger - Hypothèse haute (bruit de fond en chrome VI pris <0,3ng/m³)	Etat de Référence	1,01E-05	7,79E-07	9,87E-06	9,69E-06	1,03E-05
	Etat Fil de l'eau	9,88E-06	7,64E-07	9,68E-06	9,54E-06	9,99E-06
	Etat Projeté	9,88E-06	7,64E-07	9,68E-06	9,54E-06	9,99E-06
	Etat Fil de l'eau +5ans	9,79E-06	7,58E-07	9,61E-06	9,49E-06	9,88E-06
	Etat Projeté +5ans	9,79E-06	7,58E-07	9,61E-06	9,49E-06	9,88E-06
Contibution des différents polluants à l'état projeté	Benzène	78%	70%	79%	80%	77%
	1,3-Butadiène	11%	9%	11%	11%	11%
	Nickel	3%	3%	3%	3%	3%
	Chrome VI	5%	15%	4%	3%	6%
	Arsenic	6%	5%	6%	6%	6%
	Eq benzo(a)pyrène	0%	0%	0%	0%	0%

Source : Egis

Ainsi, nous pouvons conclure que le risque sanitaire global, pour des effets sans seuil, est de l'ordre de la valeur repère de 1.10^{-5} . Ces tendances étant équivalentes pour l'état actuel, comme pour les horizons futurs avec et sans le projet.

5.5 - Caractérisation de risques sanitaires en exposition aiguë

5.5.1 - Méthodologie

Pour les polluants faisant suite à une exposition aiguë par inhalation, la possibilité d'effets toxiques pour les populations exposées est matérialisée par le calcul du Quotient de Danger (QD), selon la formule suivante :

$$QD = CI / VTR$$

Avec :

- CI : concentration maximale inhalée, exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'air inhalé,
- VTR : valeur toxicologique de référence pour les effets à seuil choisie dans cette évaluation, exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'air inhalé, pour une exposition aiguë par inhalation.

En termes d'interprétation, lorsque le quotient de danger est inférieur à 1, la survenue d'effet à seuil paraît peu probable, même pour les populations sensibles. Au-delà de 1, la possibilité d'apparition d'effets ne peut être exclue.

5.5.2 - Caractérisation du risque sanitaire aigu

Le risque sanitaire en exposition aigu est calculé pour les 5 horizons étudiés à partir des concentrations d'exposition des populations (Tableau 41) et des VTR retenues (Tableau 34). Nous avons choisi une hypothèse majorante pour les PM10 et PM2.5 en prenant le P100 (valeur maximale d'exposition) sur une heure et non pas 24 heures.

Pour tous les polluants et les différents scénarios étudiés, les quotients de danger calculés dans le

Tableau 54 sont tous inférieurs à 1. La valeur maximale concerne les PM10 (QD = 0,61) au niveau des riverains les plus impactés à proximité du projet.

Aucun risque aigu n'est susceptible d'apparaître pour les populations étudiées quelle que soit la substance considérée et quel que soit le scénario étudié.

TABLEAU 54 – QUOTIENT DE DANGER – EXPOSITION AIGUË PAR INHALATION

Traceur de risque	Unité	État	Riverains avec projet les plus impactés à 0m	Crèche Pom d'Happy	Riverains les plus impactés à 12m	Riverains les plus impactés à 15m	Riverains hors projet les plus impactés à 0m
Dioxyde d'azote	µg/m³	Etat de Référence	0,31	0,29	0,25	0,22	0,33
		Etat Fil de l'eau	0,24	0,22	0,18	0,16	0,26
		Etat Projeté	0,24	0,22	0,18	0,16	0,26
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,18	0,16	0,13	0,11	0,20
		Etat Projeté +5ans	0,18	0,16	0,13	0,11	0,20
PM₁₀	µg/m³	Etat de Référence	0,44	0,42	0,39	0,36	0,47
		Etat Fil de l'eau	0,44	0,42	0,39	0,36	0,47
		Etat Projeté	0,44	0,42	0,39	0,36	0,47
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,42	0,40	0,37	0,35	0,45
		Etat Projeté +5ans	0,42	0,40	0,37	0,35	0,45
PM_{2,5}	µg/m³	Etat de Référence	0,57	0,54	0,50	0,47	0,61
		Etat Fil de l'eau	0,57	0,54	0,50	0,47	0,61
		Etat Projeté	0,57	0,54	0,50	0,47	0,61
		Etat Fil de l'eau +5ans	0,53	0,51	0,48	0,45	0,57
		Etat Projeté +5ans	0,53	0,51	0,48	0,45	0,57

Source : Egis

5.6 - Revue des incertitudes

L'évaluation des risques sanitaires constitue un outil d'aide à la décision permettant d'apprécier l'impact sanitaire d'une infrastructure routière sur les populations exposées.

Ces résultats font l'objet d'incertitudes conduisant à une sous-estimation ou à une surestimation des risques calculés, liées notamment aux connaissances scientifiques sur les polluants et les VTR, à l'évaluation des teneurs issues de la modélisation et au choix des hypothèses retenues.

L'analyse des incertitudes a pour objet d'apprécier leurs influences sur les résultats de l'évaluation des risques sanitaires.

5.6.1 - Facteurs de sous-estimation des risques

Les incertitudes qui portent sur cette évaluation et qui conduisent à sous-estimer les risques sont les suivantes :

■ Voies d'exposition

Dans cette étude, l'exposition par voie cutanée n'a pas été prise en compte, ce qui peut constituer une sous-estimation potentielle des risques calculés. Néanmoins, peu de VTR existent pour cette voie et l'extrapolation d'une VTR à partir d'une autre voie est entachée d'incertitude. De plus, l'absorption cutanée des gaz est négligeable devant absorption par voies respiratoires.

5.6.2 - Facteurs de surestimation des risques

Les incertitudes qui portent sur cette évaluation et qui conduisent à surestimer les risques sont les suivantes :

■ Spéciation du chrome

En l'absence de données précises sur la part relative des formes organiques et inorganiques, les émissions de chrome ont été totalement affectées au chrome VI, forme la plus préoccupante en termes de risque sanitaire ;

■ Choix des VTR

Les VTR retenues dans le cadre de cette étude, en conformité avec les préconisations de l'InVS et de la note de la DGS du 31 octobre 2014, peuvent être considérées comme bénéficiant d'un degré de confiance élevé. Des facteurs de sécurité sont systématiquement appliqués (pour l'extrapolation inter-espèces, pour les populations sensibles, la qualité des données sources, etc.) sur ces VTR établies par les grandes instances internationales de la santé. Leur application conduit donc généralement à une surestimation des risques ;

■ Teneur de fond

Les teneurs de fond retenues ont été extrapolées à l'année 2025 et 2030 (état au fil de l'eau et état projeté) sans aucune variation alors que l'on peut raisonnablement espérer une diminution des valeurs de fond des principaux polluants atmosphériques compte tenu des évolutions réglementaires et efforts technologiques à venir.

■ Scénarii d'exposition

Dans la présente étude et en l'absence de connaissances précises du budget espace-temps des populations étudiées, nous avons retenu des paramètres d'exposition relativement majorants pour les populations de riverains.

5.6.3 - Facteurs d'incertitude dont l'influence sur le résultat n'est pas connu

Les incertitudes qui portent sur cette évaluation et dont le sens d'influence n'est pas connu sont les suivantes :

■ Teneurs de fond

Les teneurs de fond retenues sont issues des mesures réalisées par Egis, sur la zone d'étude, lors d'une campagne de mesures ayant eu lieu en octobre 2019 (mesures sur 4 semaines de tous les polluants faisant l'objet de cette étude), en juillet et Novembre 2020 (NO₂, PM₁₀, PM_{2.5} et benzène) et en Janvier 2021 (chrome VI). Nous avons assimilé le résultat de ces mesures en milieu rural à une moyenne annuelle ;

■ Teneurs en polluant

Nous avons considéré que les teneurs étaient identiques à l'extérieur et à l'intérieur des bâtiments, ce qui n'est probablement pas le cas. L'influence de ces hypothèses sur les risques sanitaires est difficilement appréciable ;

■ Risque global

Les substances interagissent les unes par rapports aux autres. Si la connaissance des effets sur la santé liés à l'inhalation de chacune d'entre elles a beaucoup avancé, ce n'est pas encore le cas pour l'ensemble des substances. Les méthodes disponibles pour quantifier les risques sanitaires liés à l'exposition simultanée de plusieurs polluants (additivité des risques) sont encore limitées et il reste difficile de savoir si les effets sanitaires sont antagonistes, synergiques ou additifs.

5.6.4 - Synthèse des facteurs d'incertitude

Il ressort de l'examen des incertitudes que les facteurs qui minorent le risque seraient peu nombreux et qu'ils induiraient probablement une sous-estimation non significative des risques sanitaires estimés. Il semble donc raisonnable de conclure que **les hypothèses retenues amènent à une probable surestimation du risque.**

Toutefois, les résultats de cette ERS doivent être appréciés en l'état des connaissances disponibles aussi bien méthodologiques que descriptives. Les données et les méthodes de calculs utilisées ont été présentées et les choix ont été justifiés.

5.7 - Conclusion

La réalisation du projet de réaménagement du quartier Phares&Balises montre que les indicateurs du risque sanitaire sont globalement équivalents *Avec et Sans projet* (comparaison Fil de l'Eau et État Projeté). **Ainsi le projet de ZAC n'est pas de nature à apporter significativement de nouvelles pollutions sur la zone, ou des risques sanitaires supplémentaires.**

Ce projet de réaménagement implique cependant l'arrivée de nouvelles populations dans une zone d'étude où la qualité de l'air est représentative d'une zone urbaine à péri-urbaine, avec présence de polluants en air ambiant issus de l'ensemble de l'agglomération et du tissu routier aixois. Il convient donc de vérifier avec soin le niveau des indicateurs du risque sanitaire, pour ces États Projetés, en lien en particulier avec les sources existantes actuellement que sont l'A8 et l'A51.

Pour les polluants traceurs de risque considérés dans l'évaluation, en exposition chronique par inhalation et par ingestion, ainsi qu'en exposition aiguë, les résultats montrent que :

- **Les valeurs repère du risque sanitaire, pour les effets à seuil, sont toutes respectées à l'état projeté + 5 ans dans l'emprise du projet (quotients de danger inférieurs à 1).**
- **Les valeurs repère du risque sanitaire, pour les effets sans seuil, sont toutes respectées (Excès de Risque individuels inférieurs à 1.10^{-5}).**

Ainsi, pour chaque polluant traceur de risque pris individuellement, le risque sanitaire attendu sur ce projet est qualifié d'acceptable.

À noter toutefois les points d'attention suivants :

- Les concentrations en PM_{2,5} dépassent la valeur guide de l'OMS, fixée à 10 µg/m³, pour les horizons actuels et de mise en service du projet sur une partie de la zone du projet. Ces valeurs sont proches de la valeur guide de l'OMS à l'état projeté +5 ans, la teneur en bruit de fond retenue représentant à minima 85 % de la concentration d'exposition. Une mesure d'accompagnement en lien avec ces particules fines doit donc être prévue (surveillance et filtration de l'air des bâtiments longeant l'A51).
- L'exercice de prise en compte de l'additivité des risques est réalisé à titre indicatif au chapitre 5.4.4. Cet exercice montre que la somme des Excès de Risque Individuel est de l'ordre de la valeur repère sanitaire de 1.10^{-5} . Sachant que le risque est porté en particulier par le benzène, ce polluant fait également l'objet d'une surveillance particulière.

6 - ÉVALUATION DE L'IMPACT DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE SUR L'ENVIRONNEMENT

Ce chapitre contient quatre thématiques qui ne sont pas directement traitées dans les impacts sur :

- La qualité de l'air : chapitre 3.2 - Évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air ;
- Les populations : chapitre 2.1.1 - Densité et population générale ;
- La santé : chapitre 5 - Évaluation quantitative des risques sanitaires.

Ces thématiques concernent :

- Pollution sensible (liée à la perception) :
 - Odeurs ;
 - Transparence de l'air ;
 - Nuages de poussières ;
- Impacts de la pollution atmosphérique sur :
 - Le sol ;
 - La flore ;
 - La faune ;
 - Les bâtiments ;
 - L'économie ;
- Les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) issues de la circulation routières et assimilées aux émissions de GES ;
- La consommation énergétique liée au trafic routier.

Les deux premiers items sont traités en fonction des sources bibliographiques existantes, les deux suivants sont les résultats des calculs des émissions sur le réseau routier retenu et les trafics étudiés.

6.1 - Pollution sensible

6.1.1 - Odeurs

De très nombreuses molécules odorantes sont présentes dans l'air. À concentration suffisante, elles deviennent perceptibles par les récepteurs olfactifs de la paroi nasale et engendrent une réponse émotionnelle (agréable ou non, sucrée, aigre, etc.), une réponse affective (souvenirs, faim, stress, etc.) avant la réponse descriptive (odeur de vanille, d'herbes sèches ou d'ordures).

La perception très fréquente d'odeurs fortes et/ou désagréables engendre un trouble important, source du deuxième motif de plainte après le bruit. Ainsi l'odeur acide, nauséabonde... est souvent associée à un risque sanitaire, mais ce rapprochement est le plus souvent sans fondement puisque les composés odorants perçus sont présents à des niveaux inférieurs aux valeurs limites d'exposition (VLE).

Cette perception chronique, bien qu'inoffensive directement, peut provoquer un stress entraînant des conséquences sur la santé (troubles respiratoires, nausées, vomissements, troubles du sommeil, etc.).

Trois types d'activités principales sont génératrices d'odeurs :

- Les émissions industrielles :
 - Activités liées à l'énergie (pétrochimie, combustion de gaz de charbon, pétrole) ;
 - Activités chimiques (chimie minérale, organique ou inorganique) ;
 - Activités de l'industrie du bois, du papier et de la viscosité ;
 - Activités des industries de l'agroalimentaire (préparation d'aliments : sucres, levures alimentaires...)

- Les déchets d'origine :
 - Végétale : compostage, algue verte ;
 - Animale : carcasses d'animaux, déchets de poissons, fumier, épandage ;
 - Anthropique : déchets ménagers et industriels ;
- Les installations de traitement des eaux usées :
 - Réseaux de collecte et d'assainissement ;
 - Stations d'épuration urbaines et industrielles.

Par conséquent, un réseau routier et le trafic associé ne sera pas générateur d'odeurs hormis celles chroniques des échappements (liées à la combustion incomplète des carburants) ou occasionnelles suite au passage d'un transport de boues de stations d'épuration, d'ordures ménagères...

6.1.2 - Transparence de l'air

Des conditions météorologiques anticycloniques, en particulier en hiver, apportent une situation de vents calmes favorisant la stagnation au-dessus des zones géographiques fortement émissives (régions industrielles, métropoles). Il peut ainsi apparaître des cloches de pollution visibles de loin, voire des nuages opacifiant plus ou moins le ciel (cf. Figure 38), comme le smog (contraction anglaise de smoke – fumée et fog – brouillard). Ce smog peut provoquer des atteintes plus ou moins importantes sur la santé, en témoigne l'épisode de smog à Londres du 5 au 9 décembre 1952 à l'origine de plus de 4 000 morts dans les semaines suivantes.

FIGURE 38 – COMPARAISON DE SITUATION SANS ET AVEC UNE POLLUTION PROVOQUANT UN SMOG À PARIS

Source : Carlos Moreno



Ces niveaux de transparence, plus ou moins marqués, reflètent la qualité de l'air, et aussi sa dégradation, mesurée par les stations des AASQAs. Pour l'étude en cours, cet état des lieux est présenté au paragraphe 2.3.1.1 - Réseau de surveillance.

6.1.3 - Nuages de poussière

Les nuages de poussière sont des phénomènes occasionnels dont l'origine repose sur des conditions météorologiques spécifiques. Il s'agit de vents dont les vitesses sont supérieures à 15-20 km/h soufflant sur des sols instables : dune, plage, champ avant végétalisation et durant des phases d'exploitation, chantier, carrière, stockage de matériau de granulométrie fine...

Ces nuages de poussière naissent ainsi du ré-envol des particules (cf. Figure 39). Plus les vitesses des vents augmentent, plus la granulométrie des poussières augmentent également.

FIGURE 39 – RÉ-ENVOL DES RÉSIDUS DE STOCKAGE D'UNE USINE DE PRODUCTION D'ALUMINES

Source : Jean-Claude Monet



6.2 - Pollution atmosphérique et environnement

6.2.1 - Effets sur les sols

Lorsque le sol devient plus acide, sa capacité à retenir de nombreux nutriments, minéraux et éléments essentiels, comme le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le potassium (K), diminue. Ces derniers sont donc transportés par l'eau qui s'écoule à travers le sol et les rend moins disponibles pour les organismes qui y vivent.

De même, l'augmentation de l'acidité du sol peut accroître la mobilité des métaux lourds qui s'y trouvent et qui s'écoulent alors plus facilement dans les lacs, les cours d'eau et les ruisseaux.

6.2.2 - Effets sur la flore

Les polluants atmosphériques ont des impacts importants sur les cultures et les écosystèmes, de manière chronique (poussières sur les feuilles limitant la photosynthèse) ou de manière aiguë (action agressive engendrant ou permettant l'action de maladies).

6.2.2.1 - L'ozone

Ce polluant, particulièrement, possède des propriétés oxydantes impactant fortement la végétation. La plupart des végétaux sont sensibles à l'ozone, à des degrés divers cependant. Parmi les plantes cultivées, les plus vulnérables sont le blé, le soja, la laitue, l'oignon, la tomate, le tournesol et certaines légumineuses comme le haricot.

L'ozone provoque ainsi des dégâts spectaculaires au niveau des feuilles, l'exposition de la végétation à des concentrations très fortes mais ponctuelles d'ozone entraînent des tâches ou des nécroses (cf. Figure 40). Cet impact reste limité aux feuilles endommagées et cesse après le pic de pollution. D'une manière plus insidieuse, l'ozone agit sur la réduction de la photosynthèse et l'augmentation de la respiration, affaiblissant ainsi les organismes et diminuant la croissance des plantes. À titre d'exemple, la pollution atmosphérique à l'ozone a réduit de 10 % sur une quinzaine d'années les rendements du blé en Île-de-France.

FIGURE 40 – IMPACT FOLIAIRE DE L’OZONE

Source : Atmo Nouvelle-Aquitaine



6.2.2.2 - Les pluies acides

Les polluants atmosphériques, portés par les vents, peuvent parcourir de longues distances et impacter des écosystèmes sensibles et éloignés des sources d’émissions. Sous l’effet des oxydes d’azote (NOx) et du dioxyde de soufre (SO₂), les précipitations (pluies et neiges) et le brouillard deviennent plus acides et altèrent alors les sols et les cours d’eau, entraînant un déséquilibre des écosystèmes et un appauvrissement de la biodiversité. Les forêts de conifères sont particulièrement sensibles aux pluies acides (cf. Figure 41).

FIGURE 41 – IMPACT DES PLUIES ACIDES SUR UNE FORÊT DE CONIFÈRES

Source : Atmo Nouvelle-Aquitaine



6.2.2.3 - Les bio-indicateurs

Certaines plantes sensibles à la pollution atmosphérique sont utilisées comme outils d’évaluation dans les programmes de recherches. C’est ainsi le cas pour :

- Les lichens, inexistant dans les secteurs géographiques où la pollution atmosphérique est avérée ;
- Le tabac et certains trèfles, très sensibles à l’ozone (réaction foliaire quelques heures après une exposition forte), utilisés comme outils d’alerte ;
- Les mousses, marqueurs des métaux ;
- ...

6.2.3 - Effets sur la faune

La pollution atmosphérique peut être préjudiciable à la faune de deux principales façons :

- La détérioration de la qualité de l’environnement ou de l’habitat des espèces ;
- La diminution de la disponibilité et de la qualité de l’approvisionnement alimentaire.

Les pluies acides altèrent la qualité des cours d'eau et des plans d'eau en modifiant la composition chimique des eaux et en favorisant le lessivage des métaux lourds, très toxiques pour la faune aquatique. Le smog, les poussières, l'ozone, etc. par leurs effets sur la flore perturbe les milieux favorables aux espèces, entraînant parfois jusqu'à leur disparition.

Stockés par les végétaux à l'origine de la chaîne alimentaire, les polluants sont ensuite et successivement ingérés et emmagasinés dans les tissus par les différentes espèces animales. Ce processus est nommé bioaccumulation. Ces polluants peuvent être toxiques pour les animaux en :

- Perturbant leur fonction endocrinienne ;
- Endommageant leurs organes ;
- Accroissant leur vulnérabilité au stress et à la maladie ;
- Diminuant leur succès de reproduction ;
- Causant possiblement leur mort.

Les changements dans l'abondance d'une espèce causés par la pollution atmosphérique peuvent grandement influencer sur l'abondance (augmentation ou diminution) et la santé des espèces dépendantes y compris l'espèce humaine.

Le déclin des espèces pollinisatrices est un exemple connu des effets sur la faune de la pollution atmosphérique, plus précisément des effets des produits phytosanitaires aérosols.

6.2.4 - Effets sur les bâtiments

On observe, davantage dans les zones urbanisées, une dégradation physique et esthétique des bâtiments anciens et des statues. Il apparaît ainsi une alternance de zones sombres et claires (cf. Figure 42).

Les zones sombres sont formées d'une pellicule de suies associées à des faibles quantités de sulfates et de carbonates. Elles sont à l'abri de la pluie et ces zones ne sont donc pas lessivées par les précipitations, d'où leur teinte. Les zones claires, elles, sont lessivées par les eaux. Le matériau de construction est alors mis à nu et parfois érodé.

Les verres des fenêtres et des façades des immeubles contemporains souffrent moins, leur composition étant chimiquement plus stable. Toutefois, la pluie peut laisser des traces légèrement opacifiantes. Les vitraux anciens sont attaqués par les pluies jusqu'à des niveaux de corrosion avancés.

FIGURE 42 – IMPACT DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE SUR LES MATÉRIAUX

Source : Airparif



6.2.5 - Effets sur l'économie

En 2012, le Commissariat Général au Développement durable estimait le coût de la pollution atmosphérique par les particules sur la santé entre 20 et 30 milliards d'euros par an dont plus de la moitié imputable à la mortalité. Plus récemment, la Commission d'enquête du Sénat et le rapport de l'OCDE aboutissait à des tendances similaires malgré des divergences de chiffres, avec respectivement par année 67 à 98 milliards pour le coût total de la pollution de l'air (Sénat) et 51 milliards pour la seule mortalité liée à la pollution aux particules fines (OCDE).

Au-delà des décès, les maladies dues à la pollution de l'air impactent principalement le système de soin : l'asthme, les bronchites aiguës et chroniques, les pneumopathies et les cancers des voies respiratoires.

6.3 - Gaz à effet de serre

Les polluants atmosphériques n'ont pas uniquement des effets négatifs sur l'homme et l'environnement. Ils influencent aussi directement indirectement le climat.

6.3.1 - Dérèglement climatique

Au cours du XX^{ème} siècle, le réchauffement général de la planète a été de +0,5 °C. Suivant les engagements de la COP21, à savoir limiter le réchauffement mondial moyen bien en deçà de 2 °C, tout en poursuivant les efforts pour limiter le réchauffement à 1,5 °C d'ici 2100, la persistance et l'amplification de ce phénomène est prévisible. Il conduirait, entre autres conséquences, à la fonte des glaciers et l'élévation du niveau moyen des mers.

Les émissions de Gaz à Effet de Serre – GES augmentent les quantités déjà présentes dans l'atmosphère et conséquemment accentuent le réchauffement climatique global de la planète, d'après le GIEC. Pour autant, il n'existe aucune certitude sur l'importance et les conséquences de ce réchauffement global. Toutefois, les scientifiques s'accordent sur certaines perspectives éventuelles :

- Climat – multiplication d'évènements météorologiques extrêmes (tempêtes, inondations, sécheresses, etc.) ;
- Environnement – fonte des glaces, augmentation de l'élévation des mers, modification des grands courants marins, extinction d'espèces animales et végétales, migrations climatiques animales et humaines, etc. ;
- Alimentation – diminution et perte de fertilité des sols, chute des productions agricoles, déplacements des zones de production, risque de famines ;
- Santé – développement de maladies transmises par des agents vecteurs, augmentation des affections cardio-respiratoires en lien avec le stress thermique, intensification des problèmes sanitaires pour les plus vulnérables, etc.

6.3.2 - Actions des GES

Les Gaz à Effet de Serre sont les gaz qui absorbent une partie des rayons solaires en les redistribuant sous la forme de radiations qui rencontrent d'autres molécules de gaz, répétant ainsi le processus et créant l'effet de serre, avec augmentation de la température. Les GES ont pour origine première les activités humaines et les combustibles fossiles.

Les principaux GES sont :

- La vapeur d'eau – H₂O – produit par l'évaporation des masses d'eau ;
- Le dioxyde de carbone – CO₂ – produit par la combustion de combustibles fossiles et la déforestation ;
- Le méthane – CH₄ – présent par la décomposition anaérobie de composés organiques (ruminants, rizières, décharges, etc.) et la pyrolyse des composés carbonés ;
- Le protoxyde d'azote – N₂O – produit par l'industrie chimique et les produits azotés ;

- Les hydrocarbures fluorés – HFC, PFC, SF₆, CFC et HCFC – présents dans les gaz réfrigérants et divers procédés industriels (expansion des mousses plastiques, composants électroniques, appareillage haute tension, électrolyse de l'alumine, etc.) ;
- L'ozone – O₃ – produit par réaction des COV et des oxydes d'azote.

Toutefois la vapeur d'eau et l'ozone ne sont pas pris en compte dans les évaluations des Gaz à Effet de Serre.

Ces différents GES ont un impact plus ou moins important sur le climat. Afin de pouvoir les comparer, les émissions de GES sont exprimées dans une unité commune : le CO_{2eq}, c'est-à-dire en équivalent CO₂. Un indicateur d'impact – le Potentiel de Réchauffement Global (PRG) – a été créé. Il permet de classer l'impact des GES comparativement à l'impact du CO₂, et ce, à une échéance de 100 ans.

L'indicateur PRG signifie que :

1 gramme d'un GES ayant un PRG de n sera équivalent à n gramme de CO₂

Les indicateurs PRG des différents Gaz à Effet de Serre évoluent régulièrement puisqu'ils dépendent :

- Des concentrations des divers GES déjà présents dans l'atmosphère et qui évoluent continuellement ;
- Des cycles naturels des gaz considérés qui conditionnent leur durée de vie dans l'air.

La durée de vie du CO₂ étant de 100 ans, on considère généralement cette échéance pour exprimer l'impact des GES.

Les PRG des principaux GES sont détaillés dans le Tableau 55. Ces valeurs signifient que le méthane d'origine fossile, par exemple, aura une action 30 fois supérieure à celle du dioxyde de carbone ou que celle du CFC sera de 4 660 à 13 900 fois supérieure à celle du CO₂ (en fonction de la molécule de CFC considérée).

TABLEAU 55 – TABLEAU DES PRINCIPAUX PRG À 100 ANS

Nom du gaz	PRG à 100 ans
Dioxyde de carbone fossile - CO₂	1
Méthane biogénique - CH_{4b}	28
Méthane fossile - CH_{4f}	30
Protoxyde d'azote - N₂O	265
Hexafluorure de soufre - SF₆	23 500
HFC	138 à 12 400
PFC	6 630 à 11 100
CFC	4 660 à 13 900
HCFC	79 à 1 980

Source : 5^{ème} rapport du GIEC

Les GES ont un effet primordial sur la destruction de l'ozone stratosphérique, en particulier par l'action de composés chimiques à base de chlore et de brome, tels que les chlorofluorocarbones (CFC) ou les bromures de méthyle (CH₃Br), résultant des activités humaines et participant ainsi à la destruction de la couche d'ozone stratosphérique, notamment au-dessus des pôles. Cette couche naturelle limite l'arrivée de certains rayons ultra-violet néfastes pour notre santé et notre environnement.

En effet, une augmentation du flux de rayons UV atteignant la surface terrestre suite à une diminution de la concentration en ozone dans la haute atmosphère pourrait avoir de graves conséquences sur les êtres vivants, à savoir :

- Pour l'environnement :
 - Réduction de la taille des feuilles ;
 - Diminution de la photosynthèse ;

- Impact sur le rendement et la qualité des cultures ;
- Disparition du plancton ;
- Pour l'homme :
 - Brûlures superficielles ;
 - Atteintes oculaires ;
 - Augmentation des cancers et vieillissement de la peau ;
 - Maladies du système immunitaire ;
 - ...

6.3.3 - Calcul des émissions de GES liées au projet

La méthodologie Copert 5 (cf. chapitre 3.1.2 - Évaluation des émissions routières) ne permet pas de calculer l'ensemble des émissions de Gaz à Effet de Serre induites par le trafic routier retenu. Seules les émissions de dioxyde de carbone sont calculées.

Les émissions routières pour le dioxyde de carbone ont été évaluées pour chacun des tronçons du réseau routier, pour l'**État de référence** (ER) à l'horizon 2020, pour le **Fil de l'eau** (FE) et l'**État projeté** (EP) à l'horizon 2025 et pour le **Fil de l'eau +5 ans** (FE5) et l'**État projeté +5 ans** (EP5). Elles sont présentées dans le Tableau 56.

Dans ce tableau, les pourcentages correspondent aux écarts relatifs entre :

- L'État de référence 2020 et le Fil de l'eau 2025 (noté (FE-ER)/ER) ;
- Le Fil de l'eau 2025 et l'État projeté 2025 (noté (EP-FE)/FE) ;
- Le Fil de l'eau 2030 et l'État projeté 2030 (noté (EP5-FE5)/FE5).

TABLEAU 56 – BILAN DES ÉMISSIONS DE DIOXYDE DE CARBONE DU RÉSEAU ROUTIER ÉTUDIÉ (EN KG/JOUR)

	État de référence	Fil de l'eau		État projeté		Évolution			
	2020	2025	2030	2025	2030	(FE-ER)/ER	(FE ₅ -FE)/FE	(EP-FE)/FE	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅
Bd Dr Schweitzer	399,6	405,9	421,5	418,2	434,3	1,6%	4%	3%	3%
Av du 8 mai	269,8	273,9	284,4	273,9	284,4	1,5%	4%	0%	0%
Bd Président Kennedy	181,7	184,4	191,5	191,9	199,3	1,5%	4%	4%	4%
Bd Maréchal Juin	485,3	492,6	511,7	492,6	511,7	1,5%	4%	0%	0%
Av Europe est	2222,2	2255,4	2344,4	2255,4	2344,4	1,5%	4%	0%	0%
Av H Mouret nord	2240,3	2274,1	2363,2	2274,1	2363,2	1,5%	4%	0%	0%
A51	38067,1	37794,0	37349,1	37794,0	37349,1	-0,7%	-1%	0%	0%
A8	78928,0	78519,9	77683,5	78519,9	77683,5	-0,5%	-1%	0%	0%
TOTAL	122 124	121 520	121 149	121 528	121 170	-0,5%	-0,3%	0,0%	0,0%

Source : Egis

Entre l'**État de référence** et la situation au **Fil de l'eau** 2025, on observe deux tendances différentes. Les avenues proche du projet voient leurs émissions augmenter de 1.5% du à l'augmentation du kilométrage parcouru mais sans lien avec le projet. Les deux autoroutes, elles, ne sont pas impactées par l'augmentation de trafic et voient leurs émissions baissées grâce à l'évolution technologique du parc roulant entre 2020 et 2025 (-0,5%).

Entre l'**État de référence** et la situation au **Fil de l'eau** 2030, on observe deux tendances différentes. Les avenues proche du projet voient leurs émissions augmenter de 4% du à l'augmentation du kilométrage parcouru mais sans lien avec le projet. Les deux autoroutes, elles, ne sont pas impactées par l'augmentation de trafic et voient leurs émissions baissées grâce à l'évolution technologique du parc roulant entre 2020 et 2030 (-1%).

Entre les situations au **Fil de l'eau** et l'**États projeté** pour les deux horizons d'étude (2025 et 2030) les augmentations des émissions se concentrent sur les avenues impactées par un modification du trafic de (0 à 4%).

6.4 - Consommation énergétique

Les calculs de consommation énergétique sont réalisés avec Copert 5 suivant la méthodologie précisée dans le chapitre 3.1.2 - Évaluation des émissions routières. Par conséquent, cette consommation est étroitement liée au parc roulant utilisé et les incertitudes sur la réalité de ce parc se reportent sur les résultats des calculs de consommation énergétique.

Les calculs ne prennent en compte que le réseau routier retenu. Les consommations énergétiques sont reportées dans le Tableau 57.

Les mêmes remarque que pour le paragraphe précédent peuvent s'appliquer à la consommation énergétique des véhicules.

Entre l'**État de référence** et la situation au **Fil de l'eau** 2025, on observe deux tendances différentes. Les avenues proche du projet voient leur consommation augmenter de 1.5% du à l'augmentation du kilométrage parcouru mais sans lien avec le projet. Les deux autoroutes, elles, ne sont pas impactées par l'augmentation de trafic et voient leur consommation baissées grâce à l'évolution technologique du parc roulant entre 2020 et 2025 (-0,5%).

Entre l'**État de référence** et la situation au **Fil de l'eau** 2030, on observe deux tendances différentes. Les avenues proche du projet voient leur consommation augmenter de 4% du à l'augmentation du kilométrage parcouru mais sans lien avec le projet. Les deux autoroutes, elles, ne sont pas impactées par l'augmentation de trafic et voient leur consommation baissées grâce à l'évolution technologique du parc roulant entre 2020 et 2030 (-1%).

Entre les situations au **Fil de l'eau** et l'**États projeté** pour les deux horizons d'étude (2025 et 2030) les augmentations de consommation se concentrent sur les avenues impactées par un modification du trafic de (0 à 4%).

TABLEAU 57 – CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE (EN KG/JOUR)

	État de référence	Fil de l'eau		État projeté		Évolution			
	2020	2025	2030	2025	2030	(FE-ER)/ER	(FE ₅ -FE)/FE	(EP-FE)/FE	(EP ₅ -FE ₅)/FE ₅
Bd Dr Schweitzer	126,1	128,1	133,0	132,0	137,1	1,6%	4%	3%	3%
Av du 8 mai	85,1	86,4	89,8	86,4	89,8	1,5%	4%	0%	0%
Bd Président Kennedy	57,3	58,2	60,4	60,5	62,9	1,5%	4%	4%	4%
Bd Maréchal Juin	153,1	155,4	161,5	155,4	161,5	1,5%	4%	0%	0%
Av Europe est	701,1	711,8	740,1	711,8	740,1	1,5%	4%	0%	0%
Av H Mouret nord	706,8	717,7	746,1	717,7	746,1	1,5%	4%	0%	0%
A51	12010,7	11926,2	11788,8	11926,2	11788,8	-0,7%	-1%	0%	0%
A8	24903,2	24780,4	24527,0	24780,4	24527,0	-0,5%	-1%	0%	0%
TOTAL	38 744	38 564	38 247	38 570	38 253	0%	-1%	0%	0%

Source : Egis

7 - LES MESURES ET LA DÉMARCHE ERC « EVITER, RÉDUIRE, COMPENSER »

7.1 - Doctrine ERC - Généralités

Dans le cadre de la démarche **Éviter Réduire Compenser** (ERC) prônée par le gouvernement et explicitée par le guide du Cerema¹⁴, le porteur de projet se doit d'éviter (E) les atteintes à l'environnement, de réduire (R) celles qui n'ont pu être évitées, et si possible, de compenser (C) les effets notables qui n'auraient pu être ni évités ni suffisamment réduits.

Le porteur de projet doit justifier en priorité de mesures d'Évitement : l'évitement étant la seule phase qui garantisse une absence d'impact sur l'Environnement. La compensation ne doit quant à elle intervenir qu'en dernier recours.

Chaque mesure fait l'objet d'une description qualitative et quantitative lorsque disponible (ordre de grandeur du bénéfice attendu en base unitaire¹⁵) ; et sa pertinence est justifiée au vue des contraintes et spécificités du projet du réaménagement du quartier Phares&Balises d'Encagnane.

Nous développons dans ce chapitre les éléments principaux de choix de conception du projet ayant permis d'éviter de réduire ou de compenser les émissions et expositions.

7.2 - Effets en phase chantier et mesures associées

7.2.1 - Effets

Le chantier peut être à l'origine de divers types de pollution de l'air ou de nuisances plus ou moins importantes pour le voisinage :

- Les émissions de poussières sur les pistes et plateformes de chantier, principalement pendant la phase de terrassement ;
- Les pollutions liées au fonctionnement des engins (gaz d'échappement).

En effet, durant la phase travaux, le recours aux engins de chantier pourra engendrer des émissions atmosphériques (ex : particules, NOx, CO, ...). De plus, les reports de trafics induits sur certains axes peuvent également entraîner une augmentation des émissions.

7.2.2 - Mesures

En phase chantier, la production de poussières pourra être diminuée par des dispositions telles que :

- L'aspersion des pistes et des zones de terrassement par temps sec ;
- Le respect des vitesses de circulation afin de limiter le soulèvement de poussières ;
- L'utilisation d'appareils munis de dispositifs assurant le captage des poussières lorsque leur emploi en génère ;
- L'utilisation, autant que possible, des aspirateurs lors du nettoyage de chantier.

Les émissions de gaz d'échappement seront limitées par un entretien régulier des engins et l'utilisation de matériel conforme aux normes d'émissions. Une consigne d'arrêt de moteur pourra être transmise au transporteur pour les camions en attente.

Si nécessaire, une aire de lavage pourra être installée sur le chantier. La propreté des véhicules sera alors contrôlée avant leur départ du chantier en sortie du dispositif de lavage.

¹⁴ Guide méthodologique sur le volet « Air et santé » des études d'impact routières – 2019

Évaluation environnementale Guide d'aide à la définition des mesures ERC JANVIER 2018

¹⁵ La quantification du bénéfice attendu par chaque mesure, pour ce projet précisément, doit faire l'objet d'un chiffrage séparé en fonction du type de mesure à évaluer, du nombre de mesures, de la disponibilité des données entrantes...

Rappelons que, conformément à la réglementation en vigueur, les brûlages de matériaux (emballages, plastiques, caoutchouc, etc.) sont interdits.

Au-delà, les travaux induisent souvent des nuisances olfactives causées par les centrales à bitumes, lors de la réalisation des chaussées.

7.3 - Effets du projet et mesures associées

7.3.1 - Effets

L'étude air et santé de niveau I a montré que la sensibilité de ce projet en matière de qualité de l'air réside dans le fait que des populations nouvelles viendront s'implanter dans une zone proche de l'A8 et l'A51. Bien qu'à l'horizon 2030, les populations localisées sur la zone du projet ne soient plus soumises à des dépassements des valeurs limites réglementaires de qualité de l'air tel que l'a montré notre étude, et bien que les indicateurs du risque aient montré le non dépassement globalement des valeurs repères pour les polluants considérés individuellement, il convient de prendre toutes les mesures possibles permettant de protéger les usagers du quartier et ce dès la mise en fonctionnement du projet.

Les mesures présentées dans les paragraphes suivants sont le fruit des retours d'expériences d'Egis et de propositions nouvelles susceptibles d'améliorer la qualité de l'air pour les populations. Toutes ces mesures devront être mises en place afin que le projet, lors de sa mise en exploitation, entraîne un impact le plus faible possible sur la qualité de l'air et sur la santé des populations.

7.3.2 - Mesures architecturales (Évitement et Réduction)

7.3.2.1 - Murs anti-bruit (Évitement et Réduction)

Dans la configuration actuelle du quartier Phares&Balises et dans sa configuration future des murs anti-bruit sont placés le long de l'autoroute. Ces murs permettent de stopper les polluants et d'assurer une qualité de l'air plus saine aux habitants du quartier.

Cette mesure permet de réduire les expositions des populations aux polluants du côté du quartier Phares&Balises. Une modélisation de cet effet barrière a pu être réalisée dans le cadre de la reprise de l'étude de la ZAC de la Constance en Janvier 2021.

7.3.2.2 - Hauteurs de parkings (Évitement et Réduction)

Le projet de réaménagement du quartier prévoit la création de nouveaux parkings en hauteur entre le merlon paysager et les premières habitations. Ces parkings permettent de créer de nouveaux obstacles à la dispersion des polluants et de protéger les zones les plus habitées du quartier.

Comme expliqué précédemment pour les murs anti-bruit, les parkings feront obstacle à la dispersion des polluants afin de protéger les habitations. Pour une efficacité plus importante nous pouvons ajouter que plus les parkings seront hauts, plus ils permettront une réduction efficace des expositions des populations. En effet, selon nos récentes études (ZAC de la Constance) à une hauteur d'environ 20m de haut, les concentrations de polluants sont proches des concentrations du bruit de fond.

Nous recommandons donc d'augmenter le plus possible les hauteurs des parkings. Cependant afin d'éviter une stagnation trop importante des polluants au droit des parkings et afin de maximiser la dispersion des polluants et ainsi d'éviter un effet canyon, nous préconisons que le rapport entre la hauteur des parkings et la largeur des rues adjacentes soient supérieures à 0.5¹⁶.

7.3.2.3 - Éloignement des bâtiments (Évitement et Réduction)

Dans le cadre du PLU, une zone d'inconstructibilité a été délimitée dans une bande de 50 m de part et d'autre de l'emprise de l'autoroute. Afin de réduire encore plus les expositions des populations, **le plan directeur de réaménagement du quartier Phares&Balises a reculé de 15m supplémentaires les premières habitations.**

¹⁶ Les rues Canyons, ATMO Franche-Comté, 2015

Selon nos simulations présentées dans l'étude d'impact Air&Santé, ce recul permet d'assurer une qualité de l'air acceptable pour toutes les populations habitant dans l'emprise du projet (aucun dépassement des valeurs guides à l'horizon 2030).

7.3.3 - Mesures paysagères (Évitement et Réduction)

7.3.3.1 - Haies végétalisées

Résumé de la mesure

De manière générale, les barrières végétales permettent de capter et d'absorber les polluants. Lorsque implantées à proximité immédiate d'une route, elles permettent également de modifier la dispersion des polluants pour protéger les piétons et faire écran à la pollution. Il peut donc être conseillé d'avoir également recours à des barrières végétalisées envisagées aux abords des sites sensibles (comme la crèche par exemple).

Tout d'abord dans le cadre de ce projet, un merlon de 9 500m² a été implanté au plus proche de l'autoroute et en amont d'une promenade piétonne en stabilisé permettant de faire barrière entre l'autoroute et les premières habitations.

Nous recommandons aussi de mettre en place **le plus d'espaces verts possible** et notamment **le long des voies de circulation**. Cependant nous pouvons séparer deux types de voies pour lesquels la mise en place d'espaces verts est nécessaire :

- **Dans les rues canyons (*Boulevard du Docteur Schweitzer* et *Avenue du 8 Mai*)**, l'amélioration ou la détérioration de la qualité de l'air va dépendre d'une combinaison de facteurs tels que le rapport hauteur/largeur, le trafic, la densité de végétation et la direction du vent.
 - **Éviter l'aménagement d'infrastructures vertes de grande hauteur**, comme les grands arbres à forte densité foliaire, qui ont en général un impact négatif sur la qualité de l'air ;
 - **Privilégier une végétation de bas niveau** avec une couverture foliaire sur toute sa longueur, comme les haies végétalisées, qui gêne la circulation de l'air en dessous et ont donc généralement un impact positif sur la qualité de l'air ;
 - **Choisir des arbres de plus petite taille à planter de façon espacée et réduire leur densité foliaire** par élagage, ce qui permet une ventilation accrue et ainsi de réduire l'exposition des individus aux polluants de l'air
- **En bordure de route** (en tissu ouvert), les infrastructures vertes de type barrière végétale épaisse, dense et haute ont un impact positif sur la qualité de l'air.
 - **Privilégier des espèces à feuilles persistantes** et d'autres espèces végétales non sujettes aux effets saisonniers ;
 - **Les façades et toitures végétalisées** peuvent constituer des moyens complémentaires pour atténuer la pollution atmosphérique dans les rues. Elles restent cependant moins performantes que les arbres ou autres barrières végétales ;
 - **Végétaliser un maximum d'éléments bâtis** (immeubles, parkings aériens, etc.), nous reviendrons sur cette mesure dans un paragraphe dédié.

Explication de la mesure

Pour justifier de cette mesure, nous avons pris connaissance du guide ISadOrA sur un Urbanisme Favorable à la Santé (UFS). Selon ce guide, il faut « Privilégier une végétation de bas niveau avec une couverture foliaire sur toute sa longueur, comme **les haies végétalisées**, qui gêne la circulation de l'air en dessous et ont donc généralement un impact positif sur la qualité de l'air ».

En effet, les haies peuvent constituer des barrières poreuses créant des effets de protection ou de brise-vent. Les écrans végétaux réduisent la vitesse du vent et filtrent les structures turbulentes. Ces effets aérodynamiques ont pour principale conséquence d'altérer la répartition des concentrations de polluants, en créant des zones abritées.

L'efficacité de notre barrière végétale dépendra principalement de la porosité ainsi que des arbres et arbustes utilisés pour la composer. Dans la suite de notre proposition, nous nous efforçons de donner les meilleures caractéristiques possibles permettant de réduire les expositions des riverains par l'intermédiaire des haies végétalisées.

Conseil et chiffres clefs à appliquer pour maximiser l'effet de la mesure

Des éléments complémentaires sur cette mesure sont donnés dans le tableau suivant et permette d'améliorer l'efficacité de la mesure lors de sa mise en service :

Caractéristique de la barrière	Conseils	Description
Caractéristiques physiques		
Hauteur	5m ou plus (ou 1m au-dessus d'une barrière classique)	Plus la barrière végétale est grande plus elle réduit la concentration de polluants. 5m permet de contenir avec une bonne efficacité la pollution des véhicules sur la route.
Épaisseur	10m ou plus	Un minimum de 10m d'épaisseur permet de capturer les particules tout en évitant de laisser des trous dans la barrière végétale. On doit considérer une barrière avec plusieurs couches (buissons, arbustes, arbres...) afin d'éliminer les différents polluants.
Porosité	0.5 à 0.9	La porosité ne doit pas être trop grande pour capturer les polluants mais pas non plus trop faible afin de ne pas concentrer les polluants d'un seul côté du mur et de ne pas bloquer la circulation du vent. Pour le cas des particules il faut au contraire une très faible porosité afin de ne pas laisser passer les PM ¹⁷ .
Longueur	50m ou plus au-delà de la zone concernée	Permettre de capturer plus de polluants que sur la seule zone concernée
Caractéristique de la végétation		
Composition	1/2 à 2/3 de conifères	Permet de garder une absorption tout au long de l'année

¹⁷ Efficiency differences of roadside greenbelts with three configurations in removing coarse particles (PM10): A street scale investigation in Wuhan, China

Type de végétalisation	Type de végétation	Difficulté de mise en place/entretien
Intensive	Arbres et arbustes	xxx
Semi-intensive	Gazon, petits buissons, plantes vivaces	xx
Extensive	Plantes vivaces, mousses	x
Effets de la saison	La végétation ne doit pas changer en fonction de la saison	Utilisation de végétaux qui résistent quel que soit la saison afin de garder une efficacité de la barrière tout au long de l'année ¹⁸ .
Émissions	Aucune émission de polluants	Faire attention aux émissions de certains arbres (COV, pollens...) ¹⁹
Résistance à la pollution	Résistants aux effets de la pollution et autre stress	Garder des végétaux qui résistent bien à l'absorption continue de polluants

De plus on privilégiera un mix entre petits arbres (<5m) et arbustes larges (environ 1.5m). On laisse cependant à l'appréciation du porteur de projet le choix des arbres en fonction des contraintes (pollens, allergies...) et des possibilités sur place.

7.3.3.2 - Végétalisation des toits

Selon le guide ISadOra : « Les façades et toitures végétalisées peuvent constituer des moyens complémentaires pour atténuer la pollution atmosphérique dans les rues. Elles restent cependant moins performantes que les arbres ou autres barrières végétales ».

Une mesure complémentaire proposée par Egis serait la végétalisation des toits et en particulier ceux en contact proche avec l'autoroute, c'est-à-dire à **minima ceux des parkings en silo**. En effet on note que **la végétalisation extensive** (plantation de mousse et plantes vivaces) permettrait de réduire une part importante des émissions de polluants. En effet de nombreuses études dont celle de Speak et al., 2012 « *Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city* » permet de mettre en évidence la capture des PM10 par les toits végétalisés. Certaines types de plantes vivaces peuvent même absorber jusqu'à **3.21 kg/ha⁻¹/an⁻¹**.

Conseil et chiffres clefs à appliquer pour maximiser l'effet de la mesure

Nous conseillons de développer des végétalisations extensives surtout dans nos régions tempérées qui sont propices aux sécheresses. Cette végétalisation nous permettra d'allier efficacité sur la pollution atmosphérique et coût pour le porteur de projet.

Cependant cette mesure doit être validée par le porteur de projet en accord avec un urbaniste, un paysagiste ou toute personne considérée comme compétente sur le sujet **afin d'assurer une efficacité maximale** de la mesure.

¹⁸ les_arbres_une_bouffée_dair_pur_pour_la_ville-wageningen_university_and_research_252244.pdf

¹⁹ les_arbres_une_bouffée_dair_pur_pour_la_ville-wageningen_university_and_research_252244.pdf

7.3.3.3 - Îlots de verdure

Cette mesure fait référence au COTEC Permis d'Aménagement et des pièces relatives à la demande de permis d'aménager le quartier Phares&Balises de Mars 2021.

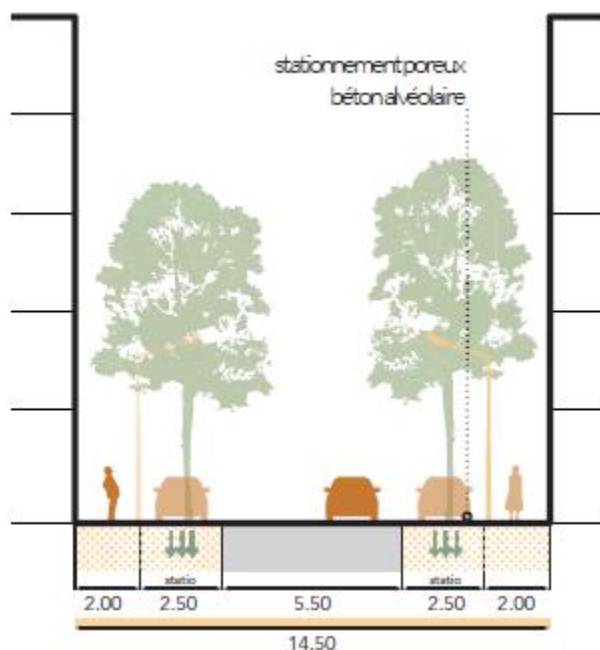
Le porteur de projet s'engage dans le cadre de chaque îlot et de leur abords à créer des zones où :

- **Accès piétons/cycles** : Le cœur d'îlot doit être visible depuis l'espace public mais son accès privé reste réservé aux résidents de l'îlot. L'accès au cœur d'îlot doit être possible par tous les immeubles (halls traversant) et contrôlé par clef (entrée et sortie).
- **Seuils** : Les seuils appropriables pour les logements du rez-de-chaussée doivent être entre 1.8 m minimum et 2.5 m maximum. Si ils sont clôturés, ce ne peut être **qu'avec un muret ou une barrière végétale de maximum 1m.**
- **Surface végétale** : Un minimum de 60 % de la surface du cœur d'îlot doit être traité en pleine terre.
- **Arbres** : Chaque îlot doit intégrer à minima un arbre de 1ère grandeur avec une force minimale de 50/60, 6 fois transplanté, hauteur du sujet lors de la plantation entre 7 et 9 mètres. Il s'agira d'une espèce à feuilles caduques pour laisser passer le soleil en hiver. Chaque arbre doit être implanté dans une fosse de plantation continue avec le sous-sol aux dimensions minimales de 5 x 5 m.
- **Palette végétale** : Le projet s'inscrivant dans une démarche durable, les espaces verts seront de type «méditerranéen» avec des plantes adaptées au climat du lieu de plantation et nécessitant peu d'arrosage.
- Préconisations :
 - Créer des milieux différenciés (humides, secs) et concevoir des espaces verts intégrant différentes strates végétales : herbacées, arbustives, arborées ... (planter dans des forces et sections moindres, permettant aux végétaux une meilleure adaptation et enracinement)
 - Privilégier la présence de fleurs pour attirer les insectes pollinisateurs
 - Éviter toute plante envahissante
 - Éviter le gazon soigné, préférer un traitement de type prairie.
 - Favoriser la mise en place d'une gestion différenciée des espaces verts afin de réduire l'entretien.
 - Prendre en compte la croissance des végétaux et la variabilité du paysage en fonction des saisons.
 - Préférer des limites perméables pour garantir le déplacement des espèces et les échanges de pollens
 - Pour la faune et favoriser la création artificielle d'habitat de remplacement pour la faune : nichoirs, hôtels à insectes.

7.3.4 - Mesures liées au transport (Évitement et Réduction)

Dans le cadre du réaménagement du quartier Phares&Balises, aucun plan de transport en commun n'a été mis en place du fait de la faible zone du projet. Cependant, le plan d'aménagement prévoit de mettre en place :

- Une traversée piétonne le long du merlon afin de créer un cadre de vie plus agréable aux habitants du quartier
- Une esplanade, lieu de rencontre entre vélos et piétons
- Des traversées piétonnes entre les différents îlots



7.3.5 - Autres mesures

Utilisation des espaces verts pour la pratique sportive

Les surfaces importantes d'espaces verts permettent de favoriser la pratique du sport. Une récente étude prospective²⁰ **estime à 3 ans le gain en espérance de vie d'une pratique sportive régulière** (15 minutes par jour ou 92 minutes hebdomadaires). Le fait de favoriser la pratique du sport via l'aménagement d'espaces verts permet ainsi de compenser les effets néfastes de la pollution atmosphérique de fond, bien que ceci ne puisse être quantifier précisément dans le cadre de cette étude.

Monitoring de la qualité de l'air

Egis demande dans le cadre des mesures d'accompagnement de **mettre en place un système de monitoring** de la qualité de l'air et de communiquer (applications riverains, panneaux d'affichage...) pour sensibiliser la population à la problématique de la pollution atmosphérique et ainsi renforcer les pratiques de déplacement en transport en commun (évite des émissions), ou pour adapter ses pratiques (évite les expositions tel que le sport en période de pic de pollution).

De plus un monitoring précis de la qualité de l'air pour asservir les systèmes de ventilation/filtration de l'air dans les bâtiments les plus impactés permettra aussi de réduire les expositions des populations (mesure citée précédemment).

²⁰ www.sports.gouv.fr/IMG/pdf/sporteco_sportsantefinancespubliques2018.pdf

8 - MONÉTARISATION ET ANALYSE DES COÛTS COLLECTIFS LIÉS À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ET À L'EFFET DE SERRE

8.1 - Méthodologie

La monétarisation et l'analyse des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique et à l'effet de serre ont été réalisées conformément à la **Note technique du 27 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transport et aux fiches outils associées** (version du 1^{er} octobre 2014). Ces documents de référence ont été rédigés par la Direction générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer du Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.

8.1.1 - Monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique

La fiche outil intitulé **Effets sur la pollution locale de l'air**²¹ avertit sur les limites de la monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique.

Il est indiqué que « *les connaissances actuelles (données et outils disponibles) ne permettent pas de déterminer les pics de pollution, les variations saisonnières ou journalières de la pollution dues au projet* ».

Les résultats obtenus doivent davantage être lus comme des tendances plus que comme des valeurs formelles.

8.1.1.1 - Valeurs de référence

La fiche outil du 1^{er} octobre 2014 intitulée **Valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique** précise les valeurs de la pollution atmosphérique pour le mode routier devant être utilisées dans le calcul des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique. Ces valeurs sont indiquées par type de véhicules et par densité d'urbanisation des territoires (cf. Tableau 58).

Le calcul des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique s'appuie sur :

- Les types de véhicules et carburants associés ;
- La densité de l'urbanisation ;
- Le taux de croissance du PIB par tête.

TABLEAU 58– VALEURS DE RÉFÉRENCE DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE POUR LE MODE ROUTIER

€/2010/100 véh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
VL essence	4,5	1,3	0,6	0,5	0,5
VL diesel	20,4	5,5	2,2	1,6	1,1
VL GPL	3,5	1,0	0,4	0,3	0,1
Utilitaire essence	6,3	1,9	0,9	0,8	0,8
Utilitaire diesel	33,7	9,1	3,5	2,5	1,6
PL diesel	186,6	37,0	17,7	9,4	6,4
Bus et cars	125,4	24,8	11,9	6,3	4,2

Source : Egis

8.1.1.2 - Répartition des véhicules et carburants aux horizons de l'étude

La répartition par type de véhicules est directement issue du parc roulant IFSTTAR 2019, défini à l'heure actuelle jusqu'en 2050. Cette répartition est présentée, pour les horizons d'étude 2020, 2025 et 2030, dans le Tableau 59.

²¹ MEDDE - Fiche outil Effets sur la pollution de l'air – 01/10/14 – 3 Limites et précautions - page 2

TABLEAU 59 – RÉPARTITION DES VÉHICULES EN 2020, 2025 ET 2030

Type de véhicules	État de référence	Fil de l'eau	Fil de l'eau	État projeté	État projeté
	2020	2025	2030	2025	2030
VL essence	41%	45%	51%	45%	51%
VL diesel	59%	54%	48%	54%	48%
VL GPL	1%	1%	1%	1%	1%
Utilitaire essence	3%	6%	12%	6%	12%
Utilitaire diesel	97%	94%	88%	94%	88%
PL diesel	100%	100%	100%	100%	100%
Bus diesel	91%	80%	67%	80%	67%
Bus biodiesel	1%	5%	11%	5%	11%
Bus CNG	8%	15%	22%	15%	22%
Car diesel	100%	100%	100%	100%	100%

Source : Egis

8.1.1.3 - Répartition de l'urbanisation aux horizons de l'étude

Les critères retenus pour la détermination de la densité d'urbanisation s'appuient sur la **Méthode de construction de la grille de densité (typologie européenne) mise en œuvre au PSAR AT**²². Ils tiennent également compte de la définition officielle de l'Unité urbaine²³ telle qu'elle est décrite par l'INSEE, l'IGN, le MEDDE.

Ces valeurs de surfaces s'obtiennent, sous SIG, par la détermination des secteurs urbanisés (Corine Land Cover, Open Street Map, numérisation) et l'affectation des populations légales (Insee). À défaut, il est possible d'utiliser la répartition de l'urbanisation (en ajoutant et en quantifiant les zones interurbaines) définies par l'INSEE²⁴.

Les populations communales ont été estimées en 2020, 2025 et en 2030 sur la base des données de population INSEE de 2016, actualisées avec les aménagements du quartier aux différents **États projetés**.

Les classes de densité retenues sont issues de la fiche outil concernant les **Valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique** (paragraphe 3 – Externalités environnementales). Cette répartition est présentée dans le Tableau 60.

TABLEAU 60 – RÉPARTITION DE L'URBANISATION DANS L'EMPRISE DU PROJET

Classes de densité	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interrurbain
	> 4 500 hab/km ²	1 500 à 4 500 hab/km ²	450 à 1 500 hab/km ²	37 à 450 hab/km ²	< 37 hab/km ²
Horizon 2020	69%	9%	22%	0%	0%
Horizon 2025	69%	9%	22%	0%	0%
Horizon 2030	69%	9%	22%	0%	0%

Source : Egis

²² INSEE, Méthode de construction de la grille de densité (typologie européenne) mise en œuvre au PSAR AT22 - © Insee - Mars 2015

²³ INSEE - <http://insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/unite-urbaine.htm>

²⁴ INSEE - <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=zonages/grille-densite.htm>

8.1.1.4 - Croissance du PIB

Les croissances du PIB sont fournies par la Banque Mondiale²⁵ pour les années 1961 – 2017, par la Commission Européenne²⁶ pour les années 2006 à 2017 et par l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) jusqu'en 2020.

En l'absence de données prévisionnelles à utiliser pour les horizons prospectifs au-delà de 2020, le taux de croissance du PIB ne peut pas être intégré dans cette méthodologie.

La croissance du PIB n'a donc pas été considérée dans le cadre de cette évaluation. Cette absence de donnée n'entrave toutefois pas l'analyse comparative entre le **Fil de l'eau 2025** et l'**État projeté 2025**, puisqu'elle concerne les mêmes horizons d'étude. De même entre le **Fil de l'eau 2030** et l'**État projeté 2030**.

8.1.2 - Monétarisation des coûts collectifs liés à l'effet de serre

Le calcul des coûts collectifs liés à l'effet de serre s'appuie sur les émissions de dioxyde de carbone pour l'ensemble des tronçons et des véhicules et sur le coût de la tonne de CO₂ en €₂₀₁₀ pour l'année considérée.

8.1.2.1 - Valeurs de référence

Les valeurs de référence du prix de la tonne de dioxyde de carbone sont indiquées dans les fiches outil Valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique²⁷ et Valeurs recommandées pour le calcul socio-économique²⁸.

8.1.2.2 - Coûts de la tonne de CO₂ aux horizons d'étude

Les valeurs de référence du coût de la tonne de dioxyde de carbone sont présentées dans le Tableau 61. En l'absence d'une hypothèse plus probable que l'autre et suivant la préconisation du rapport Quinet, le tableau présente une valeur médiane de 250 €₂₀₁₈ la tonne de dioxyde de carbone en 2050.

TABLEAU 61 – VALEURS DE RÉFÉRENCE DE LA TONNE DE DIOXYDE DE CARBONE

Année	Coût de la tonne de CO ₂
2018	54 € ₂₀₁₈
2030	250 € ₂₀₁₈
2050	775 € ₂₀₁₈

Source : Egis

À partir de ces valeurs de référence, des taux d'évolution annuel ont été déterminés pour la période 2010 – 2030 et pour la période 2030 – 2050. Ils sont présentés dans le Tableau 62.

TABLEAU 62 – TAUX D'ÉVOLUTION DU PRIX EN €₂₀₁₈ DE LA TONNE DE DIOXYDE DE CARBONE

Période	Taux d'évolution
2018 - 2030	14%
2030 - 2050	6%

Source : Egis

²⁵ Banque Mondiale - <http://donnees.banquemondiale.org/indicateur/NY.GDP.PCAP.KD.ZG>

²⁶ Commission européenne - [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Real_GDP_growth,_2006-2016_\(%25_change_compared_with_the_previous_year;_%25_per_annum\)_YB17-fr.png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Real_GDP_growth,_2006-2016_(%25_change_compared_with_the_previous_year;_%25_per_annum)_YB17-fr.png)

²⁷ MEDDE - Valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique - 01/10/14 - 3.1 Pollution atmosphérique - page 4

²⁸ MEDDE - Valeurs recommandées pour le calcul socio-économique - 01/10/14 - 3. Externalités environnementales : valeurs recommandées - page 7

Les coûts de la tonne de dioxyde d'azote en €₂₀₁₈ pour les horizons concernés sont indiqués dans le Tableau 63.

TABLEAU 63 – COÛT DE LA TONNE DE CO₂ EN €₂₀₁₈

Scénario	Année	Coût de la tonne de CO ₂ en € ₂₀₁₈
État de référence	2020	70
Fil de l'eau / État projeté	2025	132
	2030	775

Source : Egis

8.1.3 - Monétarisation des effets amont – aval

Ces coûts intègrent la prise en charge des externalités, à savoir la production et la distribution des énergies, la fabrication, la maintenance et le retrait des véhicules, ainsi que la construction, la maintenance et la fin de vie de l'infrastructure.

Les valeurs tutélaires des émissions Atmosphériques, précisées dans la fiche outil **Valeurs recommandées pour le calcul socio-économique**, sont données dans le Tableau 64.

Les valeurs pour l'étude sont calculées à partir des valeurs tutélaires et du kilométrage parcouru.

TABLEAU 64 – VALEURS TUTÉLAIRES DES ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES EN €₂₀₁₈ POUR 100 VÉH.KM

Transport routier	VL	0,90
	Utilitaire	1,14
	PL	2,96
	Bus - Car	2,83

Source : Egis

8.1.4 - Prise en compte des risques

La monétarisation intègre la notion de risques pouvant affectés les effets du projet.

D'origines multiples, physiques (aléas naturels, industriels, malveillance) ou économiques (coûts, croissance, prix relatifs, etc.), ces risques sont classés en :

- Risques non systémiques (données insuffisamment fiables, erreurs d'estimation des coûts...) dont l'évaluation n'intervient pas dans la monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique et à l'effet de serre ;
- Risques systémiques (contexte macro-économique, prix de l'énergie...) qui sont évaluées dans la monétarisation.

La prise en compte du risque systémique est réalisée par la méthode de calcul élémentaire qui consiste à « évaluer l'ensemble des coûts et avantages du projet dans un scénario de contexte macro-économique unique (dit 'tendanciel') »²⁹. Le taux d'actualisation est alors fixé à 4,5 %.

Toutefois, comme les projets concernant les trajets de longues distances sont réputés plus risqués que les projets locaux, le rapport Quinet introduit un facteur risque qui implique la prise en compte d'un taux variable en fonction du type de projet.

²⁹ MEDDE – Prise en compte des risques dans l'analyse monétarisée - 01/10/14 - 3. Prise en compte des risques systémiques dans l'analyse monétarisée - page 5

Le rapport propose d'introduire la notion de risque dans le taux d'actualisation (méthode dite du dénominateur). En pratique il s'agit de considérer un taux d'actualisation selon la formule suivante :

$$r = r_f + \varphi\beta$$

Avec :

- **r** taux d'actualisation risqué propre au projet ;
- **r_f** taux sans risque de 2,5 % passant à 1,5 % au-delà de 2070 ;
- **φ** prime de risque du projet, de 2 % passant à 3 % au-delà de 2070 ;
- **β** corrélation entre la valeur du projet et le PIB.

On distingue trois types de corrélation β en fonction :

- Du gain de temps et qui ne concerne pas la présente monétarisation ;
- Des coûts de construction et fixée à 0,5 par défaut dans le rapport Quinet³⁰ ;
- Des effets carbone et fixée à 1 par défaut dans le rapport Quinet³¹.

Les taux d'actualisation utilisés pour la monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique, à l'effet de serre et aux effets amont – aval sont présentés dans le Tableau 65.

TABLEAU 65 – TAUX D'ACTUALISATION DES RISQUES LIÉS À LA CONSTRUCTION

Actualisation	État de référence	Fil de l'eau et État projeté	Fil de l'eau et État projeté
Horizon	2020	2025	2030
Pollution atmosphérique	3,5%	3,5%	3,5%
Gaz à effet de serre	4,5%	4,5%	4,5%
Effets amont - aval	3,5%	3,5%	3,5%

Source : Egis

8.2 - Résultats de la monétarisation

8.2.1 - Monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique

Les coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique ainsi obtenus sont présentés dans le Tableau 66.

TABLEAU 66 – MONÉTARISATION DES COÛTS ANNUELS LIÉS À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

Coût annuel en k€	État de référence	Fil de l'eau		État projeté		Ecart relatif (en %) (FE-ER)/ER		Ecart relatif (en %) (EP-FE)/FE	
	ER2020	FE2025	FE2030	EP2025	EP2030	2025	2030	2025	2030
	VL	2 765	2 212	1 730	2 215	1 728	-20%	-37%	0,2%
Utilitaires	1 962	1 606	1 286	1 609	1 284	-18%	-34%	0,2%	-0,1%
PL	5 770	4 860	4 094	4 858	4 092	-16%	-29%	0,0%	-0,1%
Total	10 496	8 677	7 110	8 682	7 105	-17%	-32%	0,1%	-0,1%

Source : Egis

La monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique permet d'estimer une diminution annuelle de 1 547k€ à l'horizon 2030, du fait de la réalisation du projet Phares&Balises.

³⁰ Commissariat général à la stratégie et à la prospective – Évaluation socio-économique des investissements publics – rapport de la mission présidée par Émile Quinet – Chapitre 1 – 3.5.3. Les considérants concernant le système d'actualisation – page 82

³¹ Commissariat général à la stratégie et à la prospective – Évaluation socio-économique des investissements publics – rapport de la mission présidée par Émile Quinet – Chapitre 1 – 9.2. Comment envisager la révision 2013 – page 123

8.2.2 - Monétarisation des coûts collectifs liés à l'effet de serre

Les coûts collectifs liés à l'effet de serre ainsi obtenus sont présentés dans le Tableau 67.

TABLEAU 67 – MONÉTARISATION DES COÛTS ANNUELS LIÉS À L'EFFET DE SERRE

Coût annuel en k€ ₂₀₁₈	État de référence ER2020	Fil de l'eau		État projeté		Ecart relatif (en %) (FE-ER)/ER		Ecart relatif (en %) (EP-FE)/FE	
		FE2025	FE2030	EP2025	EP2030	2025	2030	2025	2030
Gaz à effet de serre	5 512	8 336	34 885	8 354	34 823	51%	533%	0,2%	-0,2%

Source : Egis

La monétarisation des coûts collectifs liés à l'effet de serre permet d'estimer une augmentation très importante entre 2020 et 2025 (dû à **un facteur 2 du prix de la tonne de CO₂ entre 2020 et 2025** et **d'un facteur 10 entre 2020 et 2030**). **L'écart relatif entre l'État Fil de l'eau et l'État Projeté** montre une stagnation pour les deux horizons d'études.

8.2.3 - Monétarisation des coûts collectifs liés aux effets amont – aval

Les coûts collectifs liés aux effets amont – aval ainsi obtenus sont présentés dans le Tableau 68.

TABLEAU 68 – MONÉTARISATION DES COÛTS COLLECTIFS LIÉS AUX EFFETS AMONT – AVAL

Coût annuel en k€	État de référence ER2020	Fil de l'eau		État projeté		Ecart relatif (en %) (FE-ER)/ER		Ecart relatif (en %) (EP-FE)/FE	
		FE2025	FE2030	EP2025	EP2030	2025	2030	2025	2030
VL	2,434	2,051	1,731	2,054	1,729	-16%	-29%	0,2%	-0,1%
Utilitaires	0,921	0,776	0,655	0,777	0,654	-16%	-29%	0,2%	-0,1%
PL	1,257	1,058	0,892	1,058	0,891	-16%	-29%	0,0%	-0,1%
Total	4,611	3,885	3,277	3,889	3,274	-16%	-29%	0,1%	-0,1%

Source : Egis

La monétarisation des coûts collectifs liés aux effets amont-aval permet d'estimer une diminution annuelle de 615€ à l'horizon 2030, du fait de la réalisation du projet de quartier Phares&Balises.

8.2.4 - Synthèse

Les coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique, à l'effet de serre et aux effets amont – aval sont cumulés dans le Tableau 69.

TABLEAU 69 – SYNTHÈSE DES COÛTS ANNUELS LIÉS À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE, À L'EFFET DE SERRE ET AUX EFFETS AMONT – AVAL

Coût annuel en k€	État de référence ER2020	Fil de l'eau		État projeté		Ecart relatif (en %) (FE-ER)/ER		Ecart relatif (en %) (EP-FE)/FE		
		FE2025	FE2030	EP2025	EP2030	2025	2030	2025	2030	
Pollution de l'air	VL	2764,6	2211,7	1730,0	2215,2	1728,1	-20%	-37%	0,2%	-0,1%
	Utilitaires	1961,7	1606,1	1285,8	1608,6	1284,4	-18%	-34%	0,2%	-0,1%
	PL	5769,8	4859,6	4094,4	4858,1	4092,0	-16%	-29%	0,0%	-0,1%
Effet de serre	5512,3	8336,0	34884,9	8353,6	34823,1	51%	533%	0,2%	-0,2%	
Effets Amont - Aval	4,6	3,9	3,3	3,9	3,3	-16%	-29%	0,1%	-0,1%	
Total en k€	16 013	17 017	41 998	17 039	41 931	6%	162%	0,1%	-0,2%	

Source : Egis

La monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique, à l'effet de serre et aux effets amont – aval permet d'estimer une diminution annuelle de 67k€ à l'horizon 2030, du fait de la réalisation du projet de réaménagement du quartier Phares&Balises.

Cette diminution entre État Fil de l'Eau et État Projeté reste très peu significative pour les mêmes horizons d'étude. L'augmentation entre les différents horizons résulte principalement **du prix de la tonne de CO₂** entre les différents horizons et est principalement lié l'effet de serre (83 % des coûts collectifs à l'horizon 2030).

9 - CONCLUSION

Cadre réglementaire

L'étude air et santé de niveau I du projet de réaménagement du quartier Phares&Balises a été menée conformément à la réglementation en vigueur, notamment la note technique du 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA.

État initial et enjeux

Sur la base des éléments bibliographiques disponibles, la caractérisation de l'état actuel à proximité immédiate de l'emplacement projeté du quartier Phares&Balises a permis de mettre en évidence :

- Un environnement caractérisé principalement par des espaces périurbains ;
- Aucun établissement à caractère sanitaire et social et 3 sites sensibles dans l'emprise du projet mais une crèche à proximité ;
- Trois stations permanentes de mesure AtmoSud.

Les campagnes de mesures, menées du 08 juin au 07 juillet 2020 (campagne estivale) et du 16 novembre au 14 décembre 2020 (campagne hivernale), ont montré que les teneurs en polluants respectent les valeurs limites de qualité de l'air en vigueur dans l'emprise du projet. À noter que pendant les campagnes de mesures, le trafic automobile était probablement moindre qu'une année habituelle, du fait de la crise sanitaire (confinement, tourisme réduit...). Ainsi, la pollution atmosphérique mesurée a pu être sous-estimée par rapport à la modélisation de l'état de référence, basée sur des données de trafic antérieures. Cette modélisation indique en effet des dépassements de valeurs seuils dans le domaine d'étude pour le dioxyde d'azote, les PM10 et PM2.5.

Ce projet de réaménagement implique l'augmentation de la population dans une zone d'étude où la qualité de l'air est représentative d'une zone urbaine à péri-urbaine, avec présence de polluants en air ambiant issus de l'ensemble de l'agglomération et du tissu routier aixois. L'enjeu principal de l'étude d'impact est donc de vérifier avec soin le niveau des indicateurs du risque sanitaire, pour l'État Projeté, en lien en particulier avec les sources existantes actuellement que sont l'A8 et l'A51.

Impact du projet sur la qualité de l'air (comparaison Fil de l'Eau – État projeté)

Le projet du quartier Phares&Balises a pour impact l'augmentation des émissions routières de l'ordre de 3 à 4 % par rapport à un horizon sans projet (Fil de l'eau) sur les tronçons à l'intérieur du quartier réaménagé.

Néanmoins, la comparaison entre les scénarios Fil de l'Eau et État projeté sur les concentrations atmosphériques en air ambiant montre que la réalisation du projet de réaménagement du quartier Phares&Balises, à l'horizon 2030, n'a pas d'impact significatif sur la qualité de l'air à l'échelle de la zone d'étude. En effet, la qualité de l'air étant principalement influencée par les niveaux de fond et par les émissions issues des autoroutes A8 et A51.

Respect des valeurs réglementaires de qualité de l'air

Pour les scénarios futurs (Fil de l'Eau 2025 et État projeté 2025), concernant les PM2.5 des dépassements des valeurs limites réglementaire et objectifs de qualité de l'air sont attendus à proximité des autoroutes et impactent une zone habitée. Cependant **pour les horizons d'étude 2030 aucun dépassement des valeurs limites n'est attendu, quel que soit le polluant étudié.**

On note toutefois, pour les PM2.5, que les concentrations modélisées en 2030 restent proches de l'objectif de qualité de l'air ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), notamment du fait de la prise en compte d'un bruit de fond important ($8,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ issu la campagne de mesures de la ZAC de la Constance en 2019) qui représente 85% des concentrations en PM2.5.

Indice Exposition-Population

Sur la base de l'Indice Pollution Population, indicateur sanitaire simplifié, la réalisation de réaménagement du quartier Phares&Balises conduit à une diminution du nombre d'habitant exposés dans l'emprise du projet pour le dioxyde d'azote.

Ainsi, malgré l'aménagement de 444 nouveaux logements dans le quartier, ces logements étant construits plus loin de l'autoroute, les impacts sont moins important à l'**État projeté** qu'à l'**État Fil de l'eau** et cela peu importe l'horizon d'étude. Enfin, à l'**État projeté 2030**, l'ensemble des habitants est exposé à des teneurs en dioxyde d'azote inférieures à la valeur limite ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Risques sanitaires

Pour les polluants traceurs de risque considérés dans l'évaluation, en exposition chronique par inhalation et par ingestion, ainsi qu'en exposition aigue, les résultats montrent que :

- Les valeurs repère du risque sanitaire, pour les effets à seuil, sont toutes respectées (quotients de danger inférieurs à 1).
- Les valeurs repère du risque sanitaire, pour les effets sans seuil, sont toutes respectées (Excès de Risque individuels inférieurs à 1.10^{-5}).

Ainsi, pour chaque polluant traceur de risque pris individuellement, le risque sanitaire attendu sur ce projet est qualifié d'acceptable.

À noter toutefois les points d'attention suivants :

- En 2030, les concentrations en PM_{2,5} sont proches de la valeur guide de l'OMS, fixée à 10 µg/m³, la teneur en bruit de fond retenue représentant à minima 85 % de la concentration d'exposition. Une mesure d'accompagnement en lien avec ces particules fines doit donc être prévue (surveillance et filtration de l'air des immeubles de bureaux longeant l'A51).
- L'exercice de prise en compte de l'additivité des risques est réalisé à titre indicatif au chapitre 5.4.4 - . Cet exercice montre que la somme des Excès de Risque Individuel est de l'ordre de la valeur repère sanitaire de 1.10^{-5} . Sachant que le risque est porté en particulier par le benzène, ce polluant doit également faire l'objet d'une surveillance particulière.

Mesures d'évitement et de réduction

En lien avec la présente évaluation, les choix de conception visant à réduire au maximum les émissions, expositions et risques sanitaires ont été présentés.

En phase de réalisation et afin d'accompagner ce projet vers une maîtrise des impacts sanitaires, des recommandations doivent être faites aux promoteurs, à travers les cahiers des charges de cession de terrains, afin de prendre en compte un certain nombre de mesures détaillées dans cette évaluation. Mesures concernant notamment : le positionnement des prises d'air, la filtration de l'air, l'étanchéité des façades ou encore le monitoring de la qualité de l'air.

10 - ANNEXES

10.1 - Fiches de mesure

Fiche de mesure - SPLA

Site 01

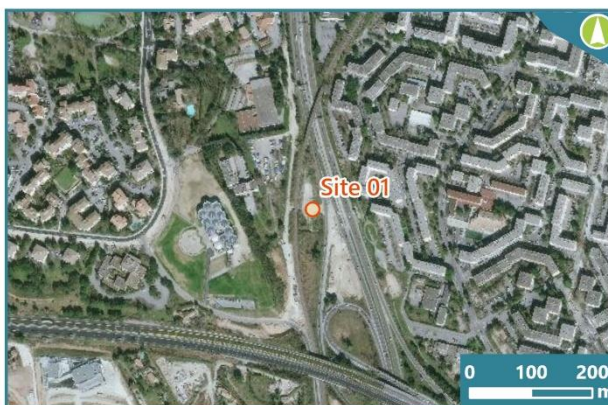
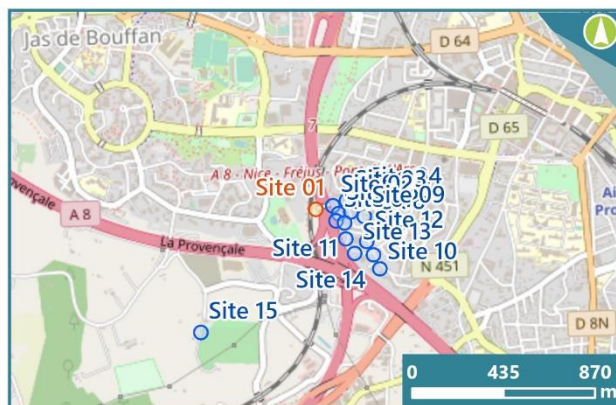
CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ambiance :	Établissement / Lieu vulnérable :
Topographie :	Support et Hauteur : Poteau - 2 m

<u>Campagne Estivale 1</u>		<u>Campagne Hivernale 2</u>	
Du 08/06/2020 au 07/07/2020		Du 16/11/2020 au 14/12/2020	
Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :	Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :
NO ₂	19.7	NO ₂	33.6
C ₆ H ₆	0.4	C ₆ H ₆	1.8
SO ₂		SO ₂	
CO		CO	
1,3-butadiène		1,3-butadiène	
Remarque :		Remarque :	
Pose : Aucune		Pose : Aucune	
Dépose : Aucune		Dépose : Aucune	

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 896243.8423 m - Y 6272186 m	Commune : Aix-en-Provence
Projection : Lambert 93	Adresse :



PHOTOGRAPHIES DU SITE



Fiche de mesure - SPLA Site 02

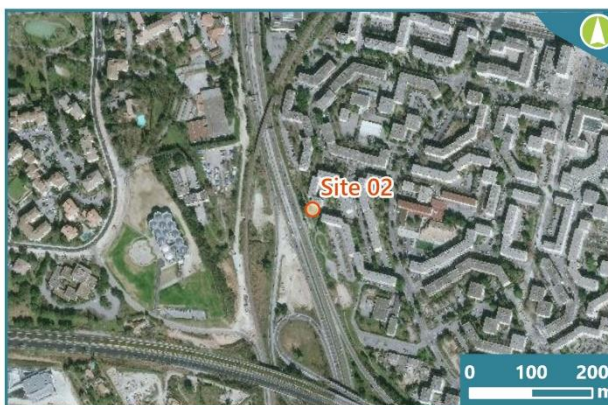
CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ambiance :	Établissement / Lieu vulnérable :
Topographie :	Support et Hauteur : Poteau - 2 m

<u>Campagne Estivale 1</u>		<u>Campagne Hivernale 2</u>	
Du 08/06/2020 au 07/07/2020		Du 16/11/2020 au 14/12/2020	
Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :	Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :
NO ₂	29.9	NO ₂	35.5
C ₆ H ₆	0.5	C ₆ H ₆	1.5
SO ₂		SO ₂	
CO		CO	
1,3-butadiène		1,3-butadiène	
Remarque :		Remarque :	
Pose : Aucune		Pose : Aucune	
Dépose : Aucune		Dépose : Aucune	

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 896324.4551 m - Y 6272203 m	Commune : Aix-en-Provence
Projection : Lambert 93	Adresse :



PHOTOGRAPHIES DU SITE



Fiche de mesure - SPLA Site 03

CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ambiance :	Établissement / Lieu vulnérable :
Topographie :	Support et Hauteur : Poteau - 2 m

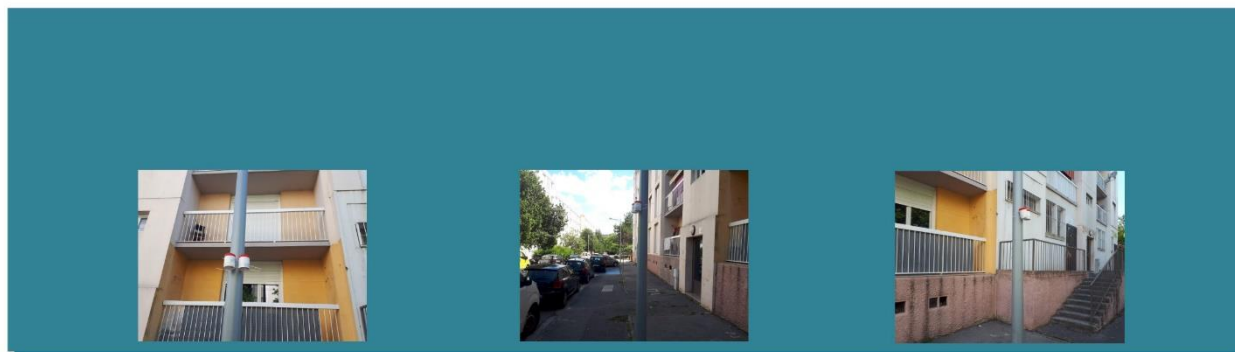
<u>Campagne Estivale 1</u>		<u>Campagne Hivernale 2</u>	
Du 08/06/2020 au 07/07/2020		Du 16/11/2020 au 14/12/2020	
Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :	Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :
NO ₂	22.6	NO ₂	33.7
C ₆ H ₆	0.5	C ₆ H ₆	1.4
SO ₂		SO ₂	
CO		CO	
1,3-butadiène		1,3-butadiène	
Remarque :		Remarque :	
Pose : Aucune		Pose : Aucune	
Dépose : Aucune		Dépose : Aucune	

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 896389,596 m - Y 6272228 m	Commune : Aix-en-Provence
Projection : Lambert 93	Adresse :



PHOTOGRAPHIES DU SITE



Fiche de mesure - SPLA Site 04

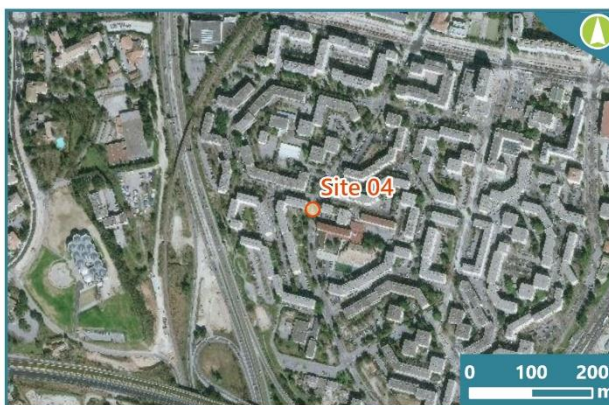
CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ambiance :	Établissement / Lieu vulnérable :
Topographie :	Support et Hauteur : Poteau - 2 m

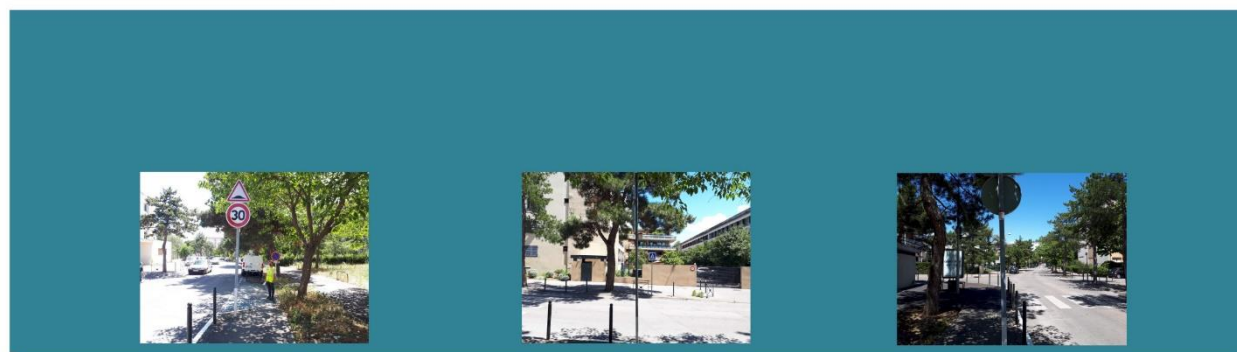
<u>Campagne Estivale 1</u>		<u>Campagne Hivernale 2</u>	
Du 08/06/2020 au 07/07/2020		Du 16/11/2020 au 14/12/2020	
Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :	Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :
NO ₂	26.1	NO ₂	34.8
C ₆ H ₆	0.5	C ₆ H ₆	1.6
SO ₂		SO ₂	
CO		CO	
1,3-butadiène		1,3-butadiène	
Remarque :		Remarque :	
Pose : Aucune		Pose : Aucune	
Dépose : Aucune		Dépose : Aucune	

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 896456.7727 m - Y 6272240 m	Commune : Aix-en-Provence
Projection : Lambert 93	Adresse :



PHOTOGRAPHIES DU SITE



Fiche de mesure - SPLA Site 05

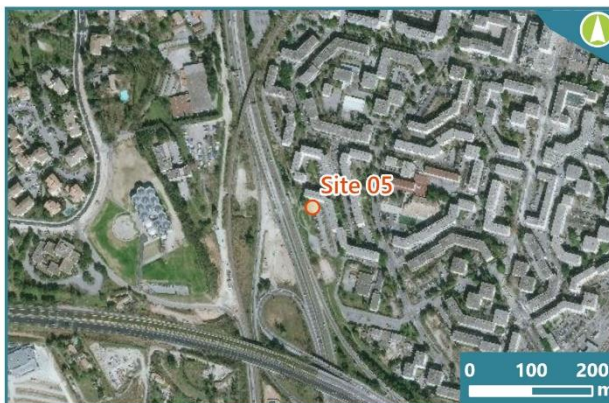
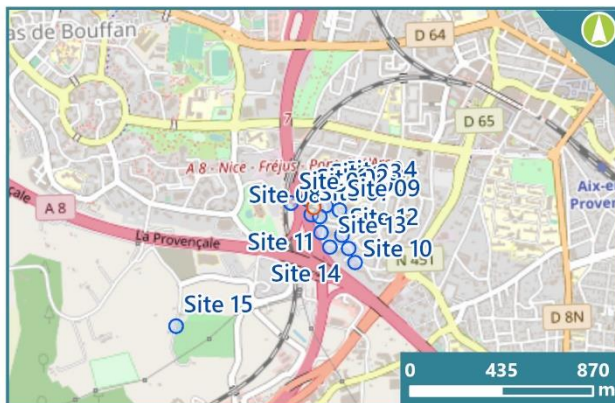
CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ambiance :	Établissement / Lieu vulnérable :
Topographie :	Support et Hauteur : Poteau - 2 m

<u>Campagne Estivale 1</u>		<u>Campagne Hivernale 2</u>	
Du 08/06/2020 au 07/07/2020		Du 16/11/2020 au 14/12/2020	
Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :	Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :
NO ₂	30.8	NO ₂	35.3
C ₆ H ₆		C ₆ H ₆	
SO ₂		SO ₂	
CO		CO	
1,3-butadiène		1,3-butadiène	
Remarque :		Remarque :	
Pose : Aucune		Pose : Aucune	
Dépose : Aucune		Dépose : Aucune	

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 896352.2728 m - Y 6272166 m	Commune : Aix-en-Provence
Projection : Lambert 93	Adresse :



PHOTOGRAPHIES DU SITE



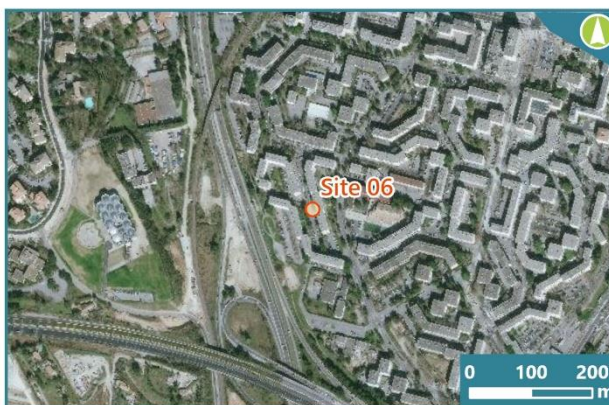
Fiche de mesure - SPLA Site 06

CARACTÉRISTIQUES DU SITE

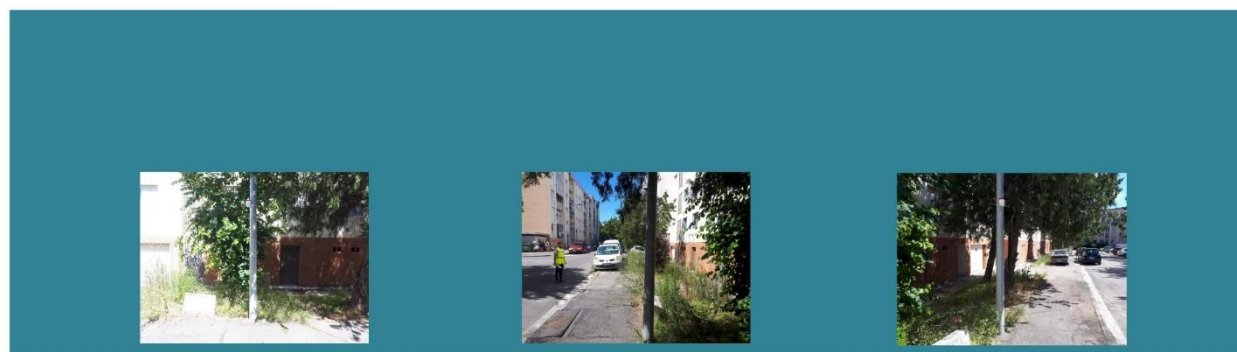
Ambiance : Topographie :	Établissement / Lieu vulnérable : Support et Hauteur : Poteau - 2 m
Campagne Estivale 1 Du 08/06/2020 au 07/07/2020 Polluants : NO ₂ C ₆ H ₆ SO ₂ CO 1,3-butadiène Remarque : Pose : Aucune Dépose : Aucune	Campagne Hivernale 2 Du 16/11/2020 au 14/12/2020 Polluants : NO ₂ C ₆ H ₆ SO ₂ CO 1,3-butadiène Remarque : Pose : Aucune Dépose : Aucune

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 896410 m - Y 6272174 m Projection : Lambert 93	Commune : Aix-en-Provence Adresse :
---	--



PHOTOGRAPHIES DU SITE



Fiche de mesure - SPLA Site 07

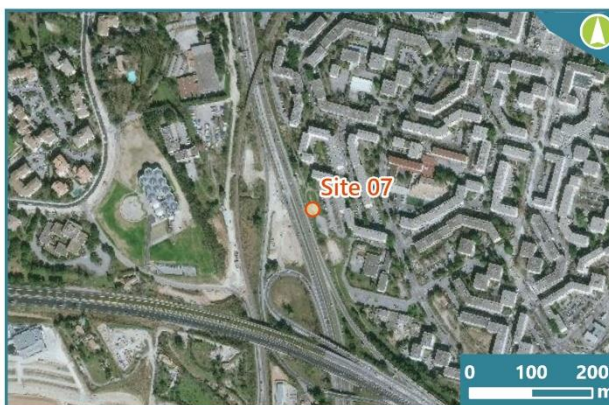
CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ambiance :	Établissement / Lieu vulnérable :
Topographie :	Support et Hauteur : Poteau - 3 m

<u>Campagne Estivale 1</u>		<u>Campagne Hivernale 2</u>	
Du 08/06/2020 au 07/07/2020		Du 16/11/2020 au 14/12/2020	
Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :	Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :
NO ₂	38.6	NO ₂	39.8
C ₆ H ₆		C ₆ H ₆	
SO ₂		SO ₂	
CO		CO	
1,3-butadiène		1,3-butadiène	
Remarque :		Remarque :	
Pose : Aucune		Pose : Aucune	
Dépose : Aucune		Dépose : Aucune	

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 896339.9979 m - Y 6272131 m	Commune : Aix-en-Provence
Projection : Lambert 93	Adresse :



PHOTOGRAPHIES DU SITE



Fiche de mesure - SPLA Site 08

CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ambiance :	Établissement / Lieu vulnérable :
Topographie :	Support et Hauteur : Poteau - 2 m

<u>Campagne Estivale 1</u>		<u>Campagne Hivernale 2</u>	
Du 08/06/2020 au 07/07/2020		Du 16/11/2020 au 14/12/2020	
Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :	Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :
NO ₂	30.4	NO ₂	35.8
C ₆ H ₆		C ₆ H ₆	
SO ₂		SO ₂	
CO		CO	
1,3-butadiène		1,3-butadiène	
Remarque :		Remarque :	
Pose : Aucune		Pose : Aucune	
Dépose : Aucune		Dépose : Aucune	

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 896380.3254 m - Y 6272122 m	Commune : Aix-en-Provence
Projection : Lambert 93	Adresse :



PHOTOGRAPHIES DU SITE



Fiche de mesure - SPLA Site 09

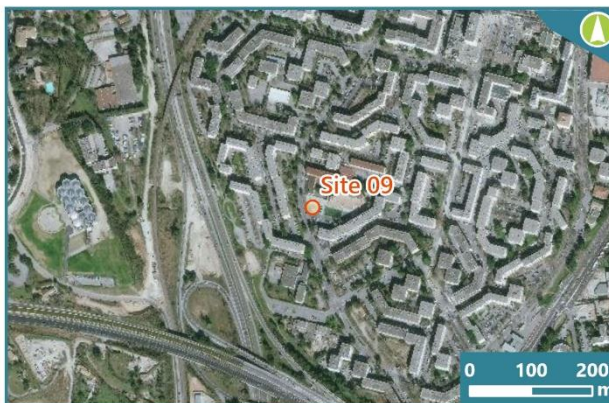
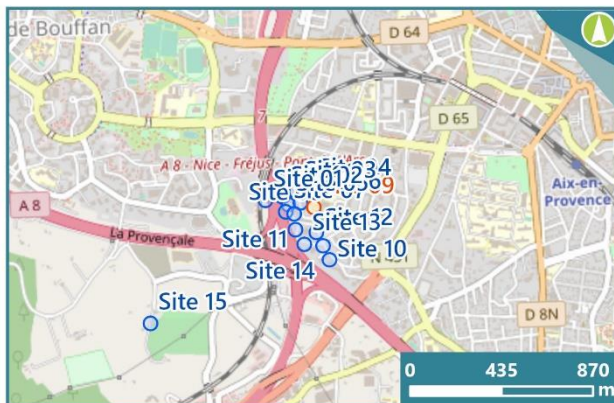
CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ambiance :	Établissement / Lieu vulnérable :
Topographie :	Support et Hauteur : Poteau - 3 m

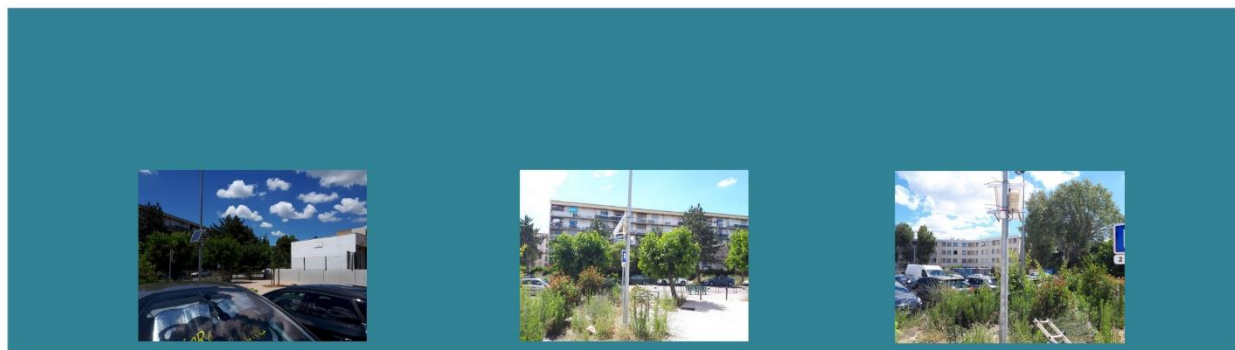
<u>Campagne Estivale 1</u>		<u>Campagne Hivernale 2</u>	
Du 08/06/2020 au 07/07/2020		Du 16/11/2020 au 14/12/2020	
Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :	Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :
NO ₂	21.7	NO ₂	30.3
C ₆ H ₆		C ₆ H ₆	
SO ₂		SO ₂	
CO		CO	
1,3-butadiène		1,3-butadiène	
Remarque :		Remarque :	
Pose : Aucune		Pose : Aucune	
Dépose : Aucune		Dépose : Aucune	

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 896473.9372 m - Y 6272153 m	Commune : Aix-en-Provence
Projection : Lambert 93	Adresse :



PHOTOGRAPHIES DU SITE



Fiche de mesure - SPLA

Site 10

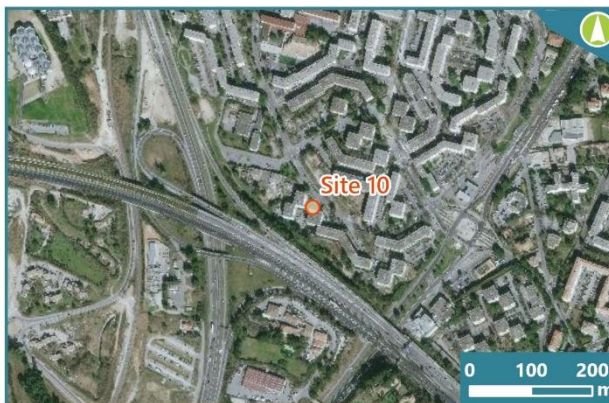
CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ambiance :	Établissement / Lieu vulnérable :
Topographie :	Support et Hauteur : Poteau - 2 m

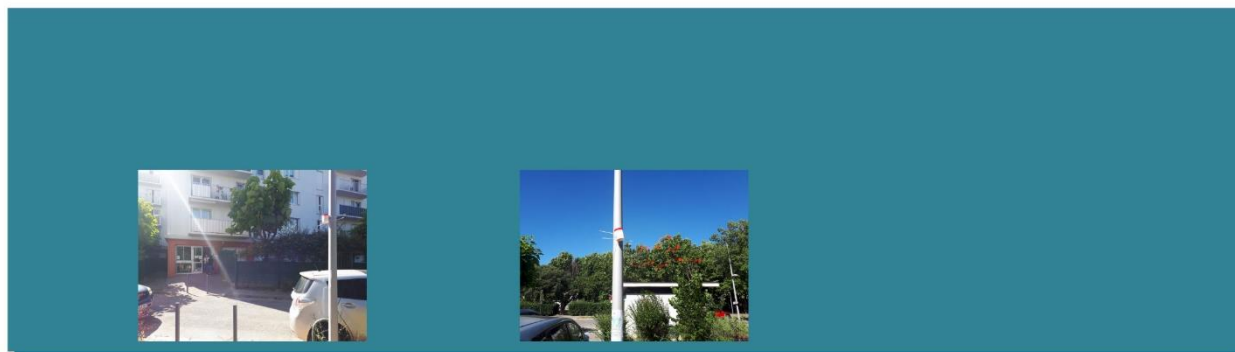
<u>Campagne Estivale 1</u>		<u>Campagne Hivernale 2</u>	
Du 08/06/2020 au 07/07/2020		Du 16/11/2020 au 14/12/2020	
Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :	Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :
NO ₂	31.3	NO ₂	36.2
C ₆ H ₆		C ₆ H ₆	
SO ₂		SO ₂	
CO		CO	
1,3-butadiène		1,3-butadiène	
Remarque :		Remarque :	
Pose : Aucune		Pose : Aucune	
Dépose : Aucune		Dépose : Aucune	

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 896548,3695 m - Y 6271904 m	Commune : Aix-en-Provence
Projection : Lambert 93	Adresse :



PHOTOGRAPHIES DU SITE



Fiche de mesure - SPLA

Site 11

CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ambiance :	Établissement / Lieu vulnérable :
Topographie :	Support et Hauteur : Poteau - 2 m

<u>Campagne Estivale 1</u>		<u>Campagne Hivernale 2</u>	
Du 08/06/2020 au 07/07/2020		Du 16/11/2020 au 14/12/2020	
Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :	Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :
NO ₂	37.7	NO ₂	40
C ₆ H ₆		C ₆ H ₆	
SO ₂		SO ₂	
CO		CO	
1,3-butadiène		1,3-butadiène	
Remarque :		Remarque :	
Pose : Aucune		Pose : Aucune	
Dépose : Aucune		Dépose : Aucune	

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 896386.4542 m - Y 6272047 m	Commune : Aix-en-Provence
Projection : Lambert 93	Adresse :



PHOTOGRAPHIES DU SITE



Fiche de mesure - SPLA

Site 12

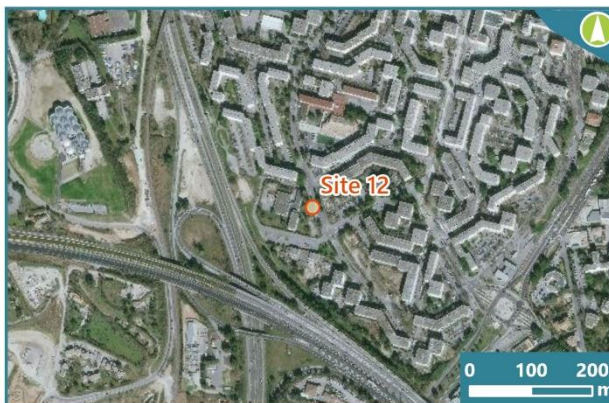
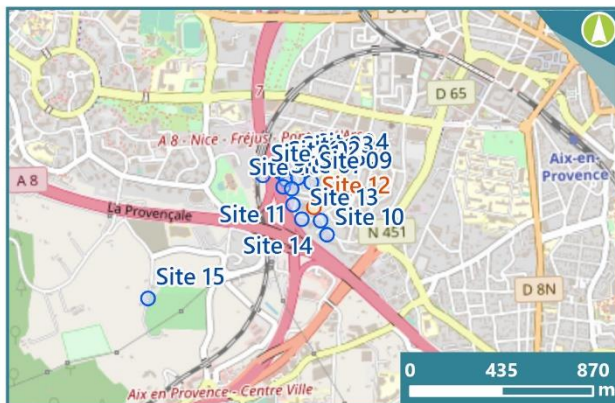
CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ambiance :	Établissement / Lieu vulnérable :
Topographie :	Support et Hauteur : Poteau - 2 m

<u>Campagne Estivale 1</u>		<u>Campagne Hivernale 2</u>	
Du 08/06/2020 au 07/07/2020		Du 16/11/2020 au 14/12/2020	
Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :	Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :
NO ₂	29.3	NO ₂	36.1
C ₆ H ₆		C ₆ H ₆	
SO ₂		SO ₂	
CO		CO	
1,3-butadiène		1,3-butadiène	
Remarque :		Remarque :	
Pose : Aucune		Pose : Aucune	
Dépose : Aucune		Dépose : Aucune	

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 896485.852 m - Y 6272034 m	Commune : Aix-en-Provence
Projection : Lambert 93	Adresse :



PHOTOGRAPHIES DU SITE



Fiche de mesure - SPLA

Site 13

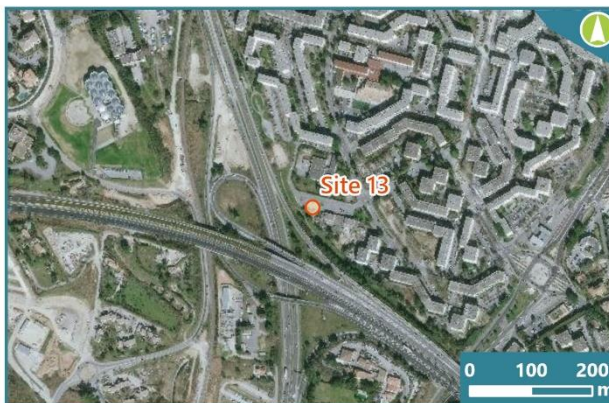
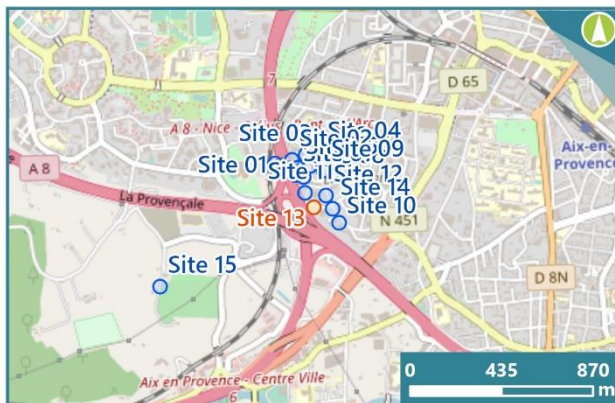
CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ambiance :	Établissement / Lieu vulnérable :
Topographie :	Support et Hauteur : Poteau - 2 m

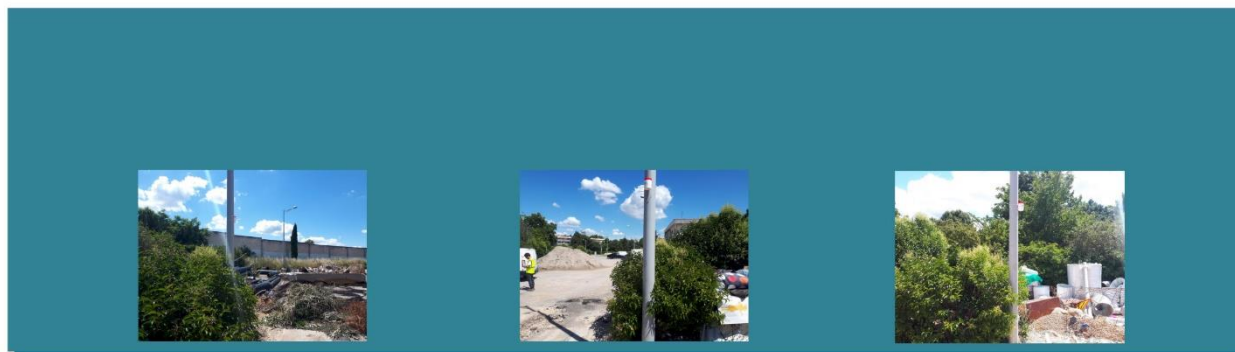
<u>Campagne Estivale 1</u>		<u>Campagne Hivernale 2</u>	
Du 08/06/2020 au 07/07/2020		Du 16/11/2020 au 14/12/2020	
Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :	Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :
NO ₂	35.3	NO ₂	37.5
C ₆ H ₆		C ₆ H ₆	
SO ₂		SO ₂	
CO		CO	
1,3-butadiène		1,3-butadiène	
Remarque :		Remarque :	
Pose : Aucune		Pose : Aucune	
Dépose : Aucune		Dépose : Aucune	

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 896428.4319 m - Y 6271978 m	Commune : Aix-en-Provence
Projection : Lambert 93	Adresse :



PHOTOGRAPHIES DU SITE



Fiche de mesure - SPLA

Site 14

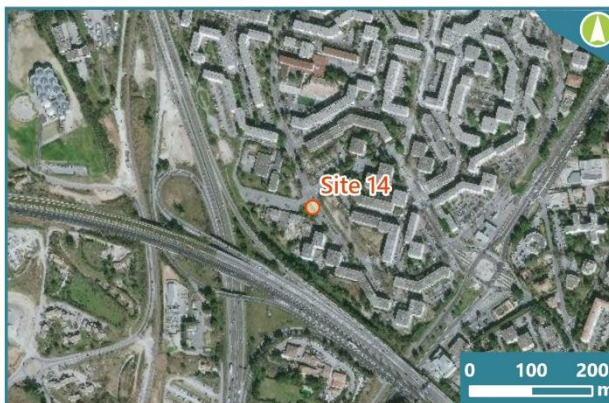
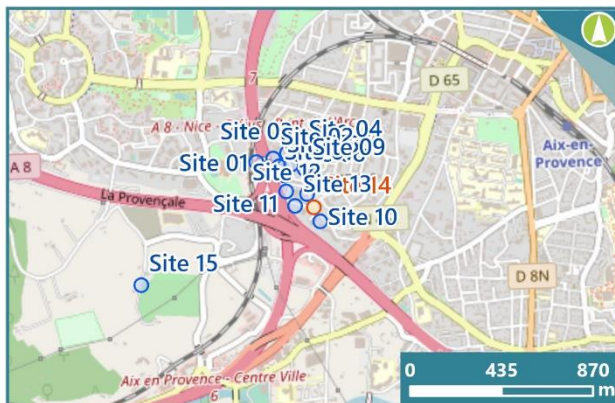
CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ambiance :	Établissement / Lieu vulnérable :
Topographie :	Support et Hauteur : Poteau - 2 m

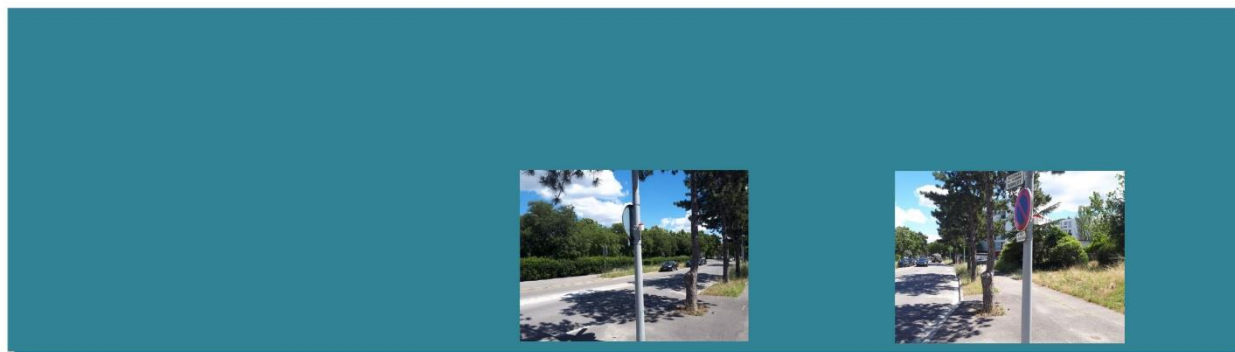
<u>Campagne Estivale 1</u>		<u>Campagne Hivernale 2</u>	
Du 08/06/2020 au 07/07/2020		Du 16/11/2020 au 14/12/2020	
Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :	Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :
NO ₂	28.6	NO ₂	36.2
C ₆ H ₆		C ₆ H ₆	
SO ₂		SO ₂	
CO		CO	
1,3-butadiène		1,3-butadiène	
Remarque :		Remarque :	
Pose : Aucune		Pose : Aucune	
Dépose : Aucune		Dépose : Aucune	

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 896517.8072 m - Y 6271971 m	Commune : Aix-en-Provence
Projection : Lambert 93	Adresse :



PHOTOGRAPHIES DU SITE



Fiche de mesure - SPLA

Site 15

CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ambiance :	Établissement / Lieu vulnérable :
Topographie :	Support et Hauteur : Poteau

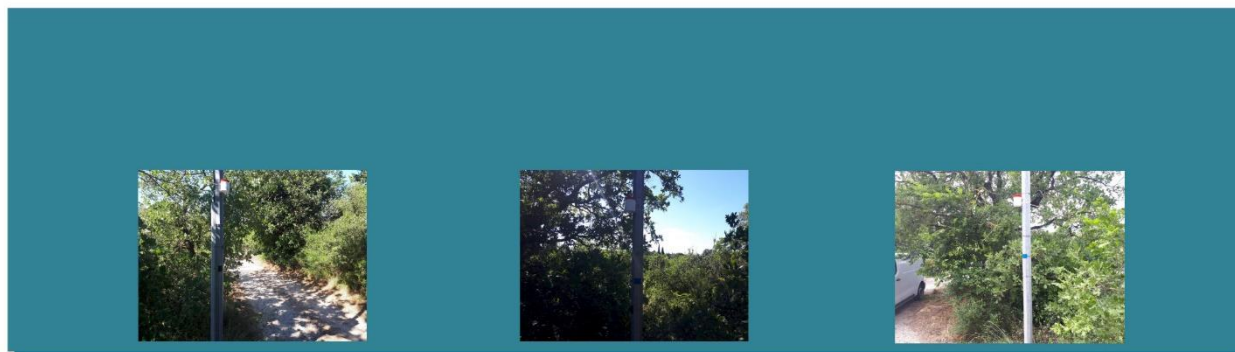
<u>Campagne Estivale 1</u>		<u>Campagne Hivernale 2</u>	
Du 08/06/2020 au 07/07/2020		Du 16/11/2020 au 14/12/2020	
Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :	Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :
NO ₂	10	NO ₂	23.9
C ₆ H ₆	0.4	C ₆ H ₆	1.2
SO ₂		SO ₂	
CO		CO	
1,3-butadiène		1,3-butadiène	
Remarque :		Remarque :	
Pose : Aucune		Pose : Aucune	
Dépose : Aucune		Dépose : Aucune	

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 895697.1437 m - Y 6271601 m	Commune : Aix-en-Provence
Projection : Lambert 93	Adresse :



PHOTOGRAPHIES DU SITE



Fiche de mesure - SPLA

Site 16

CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Ambiance :	Établissement / Lieu vulnérable :
Topographie :	Support et Hauteur : Poteau - 2 m

<u>Campagne Estival 1</u>		<u>Campagne Hivernale 2</u>	
Du 08/06/2020 au 07/07/2020		Du 16/11/2020 au 14/12/2020	
Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :	Polluants :	Teneurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) :
NO ₂	15.5	NO ₂	25.3
C ₆ H ₆		C ₆ H ₆	
SO ₂		SO ₂	
CO		CO	
1,3-butadiène		1,3-butadiène	
Remarque :		Remarque :	
Pose : Aucune		Pose : Aucune	
Dépose : Aucune		Dépose : Aucune	

LOCALISATION DU SITE

Coordonnées : X 897351.562 m - Y 6273179 m	Commune : Aix-en-Provence
Projection : Lambert 93	Adresse :



PHOTOGRAPHIES DU SITE



10.2 - Fiches toxicologiques

10.2.1 - Arsenic

L'arsenic (As) est un élément naturel qui existe sous forme de différents minerais dans l'environnement. Sa présence dans l'air sous forme de particules provient des manipulations de minerais sous haute température qui permettent l'extraction d'arsenic mais aussi de l'incinération de produits contenant de l'arsenic. L'arsenic dans l'air est présent sous la forme d'un mélange de composés trivalents et pentavalents. Bien que la pénétration de l'arsenic soit possible par toutes les voies, la principale source d'apport d'arsenic de la population générale est la voie orale par l'intermédiaire de l'alimentation et secondairement par inhalation pour les personnes vivant au voisinage de site de pollution. L'arsenic, selon sa forme, traverse aisément la barrière pulmonaire et intestinale (80 à 100 %). Les particules inhalées peuvent être soit absorbées par les poumons, soit avalées par déglutition puis absorbées au niveau des intestins.

L'arsenic est un poison bien connu qui entraîne la mort lorsqu'il est administré à forte dose par ingestion d'eau ou d'aliments. Les composés arsenicaux considérés les plus toxiques sont les dérivés inorganiques solubles trivalents.

Par inhalation, l'exposition à l'arsenic contenu dans des poussières provoque surtout une irritation des voies respiratoires et une atteinte des muqueuses (rhinite, gingivite, laryngite, perforation de la cloison nasale). Les troubles neurologiques apparaissent après inhalation d'arsenic trivalent à des concentrations supérieures à 0,5 µg/m³. Ces troubles sont caractérisés par une polynévrite sensitivomotrice (douleurs dans les membres inférieurs, marche difficile, faiblesse musculaire).

Les effets par ingestion se traduisent tout d'abord, dans l'heure qui suit, par des troubles digestifs (fortes douleurs abdominales, vomissements, diarrhées parfois hémorragiques). Dans les formes moins importantes, on observe une encéphalopathie, des troubles cardiovasculaires (anomalies du rythme cardiaque), une diminution de la production des globules rouges et blanc ou encore, une anomalie de la coagulation du sang. Les atteintes nerveuses peuvent apparaître avec une sensation de "fourmis" dans les mains et les pieds. Des atteintes hépatiques, rénales ou cutanées peuvent survenir pour des doses d'exposition moins importantes.

Le rôle mutagène de l'arsenic trivalent a été montré in-vitro sur des cellules animales et humaines en induisant des échanges de chromatides sœurs. Des études épidémiologiques ont révélé un nombre accru de cas de cancers du poumon et de la peau respectivement par inhalation et par ingestion d'arsenic. L'arsenic a été classé comme carcinogène humain par le CIRC (Groupe 1) et l'US-EPA (Groupe A). Cette classification est basée sur des preuves suffisantes chez l'homme et des preuves limitées ou inadéquates chez l'animal.

L'arsenic est étudié dans cette étude pour ses effets sans seuil et à seuil par inhalation et par ingestion.

Les ERU proposés pour les effets sans seuil par inhalation chronique de l'arsenic sont présentés dans le Tableau 70.

TABLEAU 70 – PRÉSENTATION DES ERU POUR LES EFFETS SANS SEUIL PAR INHALATION DE L'ARSENIC

Substance	ERU _i (µg/m ³) ⁻¹	Effets critiques associés, type d'étude et source
Arsenic	4,3.10 ⁻³	Cancer du poumon, étude sur l'homme, US-EPA 1998
	1,5.10 ⁻³	Cancer du poumon, étude sur l'homme, OMS, 1999
	6,4.10 ⁻³	Cancer du poumon, étude sur l'homme, Santé Canada, 1992
	3,3.10 ⁻³	Cancer du poumon, étude sur l'homme, OEHHA, 2002

Source : US-EPA - OMS - Santé Canada - OEHHA

Quatre organismes proposent des valeurs de référence pour les effets sans seuil par inhalation de l'arsenic. La valeur de l'OMS n'est pas retenue en raison du manque de transparence du mode de construction. Par ailleurs, la méthode de construction utilisée par Santé Canada pour l'établissement de sa VTR n'est pas décrite en détail. Par exemple, le modèle pris en compte pour calculer cette VTR n'est pas mentionnée. Dans ce cas, il est préférable de ne pas retenir la valeur proposée par Santé Canada.

L'US EPA retient six études réalisées dans des fonderies situées aux Etats-Unis et l'OEHHA retient une étude menée sur 8 fonderies différentes localisées aux Etats-Unis. Les fonderies étudiées étant souvent les mêmes. Toutefois, la VTR proposée par l'OEHHA est basée sur les résultats d'une seule fonderie. La VTR proposée par l'US-EPA repose sur le calcul de différents Excès de Risque Unitaire à partir des études ou des niveaux de concentrations en arsenic qui sont mentionnés. Une moyenne géométrique a ensuite été utilisée pour déterminer la valeur finalement proposée. L'INERIS dans sa fiche toxicologique de 2010 relative à l'arsenic juge que cette méthode de construction est plus appropriée que celle de l'OEHHA et préconise de retenir l'ERU de l'US-EPA. Compte tenu de cette analyse, nous suivons les recommandations de l'INERIS et retenons la valeur de l'OEHHA de 4,3.10⁻³ (µg/m³)⁻¹. On notera toutefois que les valeurs de l'US EPA et de l'OEHHA sont très proches.

Les VTR proposées pour les effets à seuil par inhalation chronique de l'arsenic sont présentées dans le TABLEAU 71.

TABLEAU 71 – PRÉSENTATION DES VTR POUR LES EFFETS À SEUIL PAR INHALATION DE L'ARSENIC

Substance	VTR _i (µg/m ³)	Effets critiques associés, type d'étude et source
Arsenic	1	Cancer du poumon, étude sur l'homme, RIVM, 2001
	0,015	Diminution de la capacité intellectuelle chez les enfants, étude sur l'homme, OEHHA 2008

Source : RIVM - OEHHA

Compte tenu du manque de transparence dans l'établissement de la VTR proposée par le RIVM (il n'est pas fait mention de l'étude ayant permis d'établir le LOAEC, ce LOAEC n'a pas été retrouvé dans le rapport de l'ATSDR de 1999 dont est issu cette valeur), nous ne retenons pas cette valeur.

La valeur proposée par l'OEHHA est une extrapolation à partir de la VTR établie pour la voie orale. Cette dernière est jugée de bonne qualité par l'INERIS dans sa fiche toxicologique de 2010 et l'INERIS recommande ainsi que retenir la valeur de l'OEHHA pour une exposition chronique par inhalation à l'arsenic. Compte tenu des données disponibles, nous suivons le choix de l'INERIS et retenons la valeur de l'OEHHA.

Les ERU proposés pour les effets sans seuil par ingestion chronique de l'arsenic sont présentés dans le TABLEAU 72.

TABLEAU 72 – PRÉSENTATION DES ERU POUR LES EFFETS SANS SEUIL PAR INGESTION DE L'ARSENIC

Substance	ERU _i (mg/kg pc/j) ⁻¹	Effets critiques associés, type d'étude et source
Arsenic	1,5	Cancer de la peau, étude sur l'homme, US-EPA 1998
	2,7	Cancer de la peau, étude sur l'homme, Santé Canada, 2004
	1,5	Cancer de la peau, étude sur l'homme, OEHHA, 2009

Source : US-EPA - Santé Canada - OEHHA

Pour les effets sans seuil par ingestion d'arsenic, l'OEHHA propose la même valeur que l'US-EPA. La valeur de Santé Canada présente des contradictions dans les explications données et les valeurs utilisées pour sa construction. Aussi, nous retenons celles de l'OEHHA et de l'US-EPA et suivons le choix de l'INERIS dans sa fiche de 2010.

Les VTR proposées pour les effets à seuil par ingestion chronique de l'arsenic sont présentées dans le TABLEAU 73.

TABLEAU 73 – PRÉSENTATION DES VTR POUR LES EFFETS SANS SEUIL PAR INGESTION DE L'ARSENIC

Substance	VTR _i (mg/kg pc/j)	Effets critiques associés, type d'étude et source
Arsenic	3.10 ⁻⁴	Troubles cutanées, études sur l'homme, ATSDR, 2007
	3.10 ⁻⁴	Troubles cutanées, études sur l'homme, US-EPA, 1993
	1.10 ⁻³	Troubles cutanées, études sur l'homme, RIVM, 2001
	3,5.10 ⁻⁶	Diminution de la capacité intellectuelle chez les enfants, étude sur l'homme, OEHHA 2008
	4,5.10 ⁻⁴	Troubles cutanées, études sur l'homme, FoBiG, 2009

Source : ATSDR - US-EPA - RIVM - OEHHA - FoBiG

Cinq organismes proposent des VTR pour une exposition par ingestion à l'arsenic. L'US-EPA et l'ATSDR propose la même valeur toxicologique de référence à partir des mêmes études épidémiologiques liées à la consommation d'eau de boisson. Un NOAEL basé sur une moyenne arithmétique est retenu pour élaborer la VTR.

Le RIVM s'appuie sur une valeur provisoire proposée par l'OMS en 1996 sans mention des sources utilisées. Or, dans son nouveau rapport de 2008, l'OMS ne propose plus de valeur pour l'arsenic. La valeur du RIVM est donc écartée du choix des VTR.

L'OEHHA a élaboré une VTR pour l'ingestion d'arsenic à partir des études épidémiologiques qui rapportent une diminution des capacités intellectuelles et des effets néfastes sur le comportement chez 200 enfants âgés de 10 ans, exposés depuis leur naissance via l'eau de boisson.

Par ailleurs, les chercheurs du FoBiG ont quant à eux dérivés une VTR à partir d'une étude transversale de plus de 10 000 personnes, dans laquelle les différences de lésions cutanées observées, en fonction du sexe et du statut nutritionnel, ont été prises en compte. L'ensemble des sources de contaminations (eau de boisson et alimentation) a été considéré.

Une benchmark Dose a pu être calculée. De par sa construction, cette VTR est plus robuste et plus solide que les autres VTR disponibles et nous retenons donc la valeur du FoBiG dans le cadre de cette étude. Nous suivons ainsi le raisonnement et le choix de l'INERIS dans sa fiche de 2010 toxicologique sur l'arsenic.

10.2.2 - Benzène

Le benzène, retrouvé dans l'air, l'eau et le sol, peut être d'origine naturelle (volcans, feux de forêts, pétrole ou gaz naturel) mais il a surtout une origine anthropique (gaz d'échappement, manufactures, industrie, fumée de tabac).

La forme gazeuse du benzène est caractérisée par une odeur agréable qui peut provoquer, à des concentrations élevées, une narcose similaire à celle observée pour d'autres gaz anesthésiants. L'exposition aiguë à plusieurs centaines de ppm agit sur le système nerveux central entraînant notamment des états de somnolence, d'ébriété et des maux de tête. Des expositions plus faibles mais prolongées peuvent altérer la mémoire et certaines capacités psychiques. Enfin, le benzène est responsable d'effets irritants sur la peau et les muqueuses (oculaires et respiratoires en particulier).

En exposition chronique, cette substance se distingue, pour l'espèce humaine, par sa grande toxicité pour les cellules sanguines et les organes qui les produisent (moelle osseuse). Ceci se manifeste par une réduction des globules rouges, blancs ou des plaquettes. L'importance de ces effets est fonction des doses de benzène auxquelles le sujet est exposé. L'affection qui préoccupe le plus, tant au niveau professionnel qu'environnemental, est la survenue de cancers du sang liés à l'exposition répétée à des concentrations de benzène de quelques ppm pendant plusieurs dizaines d'années. En effet, celui-ci provoque certaines leucémies myéloïdes. Ces atteintes surviendraient plus fréquemment après des expositions faibles et continues plutôt qu'élevées et intermittentes (pics de pollution). Elles sont souvent précédées par certaines des anomalies sanguines. De plus, il a été démontré chez l'animal que le benzène peut induire des altérations génétiques transmissibles à la descendance.

Le benzène est reconnu comme cancérigène (risque de leucémie) et génotoxique par le CIRC (groupe 1A).

L'inhalation de concentrations élevées entraîne une narcose similaire à celle observée pour d'autres gaz anesthésiants. Cette dépression du système nerveux central peut s'accompagner de convulsions, et la mort résulte d'une dépression respiratoire. L'exposition à 20 000 ppm (64 980 mg/m³) pendant 5 à 10 minutes est fatale. Dans les formes légères d'intoxication, une excitation puis des troubles de la parole, des céphalées, des vertiges, des insomnies, des nausées, des paresthésies dans les mains et les pieds et de la fatigue sont rapportés.

Le benzène est étudié dans cette étude pour ses effets à seuil (en exposition chronique et en exposition aiguë) et sans seuil par inhalation.

Les VTR proposées pour les effets à seuil par inhalation chronique du benzène sont présentées dans le TABLEAU 74.

TABLEAU 74 – PRÉSENTATION DES VTR POUR LES EFFETS À SEUIL PAR INHALATION DU BENZÈNE

Substance	VTR _i (µg/m ³)	Effets critiques associés, type d'étude et source
Benzène	30	Diminution des lymphocytes, étude sur l'homme, US-EPA, 2003
	10	Diminution des lymphocytes B, étude sur l'homme, ATSDR, 2007
	3	Effet sur les systèmes hématopoïétiques, étude sur l'homme, OEHHA, 2014

Source : OEHHA - US-EPA

Pour les effets à seuil (non cancérigènes) par inhalation, trois valeurs sont proposées à partir d'études épidémiologiques. La valeur de l'ATSDR est basée sur une étude postérieure à l'évaluation réalisée par l'US-EPA. Cette étude (Lan et al., 2004) a été privilégiée par rapport à celle choisie par l'US-EPA (Rothman et al., 1996) car basée sur une cohorte plus importante. La VTR de l'ATSDR paraît donc plus pertinente que celle de

l'US-EPA. Par ailleurs, l'OEHHA et l'ATSDR s'appuient sur la même étude épidémiologique pour proposer leur VTR. A qualité d'études égales, l'ATSDR est privilégié par rapport à l'OEHHA [Note d'information DGS du 31 octobre 2014]. Le choix réalisé suit les recommandations de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation de l'Environnement et du Travail (ANSES, 2008) qui retient comme Valeur Guide de la Qualité de l'Air Intérieur la VTR de l'ATSDR pour plusieurs raisons :

- Le nombre d'individus est plus important (240 versus 44) ;
- Le nombre de groupes d'exposition est plus important (3 versus 2) ;
- Les concentrations d'exposition au benzène sont plus faibles.

Les ERU proposés pour les effets sans seuil par inhalation chronique de benzène sont présentés dans le TABLEAU 75.

TABLEAU 75 – PRÉSENTATION DES VTR POUR LES EFFETS SANS SEUIL PAR INHALATION DU BENZÈNE

Substance	ERU _i ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	Effets critiques associés, type d'étude et source
Benzène	2,2.10 ⁻⁶ à 7,8.10 ⁻⁶	Leucémie, étude sur l'homme, US-EPA, 2000
	4,4.10 ⁻⁶ à 7,5.10 ⁻⁶	Leucémie, étude sur l'homme, OMS, 2000
	3,3.10 ⁻⁶	Néoplasmes lymphatiques et hématopoïétiques et leucémies, étude sur l'homme, Santé Canada, 1991
	5.10 ⁻⁶	Leucémie, étude sur l'homme, RIVM, 2001
	2,9.10 ⁻⁵	Leucémie, études sur l'homme et l'animal, OEHHA, 2002
	2,6.10 ⁻⁵	Leucémies aiguës, étude sur l'homme, ANSES 2014

Source : US-EPA - OMS - Santé Canada - RIVM - OEHHA - ANSES

Pour les effets sans seuil (cancérogènes) par inhalation, six organismes proposent des valeurs à partir d'études sur l'homme. À qualité d'études égales, nous retenons l'excès de risque unitaire fixé par l'ANSES, 2,6.10⁻⁵ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹ conformément à la note d'information de la DGS du 31 octobre 2014. Cette valeur bénéficie par ailleurs d'un fort niveau de confiance en raison de la qualité de l'étude retenue, du choix de l'effet critique retenu (études épidémiologiques de bonne qualité scientifique et effets cohérents avec les études toxicologiques) et de la dose critique retenue.

Les VTR proposées pour l'exposition aiguë au benzène sont présentées dans le TABLEAU 76.

TABLEAU 76 – PRÉSENTATION DES VTR POUR DES EFFETS EN EXPOSITION AIGUË POUR LE BENZÈNE

Substance	VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Durée d'exposition	Effets critiques associés, type d'étude et source
Benzène	30	1-14 jours	Effets immunologiques, étude sur l'animal, ATSDR, 2007
	3	8 heures	Effets hématologiques, études sur l'homme, OEHHA, 2014
	27	1 heure	Effets sur le développement, le système immunitaire et hématologique, études sur l'animal, OEHHA, 2014

Source : ATSDR - OEHHA

Dans le cadre de cette étude, pour rendre compte des risques sanitaires aigus du benzène, nous retenons la valeur de l'ATSDR en accord avec à la note d'information de la DGS du 30 octobre 2014.

10.2.3 - Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques - HAP

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) forment un vaste groupe de composés. Ils se présentent le plus souvent sous forme de mélanges complexes. L'US-EPA a établi une liste de 16 HAP à analyser en priorité dans un mélange. Parmi les HAP, le **benzo(a)pyrène (B(a)P)** est considéré comme la molécule la plus toxique.

Le **benzo(a)pyrène** peut être absorbé par voie orale, pulmonaire ou cutanée. Après absorption, il est rapidement et largement distribué. L'absorption à travers l'épithélium pulmonaire est rapide. Le produit est stocké dans les tissus adipeux et mammaires.

Le benzo(a)pyrène est considéré comme un cancérogène local et systémique pour de nombreuses espèces animales. Des effets mutagènes ont été démontrés chez l'animal (il se fixe sur l'ADN) et sont soupçonnés chez l'humain.

Le CIRC a classé le benzo(a)pyrène dans le groupe 2A, cancérogène probable pour l'homme (preuves limitées chez l'homme, suffisantes chez l'animal). L'US EPA a classé le composé dans le groupe 2B (preuves non adéquates chez l'homme, suffisantes chez l'animal).

Dans le cadre de cette étude le benzo(a)pyrène est étudié pour ses effets à seuil et sans seuil par inhalation et par ingestion.

Pour les effets sans seuil, pour une exposition par inhalation les ERU existantes sont présentées dans le TABLEAU 77.

TABLEAU 77 – PRÉSENTATION DES ERU POUR LES EFFETS SANS SEUIL PAR INHALATION DE BENZO(A)PYRÈNE

Substance	ERU _i ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	Organisme, année et effet critique
Mélange de HAP de cokerie	$8,7 \cdot 10^{-2}$	Cancer du poumon, étude sur l'homme, OMS, 2000
	$1,1 \cdot 10^{-3}$	Cancer du tractus respiratoire supérieur, études sur l'animal, OEHHA, 2002
Benzo(a)pyrène	Valeur provisoire : $3,13 \cdot 10^{-5}$	Cancer du tractus respiratoire supérieur, études chez l'animal, Santé Canada, 1993
	$6 \cdot 10^{-4}$	Cancer de la région gastro-intestinale et de l'appareil respiratoire supérieur, étude sur l'animal, US-EPA, 2017

Source : OMS - OEHHA - Santé Canada - US-EPA

La valeur de Santé Canada n'est pas retenue car elle est provisoire. La valeur de l'OMS (2000), établie à partir de données épidémiologiques chez des salariés travaillant dans une cokerie et exposés à un mélange de HAP (et donc non spécifique au B(a)P) n'est pas applicable dans le présent cas.

Deux organismes proposent des ERU spécifiquement établis pour le benzo(a)pyrène, l'OEHHA et l'US-EPA se basant sur la même étude sur des hamsters. Seule la méthode d'extrapolation pour le calcul de l'ERU diffère. Aussi, en accord avec à la note d'information de la DGS du 30 octobre 2014, nous retenons la valeur de l'US-EPA, plus récente et préférée à l'organisme de l'OEHHA.

Pour les effets à seuil par inhalation, les VTR proposées sont présentées dans le TABLEAU 78.

TABLEAU 78 – PRÉSENTATION DES VTR POUR LES EFFETS À SEUIL PAR INHALATION DE BENZO(A)PYRÈNE

Substance	VTR _i (µg/m ³)	Effets critiques associés, type d'étude et source
Benzo(a)pyrène	2.10 ⁻³	Effet sur le développement, étude sur l'animal, US-EPA 2017

Source : US-EPA

Seul l'US-EPA propose une VTR pour des effets à seuil par inhalation du benzo(a)pyrène avec un niveau de confiance moyen à faible. En l'absence d'autre valeur disponible nous retenons donc la VTR de l'US-EPA pour la suite de cette étude.

Pour les effets sans seuil par voie orale, les VTR existantes sont présentées dans le TABLEAU 79.

TABLEAU 79 – PRÉSENTATION DES VTR POUR LES EFFETS SANS SEUIL PAR INGESTION DES HAP

Substance	ERU _o (mg/kg pc/j) ⁻¹	Effets critiques associés, type d'étude et source
Benzo(a)pyrène	1	Cancer de l'estomac, trachée et œsophage, études (2) sur l'animal, US-EPA 2017
	12	Cancer de l'estomac, des poumons et leucémie, études sur l'animal, OEHHA, 2002
	0,2	Cancers du foie, estomac, intestin grêle, rein, œsophage, cavité orale, peau, glande mammaire, canal auditif, études chez l'animal, RIVM, 2001

Source : US-EPA - OEHHA - RIVM

Trois organismes proposent des ERU pour la voie orale spécifiquement établis pour le benzo(a)pyrène, l'OEHHA, l'US-EPA et le RIVM se basant sur des études sur l'animal.

Nous choisissons de retenir la valeur de l'US-EPA, s'appuyant sur deux études sur l'animal (dont une ayant servi à l'établissement de l'ERU du RIVM), plus récente et en accord avec la note d'information de la DGS du 30 octobre 2014

Pour les effets à seuil par voie orale, les VTR existantes sont présentées dans le TABLEAU 80.

TABLEAU 80 – PRÉSENTATION DES VTR POUR LES EFFETS À SEUIL PAR INGESTION DU BENZO(A)PYRÈNE

Substance	VTR _o (mg/kg pc/j)	Effets critiques associés, type d'étude et source
Benzo(a)pyrène	3.10 ⁻⁴	Effet sur le développement (y compris neurologique), études sur l'animal, US-EPA 2017

Source : US-EPA

Seul l'US-EPA propose une VTR pour la voie orale d'exposition au benzo(a)pyrène à partir d'une étude sur des rats avec un niveau de confiance moyen. À défaut d'autres données, nous retenons la seule valeur disponible pour cette exposition.

10.2.4 - 1,3-butadiène

Le 1,3-butadiène est un gaz produit lors de la fabrication d'éthylène et utilisé en synthèse organique, dans la fabrication des caoutchoucs, des résines, d'émulsions latex styrène-butadiène et du néoprène. Les concentrations ubiquitaires dans l'air sont de 0,2 µg.m⁻³.

Chez l'homme, la toxicité s'observe essentiellement par inhalation. Des effets hématologiques minimes sont retrouvés (exposition à 20 ppm de 1,3-butadiène) et, potentiellement, des effets cardiovasculaires. Chez

l'animal, la toxicité s'observe également par inhalation. Plusieurs effets sont décrits : nécrose du foie, atrophie des organes génitaux, modifications des cavités nasales (inflammation, fibrose, métaplasie...), hyperplasie de l'estomac et de l'épithélium respiratoire et altérations rénales. Chez l'homme, il semble qu'il existe un lien entre la survenue de leucémies et les expositions au 1,3-butadiène.

Deux types d'effets sont étudiés pour le 1,3-butadiène dans la présente étude : les effets à seuil et les effets sans seuil par inhalation.

Les VTR proposées pour les effets à seuil par inhalation chronique du 1,3 butadiène sont présentées dans le TABLEAU 81.

TABLEAU 81 – PRÉSENTATION DES VTR PAR INHALATION DU 1,3-BUTADIÈNE

Substance	VTR _i ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Effets critiques associés, type d'étude et source
1,3-butadiène	2	Effets d'atrophie ovarienne, étude sur l'animal, OEHHA, 2013
	2	Effets d'atrophie ovarienne, étude sur l'animal, US-EPA, 2002

Source : OEHHA - US-EPA

Pour les effets chroniques à seuil par inhalation, deux organismes proposent une valeur identique : l'OEHHA et l'US-EPA. Ces organismes se sont basés sur la même étude pour calculer un benchmark dose. Nous retenons donc la valeur proposée à la fois par l'US-EPA et l'OEHHA

Les ERU proposés pour les effets sans seuil par inhalation chronique du 1,3 butadiène sont présentés dans la TABLEAU 82.

TABLEAU 82 – PRÉSENTATION DES ERU PAR INHALATION DU 1,3-BUTADIÈNE

Substance	ERU _i ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	Effets critiques associés, type d'étude et source
1,3-butadiène	$1,7 \cdot 10^{-4}$	Cancer des poumons et des bronches, étude sur l'animal, OEHHA, 2008
	$6 \cdot 10^{-6}$	Leucémie, étude sur l'homme, Santé Canada 2000
	$6 \cdot 10^{-6}$	Leucémie, étude sur l'homme, OMS 2001
	$3,5 \cdot 10^{-5}$	Leucémie, étude sur l'homme, US-EPA, 2002

Source : OEHHA - Santé Canada - OMS - US-EPA

Pour des effets sans seuil, quatre organismes proposent une valeur: l'OEHHA, Santé Canada, et l'US -EPA. Santé Canada et l'OMS (IPCS) se basent sur une étude épidémiologique menée sur 15 000 travailleurs. L'étude établie une association entre l'exposition au 1,3-butadiène et l'apparition de leucémies. Néanmoins, ces travailleurs sont co-exposés au styrène et au benzène. De plus, Santé Canada indique que ces valeurs ne sont pas établies pour une utilisation dans le cadre d'évaluation de risques. Pour cette raison, la valeur n'est pas retenue. De même, la valeur de l'US-EPA qui se base sur l'analyse faite par Santé Canada en ajoutant un facteur d'incertitude de 2 pour protéger la population générale, n'est pas retenue. L'OEHHA se base sur plusieurs études expérimentales et choisit la plus pertinente pour calculer l'ERUi. L'étude utilisée est une étude de bonne qualité chez la souris, ne prenant en compte que les effets du 1,3-butadiène. Nous choisissons donc la valeur de l'OEHHA et suivons ainsi le choix de l'INERIS dans sa fiche de 2011 relative au 1,3-butadiène.

10.2.5 - Chrome

Dans l'atmosphère, le chrome existe surtout sous forme de particules et provient essentiellement de l'industrie chimique et de la combustion de gaz, charbon et pétrole. Les principales voies de pénétration dans l'organisme sont pulmonaires, digestives et accessoirement cutanées. Ce sont essentiellement les sels hexavalents hydrosolubles (acide chromique, chromate et bichromate de sodium et potassium...) qui sont à l'origine de la toxicité systémique et de la cancérogénicité du chrome.

Dans l'organisme, la majeure partie du chrome (VI) est transformée en chrome (III) après pénétration dans les globules rouges, mais aussi le foie, la surface des alvéoles pulmonaires et les macrophages alvéolaires.

Par inhalation, en exposition chronique, le tractus respiratoire est la principale cible d'expression de la toxicité du chrome. L'exposition répétée par inhalation de vapeurs et poussières de chrome peut provoquer, dès 2 µg/m³, des irritations, des épistaxis, un écoulement nasal chronique, du prurit, une sécheresse du nez, une perforation et une atrophie des muqueuses nasales, des bronchites et des diminutions de la fonction pulmonaire. Des cas d'asthme ont été observés chez des travailleurs sensibilisés.

Par ingestion en exposition chronique, des troubles gastro-intestinaux (ulcères) ont été rapportés par des travailleurs suite à la déglutition de particules inhalées. Mais ces effets gastro-intestinaux doivent être considérés avec précaution du fait de la méthodologie peu stricte des études à partir desquelles ils ont été rapportés.

Le Cr (VI) est cancérogène pour l'homme par inhalation (groupe 1 du CIRC et groupe A de l'US-EPA). Plusieurs études épidémiologiques en milieu professionnel ont montré une corrélation entre l'exposition au chrome et le cancer du poumon.

Dans le cadre de cette étude, nous retenons la forme chrome VI (forme la plus préoccupante) pour une exposition chronique, par inhalation, pour ses effets à seuil et sans seuil.

La forme chrome III sera retenue pour une exposition chronique, pour ses effets à seuil par ingestion. En effet, le chrome VI est largement transformé en chrome III dans les sols et les sédiments (favorisé en conditions anaérobiques et à un pH faible).

Les ERU proposés pour les effets sans seuil par inhalation chronique de chrome VI sont présentés dans le TABLEAU 83.

TABLEAU 83 – PRÉSENTATION DES ERU POUR LES EFFETS SANS SEUIL PAR INHALATION DU CHROME VI

Substance	ERU _i (µg/m ³) ⁻¹	Effets critiques associés, type d'étude et source
Chrome VI	1,2.10 ⁻²	Cancer du poumon, étude sur l'homme, US-EPA, 1998
	7,6.10 ⁻²	Cancer du poumon, étude sur l'homme, Santé Canada, 1993
	4.10 ⁻²	Cancer du poumon, étude sur l'homme, RIVM, 1999
	4.10 ⁻²	Cancer du poumon, étude sur l'homme, OMS CICAD, 2013
	4.10 ⁻²	Cancer du poumon, étude sur l'homme, OMS, 2000
	1,5.10 ⁻¹	Cancer du poumon, étude sur l'homme, OEHHA, 2002

Source : US-EPA - Santé Canada - RIVM - OMS CICAD - OEHHA

Les effets sans seuil par inhalation (risque cancérogène) pour le chrome VI ont été évalués par 6 organismes. Toutes les évaluations sont basées sur des études épidémiologiques. La valeur de l'OMS CICAD est basée sur des données issues d'une cohorte de salariés travaillant dans une usine de production de chrome (étude

de 1979) réanalysées en 2000. Les valeurs de l'US-EPA, OEHHA et Santé Canada, se basent sur une même étude de 1975 et la valeur de l'US-EPA est calculée à partir de l'exposition au chrome total.

L'INERIS dans son document de janvier 2018 sur le choix de valeur toxicologique de référence pour le chrome et les composés tri et hexavalents propose ainsi de retenir la valeur de l'OMS CICAD (cette valeur est par ailleurs identique à celle proposée par l'OMS en 2000 calculée à partir de 3 études épidémiologiques dont celle de 1979). Nous suivons ainsi les recommandations de l'INERIS.

Pour les effets à seuil par inhalation, plusieurs formes de chrome sont étudiées d'un point de vue toxicologique. Nous présentons dans le TABLEAU 84 les VTR proposées pour le chrome autre que sous forme aérosol ou soluble.

TABLEAU 84 – PRÉSENTATION DES VTR POUR LES EFFETS À SEUIL PAR INHALATION DU CHROME VI PARTICULAIRE

Substance	VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Effets critiques associés, type d'étude et source
Chrome VI	0,1 (forme particulaire)	Effets respiratoires, étude sur l'animal, US-EPA, 1998
	0,03	Effets pulmonaires, étude sur l'animal, OMS, 2013

Source : US-EPA - OMS

Pour les effets à seuil par inhalation, deux organismes proposent des VTR pour des formes de chrome autres qu'aérosol ou soluble. Elles s'appuient sur la même étude source avec des démarches cohérentes. Leur différence réside dans les extrapolations de l'animal à l'homme et les facteurs d'incertitude retenus. L'INERIS dans son document de janvier 2018 sur le choix de valeur toxicologique de référence pour le chrome et les composés tri et hexavalents retient la VTR de l'OMS en raison d'éléments plus récents ayant permis d'aboutir à cette valeur. Nous suivons le choix de l'INERIS qui précise que l'Indice de confiance vis-à-vis de cette valeur est moyen.

Les VTR proposées pour les effets à seuil par ingestion chronique de chrome III sont présentés dans le TABLEAU 85.

TABLEAU 85 – PRÉSENTATION DES VTR POUR LES EFFETS À SEUIL PAR INGESTION DE CHROME III

Substance	ERU ₀ (mg/kg pc/j)	Effets critiques associés, type d'étude et source
Chrome III (fraction insoluble)	1,5	Toxicité sur le foie, étude sur l'animal, US-EPA, 1998
	5	Toxicité sur le foie, étude sur l'animal, RIVM, 2001

Source : US-EPA - RIVM

Les effets à seuil par ingestion pour le chrome III ont été évalués par 2 organismes pour les composés insolubles du Cr III à partir de la même étude jugée de qualité recevable malgré le manque de transparence. L'INERIS dans son document de janvier 2018 sur le choix de valeur toxicologique de référence pour le chrome et ses composés tri et hexavalents retient la valeur de l'US-EPA en raison de la transparence dans la démarche d'élaboration de la VTR. Nous suivons le choix de l'INERIS.

10.2.6 - Dioxyde d'azote

Les oxydes d'azote (NO_x) sont des gaz composés d'au moins une molécule d'azote et une molécule d'oxygène, il s'agit principalement du NO et du NO₂. Parmi les NO_x, le dioxyde d'azote (NO₂) présente le plus grand intérêt sur le plan sanitaire.

La principale voie d'exposition du NO₂ est la voie aérienne, par exposition à l'air extérieur et intérieur des locaux et par le tabagisme. 80 à 90 % du NO₂ inhalé est absorbé et distribué à partir du système circulatoire dans tout

le corps après s'être dissout partiellement dans le mucus des voies respiratoires supérieures. Des études expérimentales chez le rat ont montré que le NO₂ était excrété via les urines.

Le NO₂ augmente la réactivité des bronches chez le sujet normal et chez l'asthmatique lorsque ceux-ci sont exposés à des agents bronchoconstricteurs et ceci, même à des niveaux qui n'affectent pas la fonction pulmonaire directement en l'absence de bronchoconstricteurs. Chez l'animal, il a été observé des œdèmes pulmonaires, un épaississement de la paroi alvéolaire et une perte ciliaire de l'épithélium bronchique en exposition aiguë (jusqu'à 3 jours) à de fortes concentrations (4 à 50 mg/m³). Chez l'homme, les premiers signes cliniques se caractérisent par une toux légère, une irritation laryngée et oculaire qui disparaissent très vite.

La toxicité respiratoire du dioxyde d'azote, comparée aux autres polluants, est cependant assez faible. En raison de son interaction avec d'autres polluants, ce polluant est plus considéré comme un indicateur de pollution que pour sa toxicité propre.

Dans le cadre de cette étude, le dioxyde d'azote est retenu comme traceur de l'impact sanitaire pour ses effets à seuil par inhalation pour une exposition aiguë et chronique

Pour une exposition de type chronique par inhalation, la seule valeur de référence disponible est la valeur guide définie en moyenne annuelle par l'OMS (cf. TABLEAU 86) valeur indicative fixée pour protéger le grand public des effets sanitaire du dioxyde d'azote gazeux. Cette valeur est basée sur des changements légers de la fonction respiratoire chez les asthmatiques.

Cette valeur guide n'étant pas une VTR, elle ne pourra pas être utilisée pour le calcul d'indices de risque, conformément à la note d'information de la DGS N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, mais pourra être comparée aux concentrations moyennes annuelles dans l'air.

TABLEAU 86 – PRÉSENTATION DE LA VALEUR GUIDE POUR LES EFFETS À SEUIL PAR INHALATION DES NOX

Substance	Valeur guide (µg/m ³)	Effets critiques associés, type d'étude et source
Oxydes d'azote	40 (dioxyde d'azote)	Effets respiratoires, études sur l'homme, OMS, 2005

Source : OMS

Les valeurs toxicologiques proposées pour une exposition aiguë au NO₂ sont présentées dans le TABLEAU 87.

TABLEAU 87 – PRÉSENTATION DES VTR POUR LES EFFETS EN EXPOSITION AIGUE POUR LE NO₂

Substance	VTR (µg/m ³)	Durée d'exposition	Effets critiques associés, type d'étude et source
Dioxyde d'azote	200	1 heure	Effets respiratoires, étude sur l'homme, OMS, 2000
	470	1 heure	Effets respiratoires, étude sur l'homme, OEHHA, 1999

Source : OEHHA - US-EPA

Deux organismes (OMS et OEHHA) proposent des valeurs toxicologiques pour une exposition aiguë au NO₂. Les 2 valeurs proposées proviennent d'études sur l'homme avec des effets critiques similaires relatifs à l'augmentation de la réactivité bronchique.

L'INERIS dans sa fiche toxicologique de 2011 sur le dioxyde d'azote ne retient pas la valeur de l'OEHHA car elle associe cette valeur à des seuils accidentels. Ainsi dans le cadre cette étude nous retenons la valeur guide de l'OMS de 200 µg/m³.

Remarque : cette valeur de 200 µg/m³ est reprise dans la réglementation française sur la qualité de l'air (article R221.1 du Code de l'environnement) comme une valeur limite pour la protection de la santé humaine. Toutefois, elle est assortie d'une fréquence de dépassement : « la valeur de 200 µg/m³ ne doit pas être

dépassée plus de 18 heures par année civile de 365 jours (centile 99,8 des valeurs moyennes par heure ou par périodes inférieures à l'heure). »

10.2.7 - Nickel

Le nickel est présent naturellement dans l'environnement. Dans l'industrie, il est principalement utilisé pour la production d'aciers inoxydables et autres aciers spéciaux dans le but d'améliorer leurs propriétés mécaniques et leur résistance à la corrosion et à la chaleur. Le nickel est également utilisé pour la préparation d'alliages non ferreux pour la fabrication d'outils, d'ustensiles de cuisine et de ménage. Il est utilisé dans les revêtements électrolytiques des métaux et comme catalyseur en chimie organique.

62 % du nickel contenu dans l'air provient de la combustion de déchets et de fuel (ATSDR, 1997). Dans les fumées des incinérateurs, il est émis sous forme particulaire sans qu'il soit possible de différencier les différentes formes de nickel (métallique, oxydes, sulfates, silicates sous-sulfures et chlorures).

Par inhalation, les principaux effets portent sur une atteinte respiratoire (baisse de la capacité vitale, bronchite chronique, emphysème) mesurée dans des études en milieu professionnel. D'autres effets hématologiques, hépatiques et rénaux sont discutés.

Le CIRC (1990) a classé les composés du nickel dans le groupe 1 (cancérogène pour l'homme) et le nickel métallique dans le groupe 2B (probablement cancérogène pour l'homme). L'OMS distingue le nickel métal, cancérogène possible pour l'homme (groupe B2 : les données ne sont suffisantes que chez l'animal), des composés du nickel classés cancérogènes chez l'homme (classe 1 : les données sont suffisantes).

De nombreux composés du nickel existent et nous ne connaissons pas dans le cadre de cette étude la forme du nickel en présence. Nous faisons ainsi le choix de traiter des VTR qui concerne le plus de forme du nickel, à savoir le nickel et composés, ce qui exclut les formes de faible solubilité (à savoir oxyde de nickel et sous-sulfure de nickel).

Le nickel est étudié dans cette étude pour ses effets sans seuil et à seuil par inhalation et pour ses effets à seuil par ingestion

Les ERU proposés pour les effets sans seuil par inhalation chronique du nickel sont présentés dans le TABLEAU 88.

TABLEAU 88 – PRÉSENTATION DES ERU POUR LES EFFETS SANS SEUIL PAR INHALATION DU NICKEL

Substance	ERU _i ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	Effets critiques associés, type d'étude et source
Nickel et ses composés	3,8.10 ⁻⁴	Cancer du poumon, étude sur l'homme, OMS, 2000
	2,6.10 ⁻⁴	Cancer du poumon, étude sur l'homme, OEHHA, 2011

Source : OMS - OEHHA

Pour les effets sans seuil par inhalation, 2 organismes (OMS et OEHHA) proposent des ERU à partir d'études épidémiologiques pour le nickel et ses composés. Ces valeurs sont construites à partir d'études chez des travailleurs de raffinerie de nickel qui sont jugées de qualité satisfaisante. L'INERIS dans sa fiche de choix de valeur toxicologique de référence pour le nickel et ses composés de janvier 2018, fait le choix de retenir la valeur de l'OEHHA dont la construction est relativement bien détaillée à contrario de celle de l'OMS. Nous suivons donc ce choix qui précise que l'Indice de confiance vis-à-vis de cette valeur est élevé.

Les VTR proposées pour les effets à seuil par inhalation chronique du nickel sont présentées dans le TABLEAU 89.

TABLEAU 89 – PRÉSENTATION DES VTR POUR LES EFFETS À SEUIL PAR INHALATION DU NICKEL

Substance	VTR _i (µg/m ³)	Effets critiques associés, type d'étude et source
Nickel et ses composés (hors oxyde de nickel)	0,09	Effets pulmonaires, étude sur l'animal, ATSDR, 2005
	0,014	Effets pulmonaires, étude sur l'animal, OEHHA, 2012
	0,05	Effets pulmonaires, étude sur l'animal, RIVM, 2001

Source : ATSDR - OEHHA - RIVM

Pour les effets à seuil par inhalation, trois organismes proposent une VTR pour le nickel et ses composés à partir d'une même étude. Les différences résultent donc dans la construction de ces VTR et les facteurs d'incertitude qui sont retenus. L'INERIS dans sa fiche de choix de valeur toxicologique de référence pour le nickel et ses composés de janvier 2018, fait le choix de retenir la valeur de l'ATSDR qui semble la plus appropriée pour la prise en compte des enfants. L'Indice de confiance vis-à-vis de cette valeur est élevé. Nous suivons donc ce choix qui est par ailleurs en accord avec la note d'information de la DGS N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014.

Pour une exposition par ingestion, les valeurs toxicologiques pour des effets à seuil du nickel sont présentées dans le TABLEAU 90.

TABLEAU 90 – PRÉSENTATION DES VTR POUR LES EFFETS À SEUIL PAR INGESTION DU NICKEL

Substance	VTR _o (mg/kg pc/j)	Effets critiques associés, type d'étude et source
Nickel et ses composés	$2 \cdot 10^{-2}$	Baisse du poids corporel et des organes, étude sur l'animal, US-EPA, 1998
	$5 \cdot 10^{-3}$	Baisse du poids corporel et des organes, étude sur l'animal, OMS, 2004
	$1,1 \cdot 10^{-2}$	Effets sur la reproduction, étude sur l'animal, Santé Canada, 2010
	$2,8 \cdot 10^{-3}$	Effet sur le développement, études sur l'animal, EFSA 2015
	$5 \cdot 10^{-2}$	Baisse du poids corporel et des organes, étude sur l'animal, RIVM, 2001
	$1,12 \cdot 10^{-2}$	Effets sur le développement, étude sur l'animal, OEHHA, 2012

Source : US-EPA - OMS - Santé Canada - EFSA - RIVM - OEHHA

Pour les effets à seuil par ingestion, des VTR sont proposées par 6 organismes. Trois d'entre eux (OMS, US-EPA et RIVM) s'appuient sur la même étude d'Ambrose et al. (1976) réalisée sur les rats. Seuls les facteurs d'incertitude diffèrent et l'effet retenu concerne une baisse du poids corporel et des organes. Les valeurs de l'OEHHA et de Santé Canada (identiques) sont basées sur la même étude de reprotoxicité avec un effet sur le développement. La valeur de l'EFSA est elle aussi basée sur cette même étude de reprotoxicité mais s'appuie également sur les résultats d'une autre étude de reprotoxicité afin de déterminer une BMDL.

L'INERIS dans son document de choix de valeur toxicologique de référence pour le nickel et ses composés de janvier 2018 estime que les effets critiques liés aux études de reprotoxicité sont plus pertinents et retient la valeur de l'EFSA qui utilise deux études de reprotoxicité et détermine une BMDL permettant de tenir compte de l'intégralité de la relation dose-réponse. Nous suivons donc le choix de l'INERIS.

10.2.8 - Poussières PM2.5 et PM10

Les poussières sont connues pour les risques d'affections respiratoires et cardiovasculaires qu'elles peuvent provoquer. Les poussières présentent des effets dits non spécifiques, liés principalement à leur taille qui conditionne elle-même le niveau de pénétration dans l'appareil respiratoire. Dans la partie inhalable des particules, nous distinguons, en fonction du Dae50 (diamètre aérodynamique médian), la fraction extrathoracique (Dae50 compris entre 10 et 100 µm), la fraction thoracique (Dae50 = 10 µm), la fraction trachéo-bronchique (Dae50 compris entre 4 et 10 µm) et la fraction alvéolaire dont le Dae50 est inférieur ou égal à 4 µm.

Les PM2.5 (diamètre inférieur à 2,5 µm) entraînent en plus de leurs effets non spécifiques, une augmentation des troubles liés aux autres éléments polluants présents de façon concomitante. Les études à long terme sont peu nombreuses, mais les principaux effets reconnus sont les suivants : réduction de la durée de vie, augmentation des cas de bronchites chez les enfants, réduction des capacités respiratoires chez les adultes et les enfants.

Les seules valeurs de référence disponibles pour une exposition de type chronique sont les valeurs guides pour la protection de la santé humaine définie en moyenne annuelle par l'OMS (cf. TABLEAU 91). Ces valeurs guide n'étant pas des VTR, elles ne pourront pas être utilisées pour le calcul d'indices de risque, conformément la note d'information de la DGS N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, mais pourront être comparées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air.

TABLEAU 91 – PRÉSENTATION DES VALEURS GUIDE POUR LES EFFETS À SEUIL PAR INHALATION EN EXPOSITION CHRONIQUE DES PM2.5 ET PM10

Substances	Valeur Guide (µg/m ³)	Effets critiques associés, type d'étude et source
Poussières PM₁₀	20	Effets respiratoires et mortalité par cancer, étude sur l'homme, OMS, 2005
Poussières PM_{2.5}	10	Effets respiratoires et mortalité par cancer, étude sur l'homme, OMS, 2005

Source : OMS

L'OMS considère que des effets sanitaires des PM2.5 peuvent être observés à partir d'une concentration dans l'air de 10 µg/m³. Cette valeur correspond au niveau le plus bas pour lequel une augmentation significative de la mortalité par cancer a été observée dans l'étude ACS (American Cancer Society Study, Pope et al, 2002), avec une confiance supérieure à 95 %. La valeur de 20 µg/m³ définie pour les PM10 est extrapolée à partir de la valeur utilisée pour PM2.5 en considérant un ratio PM2.5 / PM10 de 0,5.

En exposition aigue, les seules valeurs disponibles pour les particules PM10 et PM2.5 sont des valeurs guide définies pour la protection de la santé humaine (cf. TABLEAU 92). Elles sont proposées par l'OMS pour des expositions 24h à partir des valeurs guides établies pour une exposition chronique.

La valeur de 50 µg/m³ définie pour les PM10 est extrapolée à partir de la valeur utilisée pour les PM2.5 en considérant un ratio PM2.5 / PM10 de 0,5. Ces valeurs sont également retenues par l'ANSES dans son document de janvier 2010 concernant les normes en air intérieur.

TABLEAU 92 – PRÉSENTATION DES VALEURS GUIDE DES PARTICULES POUR UNE EXPOSITION AIGUË DES PM2.5 ET PM10

Substances	Valeur Guide (µg/m ³)	Durée d'exposition	Effets critiques associés, type d'étude et source
Poussières PM_{2.5}	25	24h	Effets respiratoires et mortalité par cancer, étude sur l'homme, OMS, 2005
Poussières PM₁₀	50	24h	Effets respiratoires et mortalité par cancer, étude sur l'homme, OMS, 2005

Source : OMS

10.3 - Paramètres de calcul des doses ingérées

Les paramètres de calcul de la concentration dans les végétaux sont détaillés dans le TABLEAU 93 et le TABLEAU 94.

TABLEAU 93 – CONCENTRATION DE POLLUANTS DANS LES VÉGÉTAUX PAR TYPE DE VÉGÉTAUX

Type de végétal	k_p (an^{-1})	Y_p ($\text{kg MS}/\text{m}^2$)	T_p (an)	R_p	$VG_{\text{partie aérienne}}$
Légume feuille	18	2,24	0,164	0,39	0,01
Légume fruit	18	2,24	0,164	0,39	0,01
Légume racine	18	2,24	0,164	0,39	0,01
Fruits	18	2,24	0,164	0,39	0,01

Source : US-EPA/HHRAP, 2005

TABLEAU 94 – CONCENTRATIONS DE POLLUANTS DANS LES VÉGÉTAUX PAR TYPE DE POLLUANTS

Polluants	F_v	B_v ($\text{mg}/\text{kg}_{\text{MS}} /$ $\text{mg}/\text{kg}_{\text{air}}$)	BCF ($\text{mg}/\text{kg}_{\text{MS}} / \text{mg}/\text{kg}_{\text{sol}}$)			
			Légume racine	Légume feuille	Légume fruit	Fruits
Cd	0,009	0	6,40E-02	1,25E-01	1,25E-01	1,25E-01
Hg	0	0	9,90E-02	2,94E-02	2,94E-02	2,94E-02
As	0,006	0	8,00E-03	6,33E-03	6,33E-03	6,33E-03
Cr III	0	0	4,50E-03	4,88E-03	4,88E-03	4,88E-03
Ni	0	0	8,00E-03	9,31E-03	9,31E-03	9,31E-03
Pb	0,007	0	9,00E-03	1,36E-02	1,36E-02	1,36E-02
Benzo(a)pyrène	0,294	1,25E+05	6,05E-02	1,32E-02	1,32E-02	1,32E-02

NB* : en l'absence de données identifiées dans HHRAP pour les PCB nous retenons celles des dioxines

La quantité de sol ingérée par un adulte est de 50 mg/j, valeur que conseille de retenir l'US-EPA [2011]. Pour les enfants, l'US-EPA a estimé que 100 mg/j était une valeur moyenne représentative de l'ingestion de sol par les enfants de moins de six ans. L'US-EPA a aussi utilisé 200 mg/j comme valeur moyenne précautionneuse. À partir de ces données, nous retenons la valeur raisonnablement majorante de 150 mg/j qui est aussi utilisée par l'INERIS pour la méthode de calcul des VCI dans les sols [2001].

Pour le poids corporel, la source de données françaises la plus récente pour le poids corporel est l'enquête décennale santé 2002-2003 de l'INSEE. Ces résultats sont disponibles dans l'article de Tanguy [2007]. Les poids des différents scénarios sont les moyennes des poids corporels français médians déclarés des différentes classes d'âge. Nous retenons ici les poids moyens des enfants entre 0 et 3 ans pour la crèche et le poids moyen des enfants entre 3 et 10 ans pour l'école primaire.

Les paramètres de calcul des doses ingérées sont détaillés dans le TABLEAU 95.

TABLEAU 95 – PARAMÈTRES PHYSIOLOGIQUES D'EXPOSITION

	Enfant (0-3 ans)	Enfant (6 -10 ans)	Enfant (3 -10 ans)	Enfant (1 à 7 ans)	Adulte
Poids corporel (kg)	5,9	28,7	25,9	17,9	62,6
Q sol ingérée (mg sol/jr)	150	150	150	150	50

Les quantités d'aliments autoconsommés par les adultes sont calculées sur la base des données de consommation alimentaire de l'INSEE (1991) disponibles sur la ZEAT de la région méditerranée. Celles autoconsommées par les enfants sont calculées à partir des valeurs des adultes en appliquant un ratio de consommation défini à partir des données INCA (1999) et SOFRES (1997). Les quantités d'aliments autoconsommés par les enfants et les adultes sont précisées dans le TABLEAU 96.

TABLEAU 96 – QUANTITÉS D'ALIMENTS AUTOCONSOMMÉS

Type de végétal	Autoconsommation dans la ZAET Méditerranée (g/j)	
	Enfants de 3-5 ans	Adultes
Légumes feuilles	4.36	9.07
Légumes racines	11.19	17.64
Légumes fruits	3.96	8.33
Fruits	9.11	16.11

Source : INSEE – INCA - SOFRES

Les différentes catégories d'aliments sont définies comme suit :

- À partir de l'étude Alliance-SOFRES-CHU/Dijon 1997 (Boggio, 1999) :
 - La catégorie "légumes-racines" a été définie à partir des consommations de pommes de terre, de carottes, de betteraves, de salsifis, de céleris, de navets, d'oignons, d'échalotes et de champignons ;
 - La catégorie "légumes-feuilles" a été définie à partir des consommations de choux fleurs, brocolis, choux-rouges et choux-feuilles, choux de Bruxelles, laitues, épinards et bettes, endives, haricots verts, poireaux, fenouils, persil et artichauts ;
 - La catégorie "légumes-fruits" a été définie à partir des consommations d'amandes, de noix, de poires, de pommes, de pêches, de cerises, de pruneaux, d'abricots, de raisin, de fraises, de framboises et de figues ;
- À partir de l'étude INCA 1999 :
 - La catégorie "fruits" comprend la rubrique "fruits" et la rubrique "compotes et fruits cuits" ;
 - La catégorie "fruits et légumes" comprend les rubriques citées précédemment pour les fruits et les "légumes (hors pommes de terre)" et les "pommes de terre et dérivés" ;
 - La catégorie "céréales" comprend les rubriques "pain biscottes", "céréales petit déjeuner", "pâtes" et "riz et semoules" ;
 - La catégorie "viande" comprend la rubrique "viande" et la rubrique "charcuterie" ;
 - La catégorie "liquides" comprend les rubriques "eaux", "jus de fruits et sodas", "café", "thé et boissons chaudes" et "soupes".

Business Unit Grands Ouvrages – Eau – Environnement - Énergie

communication.egis@egis.fr

www.egis-group.com

