PROJET DE RENOVATION URBAINE DE LA CITE JARDIN DE CHATENAY-MALABRY

Volet Air & Santé
État actuel & Analyse des impacts

AOUT 2023

INDICE	DESCRIPTION	ÉTABLI(E)	CONTROLÉ(E)	APPROUVÉ(E)	DATE
1	État actuel - provisoire	MC	RG	RG	02/12/2022
1a	État actuel – Intégration des Mesures In Situ	MC	CC	RG	13/01/2023
2	Étude Air et Santé – Intégration de l'Analyse des Impacts	MC	CC	RG	08/08/2023

SOMMAIRE

PREAMBULE 10
1. CONTEXTE GENERAL 11
2. CONTEXTE LEGISLATIF 12
3. PRESENTATION DU PROJET 13
4. PRESENTATION DU VOLET AIR ET SANTE 15
4.1. Définition des paramètres de l'étude 15
4.2. Définition du niveau de l'étude 16
4.3. Contenu de l'étude 17
ÉTAT ACTUEL 18
5. CONTENU DE L'ETAT ACTUEL 19
6. CONTENTIEUX EUROPEEN 20
7. DOCUMENTS DE PLANIFICATION 21
8. IDENTIFICATION DES PRINCIPALES SOURCES D'EMISSIONS ATMOSPHERIQUES 34
8.1. Inventaire des émissions 34
8.1.1. Bilan des émissions franciliennes 34
8.1.2. Bilan des émissions pour le département des Hauts-de-Seine 41
8.1.3. Bilan des émissions de l'Établissement Public Territorial Vallée Sud Grand Paris 42
8.2. Réseaux de transports 43
8.3. Secteurs résidentiel et tertiaire 45
8.4. Registre des émissions polluantes (secteur industriel) 46
8.5. Secteur agricole 46
8.6. Synthèse 47
9. QUALITE DE L'AIR 48
9.1. Abaissement des seuils OMS de référence en 2021 48
9.2. Bilan de la qualité de l'air en Île-de-France en 2021 49
9.3. Zones sensibles pour la qualité de l'air 51
9.4. Zones couvertes par un PPA 51
9.5. Procédures d'information et d'alerte 51
9.5.1. Fonctionnement de la procédure – Dispositif préfectoral 51
9.5.2. Historique des dépassements 53
9.6. Données Airparif 53
9.6.1. Mesures réalisées par Airparif 53
9.6.2. Indice ATMO 55
9.6.3. Modélisations Airparif au niveau de la zone d'étude 56
9.7. Exposition de la population 63
9.7.1. Exposition aux différentes nuisances environnementales 63
9.7.2. Exposition de la population à la pollution atmosphérique 64
9.8. Synthèse 67
10. ANALYSE DE LA ZONE D'ETUDE 68
10.1. Recensement des projets pouvant induire des effets cumulés 68
10.2. Données météorologiques et topographiques 68
10.3. Occupation des sols 70
10.4. Identification des zones à enjeux sanitaires par ingestion 71
10.5. Analyse de la population de la zone d'étude 72
10.6. Identification des établissements vulnérables 73
10.7. Synthèse 75
11. MESURES IN SITU 76
11.1. Déroulement de la campagne de mesure 76
11.2. Conditions météorologiques pendant la campagne de mesure 77
11.3. Résultats des mesures 77
11.3.1. Particules PM10 et PM2,5 77
11.3.2. Dioxyde d'azote 81
11.4. Synthèse des résultats 83
12. PERSPECTIVE D'EVOLUTION DE L'ETAT ACTUEL 85
13. CONCLUSION DE L'ETAT ACTUEL 85
ANALYSE DES IMPACTS 90
14. CONTENU DE L'ANALYSE DES IMPACTS 91
15. IMPACTS DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR EN PHASE CHANTIER 92
15.1. Quantification des émissions liées aux activités du chantier 92
15.2. Mesures de réduction des émissions liées aux activités du chantier 93
15.2.1. Mesures de réduction des gaz d'échappement des engins 93
15.2.2. Mesures de réduction des émissions de poussières 94
15.2.3. Mesures de réduction des émissions de COV et de HAP 94
15.2.4. Charte Chantiers Verts 95
15.3. Synthèse 95
16. IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR EN PHASE EXPLOITATION 96
16.1. Émissions provenant des bâtiments créés 96
16.1.1. Généralités – émissions atmosphériques des secteurs résidentiel et tertiaire 96
16.1.2. Émissions atmosphériques issues des bâtiments 102
16.1.3. Impacts du projet sur la qualité de l'air 102
16.2. Impact du trafic automobile moyen journalier annuel lié à l'exploitation du projet 103
16.2.1. Méthodologie 103
16.2.2. Indice VK 105
16.2.3. Consommations énergétiques 105

16.2.4. Émissions de polluants atmosphériques sur le réseau d'étude 106
16.2.5. Simulation numérique de la dispersion atmosphérique 111
16.3. Conclusion de l'impact du trafic routier lié au projet sur la qualité de l'air 129
17. IMPACTS DU PROJET SUR LA SANTE – ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES [EQRS] 131
17.1. Hypothèses de travail retenues 131
17.2. Contenu et démarche de l'EQRS 132
17.3. Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets à seuil - Quotients de danger 138
17.4. Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets sans seuil : calcul de l'Excès de Risque Individuel (ERI) 143
17.5. Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets aigus : comparaison avec les recommandations de l'OMS 145
17.6. Incertitudes relatives à l'EQRS 147
17.7. Synthèse de l'EQRS – Impact du projet sur la santé 148
18. IMPACT DU PROJET SUR LES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE 149
18.1. Généralités 149
18.2. Émissions de GES sur le réseau d'étude 153
19. COUTS COLLECTIFS DES GAZ A EFFET DE SERRE ET DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE 155
19.1. Coûts liés aux émissions de polluants atmosphériques 155
19.2. Coûts liés aux émissions de gaz à effet de serre 156
20. FOCUS SUR LES ILOTS-TESTS 157
21. EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE ET DES GES SUR LA SANTE ET LE CLIMAT 159
21.1. Effets généraux de la pollution atmosphérique sur la santé 159
21.2. Changements climatiques 161
21.3. Impacts directs des canicules et des fortes chaleurs sur la santé 162
21.4. Impacts du changement climatique et de la pollution atmosphérique sur les maladies allergiques 167
21.5. Impacts du changement climatique sur les maladies infectieuses et vectorielles 168
21.6. Impacts du changement climatique sur les concentrations en polluants atmosphériques 170
22. EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LA FAUNE, LA FLORE, LE SOL ET LES BATIMENTS 172
22.1. Effets sur les sols 172
22.2. Effets sur la végétation 172
22.3. Effets sur la faune 174
22.4. Effets sur les bâtiments 175
23. QUALITE DE L'AIR INTERIEUR 176
23.1. Présentation 176
23.2. Polluants 176
23.3. Recommandations 177
24. MESURES D'EVITEMENT, DE REDUCTION ET DE COMPENSATION DES IMPACTS 178
24.1. Mesures d'évitement 179
24.2. Mesures de réduction 179
24.3. Aménagements du territoire 180
24.4. Lutte contre les îlots de chaleur urbains 180
25. CONCLUSION DE L'ANALYSE DES IMPACTS 181
ANNEXES 183
Annexe n°1 : Glossaire 184
Annexe n°2 : Fiches descriptives - mesures *in situ* 186
Annexe n°3 : Conditions météorologiques lors de la campagne de mesure *in situ* et normales 191
Annexe n°4 : Présentation des documents de planification 196
Annexe n°5 : Données des stations Airparif 232
Annexe n°6 : Historique des données sanitaires 234
Annexe n°7 : Métrologie des polluants 236
Annexe n°8 : Présentation des substances mesurées 239
Annexe n°9 : Réglementation des polluants atmosphériques 242
Annexe n°10 : Lignes directrices de l'OMS 245
Annexe n°11 : Données trafic considérées dans l'étude 246
CONTACT 249

FIGURES

Figure 1 : Localisation de la Cité Jardin de Châtenay-Malabry 13
Figure 2 : Détails de la réalisation par périmètre de la Cité Jardin en avril 2020 14
Figure 3 : Zone d'étude définie pour l'état actuel du volet Air et Santé (cercle de 1 km de rayon centré sur le projet) 16
Figure 4 : Situation contentieuse de la France au titre de la qualité de l'air (décembre 2020) ... 20
Figure 5 : Articulations des plans et schémas ayant lien avec la qualité de l'air (Source : PDUIF) 21
Figure 6 : Contribution en % des différents secteurs d'activités aux émissions de polluants atmosphériques en Île-de-France pour l'année de référence 2018 (Sources : Airparif) 34
Figure 7 : Émissions totales 2018 en tonne (ou kt) par département d'Île-de-France pour chaque polluant et ramenées au km² (Source : Airparif) 35
Figure 8 : Contribution par secteur aux émissions de NOx en Île-de-France pour l'année 2018 (Source : Airparif) 35
Figure 9 : Évolution des émissions de NOx en Île-de-France par secteur entre 2005 et 2018 (source : Airparif) 35
Figure 10 : Contribution par secteur aux émissions de PM10 en Île-de-France pour l'année 2018 (source : Airparif) 36
Figure 11 : Contribution par secteur aux émissions de PM2,5 en Île-de-France pour l'année 2018 (Source : Airparif) 37
Figure 12: Évolution des émissions de PM10 en Île-de-France entre 2005 et 2018 (source : Airparif) 37
Figure 13: Évolution des émissions de PM2,5 en Île-de-France entre 2005 et 2018 (source : Airparif) 37
Figure 14 : Contribution par secteur aux émissions de COVNM en Île-de-France pour l'année 2018 (source : Airparif) 38
Figure 15: Évolution des émissions de COVNM en Île-de-France entre 2005 et 2018 (source : Airparif) 38
Figure 16 : Contribution par secteur aux émissions de SO_2 en Île-de-France pour l'année 2018 (Source : Airparif) 39
Figure 17: Évolution des émissions de SO_2 en Île-de-France entre 2005 et 2018 (source : Airparif) 39
Figure 18 : Contribution par secteur aux émissions de NH_3 en Île-de-France pour l'année 2018 (Source : Airparif) 39
Figure 19: Évolution des émissions de NH_3 en Île-de-France entre 2005 et 2018 (source : Airparif) 40
Figure 20 : Contribution par secteur (en %) aux émissions directes et indirectes de GES en Île-de-France pour l'année 2018 (Source : Airparif) 40
Figure 21: Évolution des émissions de GES (en kteqCO_2) en Île-de-France entre 2005 et 2018 (source : Airparif) 41
Figure 22 : Bilan des émissions annuelles pour le département des Hauts-de-Seine (estimations faites en 2020 pour l'année 2018) (source : Données Airparif) 41
Figure 23: Bilan des émissions annuelles pour l'établissement public territorial « Vallée Sud Grand Paris » (estimations faites en 2020 pour l'année 2018) (source : Données Airparif) 42
Figure 24 : Réseaux de transport aux environs du projet 43
Figure 25 : Carte des Trafics Moyens Journaliers Annuels (TMJA) aux environs du projet (sources : Open Data des Hauts-de-Seine / TMJA 2018 Essonne / data.gouv.fr) 44
Figure 26 : Comparatif des émissions du transport routier et ferroviaire [Source : le train, un mode de transport bon pour l'air et le climat ; Air Rhône-Alpes, Atmo Auvergne 2015] 45
Figure 27 : Environnement du projet par typologie de bâtiments 46
Figure 28 : Évolution des recommandations de l'OMS pour les PM10, PM2,5, le NO_2 et l'O_3 selon la référence OMS de 2005 et de 2021 48
Figure 29 : Emplacement des zones sensibles pour la qualité de l'air en Île-de-France (Source : Bilan de la qualité de l'air 2021 Airparif) 51
Figure 30 : Nombre de jours de déclenchement de procédures d'information et d'alerte dans les Hauts-de-Seine du 01/01/2018 au 17/10/2022 (Source : LCSQA) 53
Figure 31 : Localisation des stations de mesure Airparif par rapport au projet 53
Figure 32 : Seuils et couleurs du nouvel indice ATMO entré en vigueur le 1er janvier 2021 55
Figure 33 : Modélisations réalisées par Airparif – Concentrations moyennes annuelles en NO_2, de 2018 à 2021 57
Figure 34 : Modélisations réalisées par Airparif – Concentrations moyennes annuelles en PM10, de 2018 à 2021 58
Figure 35 : Modélisations réalisées par Airparif – Nombre de jours où la concentration en PM10 est supérieure à 50 µg/m³, de 2018 à 2021 59
Figure 36 : Modélisations réalisées par Airparif – Concentrations moyennes annuelles en PM2,5, de 2018 à 2021 60
Figure 37 : Modélisations réalisées par Airparif – Concentrations moyennes annuelles pour le benzène, de 2018 à 2021 61
Figure 38 : Modélisations réalisées par Airparif – Nombre de jours où la concentration en ozone est supérieure au seuil de protection de la santé : 120 µg/m³ sur 8 heures, de 2018 à 2021 62
Figure 39 : Cumul des nuisances environnementales en 2012 (Source : Institut Paris Région) 63
Figure 40 : Cumul des nuisances environnementales en 2021 (Source : Institut Paris Région) 64
Figure 41 : Évolution des recommandations de l'OMS pour les PM10, PM2,5, le NO_2 et l'O_3 - comparaison de la proportion de franciliens exposés aux dépassements des seuils OMS en 2020 selon la référence OMS de 2005 et de 2021 66
Figure 42 : Rose des vents (source : meteoblue.com) 69
Figure 43 : Vitesse du vent (source : meteoblue.com) 69
Figure 44 : Topographique autour du projet (source : topographic-map.com) 69
Figure 45 : Composition de la zone d'étude (Corine Land Cover 2018) 70
Figure 46 : Occupation du sol détaillée en 2021 et évolution par rapport à 2012 (source : Institut Paris Région) 70
Figure 47 : Population dans la zone d'étude répartie en carreaux de 200m de côté (données carroyées INSEE 2017 publiées en 2022) 72
Figure 48 : Localisation des établissements vulnérables à la pollution atmosphérique présents en l'état actuel 74
Figure 49 : Tube passif et boite pour NO_2 et micro-capteur laser 76
Figure 50 : Localisation des points de mesure in situ 77
Figure 51 : Résultats des mesures de particules PM10 et PM2,5 au point n°1 (fréquence de mesure : toutes les 5 minutes) 77
Figure 52 : Résultats des mesures de particules PM10 et PM2,5 au point n°10 (fréquence de mesure : toutes les 5 minutes) 77
Figure 53 : Concentrations moyennes journalières en PM10 au point n°1 78
Figure 54 : Concentrations moyennes journalières en PM2,5 au point n°1 78
Figure 55 : Concentrations moyennes journalières en PM10 au point n°10 79
Figure 56 : Concentrations moyennes journalières en PM2,5 au point n°10 79
Figure 57 : Concentrations moyennes journalières en PM10 aux stations d'Airparif 81
Figure 58 : Résultats des mesures du dioxyde d'azote 82
Figure 59 : Résultats des mesures in situ – Campagne du 17 novembre au 16 décembre 2022 84
Figure 60 : Synthèse des enjeux 89
Figure 61: Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Particules TSP 96
Figure 62: Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Particules PM10 97
Figure 63: Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Particules PM2,5 97
Figure 64: Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Particules PM1,0 98
Figure 65: Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Carbone suie 98
Figure 66: Émissions des substances acidifiantes, eutrophisantes et contribuant à la pollution photochimique provenant des secteurs résidentiel et tertiaire en France métropolitaine 99

Figure 67: Part des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine – substances acidifiantes, eutrophisantes et contribuant à la pollution photochimique 100
Figure 68: Émissions des métaux provenant du secteur résidentiel-tertiaire en France métropolitaine 101
Figure 69: Part des émissions du secteur résidentiel-tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine – métaux 101
Figure 70 : Brins considérés / Réseau d'étude 103
Figure 71 : Évolution de la composition du parc de voitures particulières selon la motorisation et les classes de véhicules, en proportion – version 2022 scénario AME des parcs IFSTTAR (Source : HBEFA) 104
Figure 72: Indices VK sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle 105
Figure 73 : Consommations énergétiques sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle 105
Figure 74 : Évolution moyenne des émissions de polluants en % (tous polluants confondus considérés dans l'étude) sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle comparativement à la situation actuelle 2020 106
Figure 75 : Émissions d'oxydes d'azote (éq.NO_2) sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle 108
Figure 76 : Émissions de monoxyde d'azote et dioxyde d'azote sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle 108
Figure 77 : Émissions de particules à l'échappement sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle 109
Figure 78 : Émissions de particules PM10 et PM2,5 sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle 109
Figure 79 : Émissions de CO sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle 109
Figure 80 : Émissions de COVNM sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle 109
Figure 81 : Émissions de benzène sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.... 110
Figure 82 : Émissions de dioxyde de soufre sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle 110
Figure 83 : Émissions d'arsenic sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle 110
Figure 84 : Émissions de nickel sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle 110
Figure 85 : Émissions de benzo(a)pyrène sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle 111
Figure 86: Modélisation gaussienne d'un panache 111
Figure 87: Rose des vents utilisée pour les simulations 112
Figure 88: Terrain numérique utilisé dans les modélisations et grille de calcul 112
Figure 89: Emplacement des récepteurs ponctuels et zones sur la grille de calcul 113
Figure 90 : Concentrations en NO_2 – Moyenne annuelle – Situation N°0 – Actuel 2020 120
Figure 91 : Concentrations en NO_2 – Moyenne annuelle – Situation N°1 – 2037 – Fil de l'eau 121
Figure 92 : Concentrations en NO_2 – Moyenne annuelle – Situation N°2 – 2037 – Projet 121
Figure 93 : Concentrations en NO_2 – Moyenne annuelle – Situation N°3 – 2057 – Fil de l'eau 121
Figure 94 : Concentrations en NO_2 – Moyenne annuelle – Situation N°4 – 2057 – Projet 121
Figure 95 : Différence de concentration en dioxyde d'azote entre la situation Projet et Fil de l'eau en 2037 (Situation 2-situation 1) 122
Figure 96 : Différence de concentration en dioxyde d'azote entre la situation Projet et Fil de l'eau en 2057 (Situation 4-situation 3) 122
Figure 97 : Variation en µg/m³ -au niveau de chacun des lieux vulnérables- de la concentration en NO_2 (moyenne annuelle) induite par la réalisation du projet comparativement à la situation 'Fil de l'eau' correspondante 2037 et 2057 122
Figure 98 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°0 – Actuel 2020..... 124
Figure 99 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°1 – 2037 – Fil de l'eau 124
Figure 100 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°2 – 2037 – Projet .. 124
Figure 101 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°3 – 2057 – Fil de l'eau 125
Figure 102 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°4 – 2057 – Projet...125
Figure 103 : Différence de concentration en PM10 entre la situation Projet et Fil de l'eau en 2037 (Situation 2-situation 1) 125
Figure 104 : Différence de concentration en PM10 entre la situation Projet et Fil de l'eau en 2057 (Situation 4-situation 3) 125
Figure 105 : Variation en µg/m³ -au niveau de chacun des lieux vulnérables- de la concentration en PM10 (moyenne annuelle) induite par la réalisation du projet comparativement aux situations 'Fil de l'eau' respectives en 2037 et 2057 126
Figure 106 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°0 – Actuel 2020 126
Figure 107 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°1 – 2037 – Fil de l'eau 127
Figure 108 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°2 – 2037 – Projet.. 127
Figure 109 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°3 – 2057 – Fil de l'eau 127
Figure 110 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°4 – 2057 – Projet.. 127
Figure 111 : Différence de concentration en PM2,5 entre la situation Projet et Fil de l'eau en 2037 (Situation 2-situation 1) 128
Figure 112 : Différence de concentration en PM2,5 entre la situation Projet et Fil de l'eau en 2057 (Situation 4-situation 3) 128
Figure 113 : Variation en µg/m³ -au niveau de chacun des lieux vulnérables- de la concentration en PM2,5 (moyenne annuelle) induite par la réalisation du projet comparativement aux situations 'Fil de l'eau' respectives en 2037 et 2057 128
Figure 114 : Évolution pour les principaux polluants des concentrations maximales modélisées sur la zone d'étude aux horizons 2037 et 2057 (situation 'Fil de l'eau' et 'Projet') comparativement à la situation actuelle 2020 129
Figure 115 : Schéma conceptuel de la démarche d'ERS 131
Figure 116: Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence 133
Figure 117 : Quotients de danger cumulés par organes cibles - Scénario enfant en bas âge - Voie inhalation – Max crèches 139
Figure 118 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario écolier de maternelle - Voie inhalation – Max écoles maternelles 139
Figure 119 : Quotients de danger cumulés par organes cibles - Scénario écolier de l'élémentaire - Voie inhalation – Max écoles élémentaires 140
Figure 120 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario écolier de primaire - Voie inhalation – Max écoles primaires 140
Figure 121 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario personne âgée - Voie inhalation – Max EHPADs 141
Figure 122 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario personne malade - Voie inhalation – Max Hôpitaux/Foyers 141
Figure 123 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario résident - Voie inhalation – Centiles 90 zone étude et Max emprise projet 142
Figure 124 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario enfant (de 0 à 11 ans) 144
Figure 125 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario personne âgée 144
Figure 126 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario personne malade 145
Figure 127 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario résident 145
Figure 128 : Contribution par secteur (en %) aux émissions de GES (scope 1+2) en Île-de-France pour l'année 2019 (Source : Données Airparif) 149
Figure 129 : Évolution des émissions de GES en Île-de-France entre 2005 et 2019 (source : Airparif) 149
Figure 130 : Répartition sectorielle des émissions directes et indirectes de GES en 2019 (en haut) et énergies consommées en 2019 (en bas) à Châtenay-Malabry (Source : Energif/ROSE) 150
Figure 131 : Mix énergétique du secteur résidentiel en Ile de France en 2019 (source : Airparif) 150
Figure 132 : Émissions de GES du secteur résidentiel en Ile-de-France entre 2005 et 2019 (Source : Airparif) 150
Figure 133 : Composition du parc résidentiel en 2020 et part des consommations entre maisons et appartements et 2019 à Châtenay-Malabry (source : INSEE et Energif/ROSE) 151

Figure 134 : Répartition de la consommation énergétique du secteur résidentiel par usage en 2019 à Châtenay-Malabry (Source : Energif/ROSE) 151
Figure 135 : Mix énergétique du secteur tertiaire en Ile de France en 2019 (source : Airparif) 151
Figure 136 : Émissions de GES du secteur tertiaire en Ile-de-France entre 2005 et 2019 (Source : Airparif) 151
Figure 137 : Consommation d'énergie en GWh du secteur tertiaire à Châtenay-Malabry en 2019 (source : Energif/ROSE) 152
Figure 138 : Répartition de la consommation énergétique du secteur tertiaire par usage en 2019 à Châtenay-Malabry (Source : Energif/ROSE) 152
Figure 139: Évolution des émissions de GES en équivalent CO_2 du transport routier (Source : Citepa, avril 2023 - Format SECTEN) 152
Figure 140 : Émissions de GES par type de transports en France (source : DataLAB Climat ; Chiffres clés du climat France, Europe et Monde - édition décembre 2022 ; Ministère de la Transition Écologique) 153
Figure 141 : Émissions de GES du transport routier en Ile-de-France entre 2005 et 2019 (Source : Airparif) 153
Figure 142: Émissions des gaz à effet de serre (kg équivalent 100 ans CO_2/jour) sur le réseau d'étude – Phase exploitation 154
Figure 143: Proportions de dioxyde de carbone, de méthane et de protoxyde d'azote dans les émissions de GES calculées sur le réseau d'étude 154
Figure 144 : Coût annuel de la pollution atmosphérique sur le réseau d'étude 156
Figure 145 : Coût annuel des émissions de GES sur le réseau d'étude 156
Figure 146 : Localisation des îlots-tests sur l'emprise projet et lieux vulénrables 157
Figure 147 : Évolution des températures moyennes annuelles en France depuis 1900 (Source : Météo France) 161
Figure 148 : Les 10 années les plus chaudes en France depuis 1900 (Source : Météo France) 162
Figure 149 : Caractéristiques des différentes vagues de chaleur de l'été 2022 en France métropolitaine (source : Santé Publique France) 163
Figure 150 : Nombre de jours de canicule par département pendant l'été 2022 (source : Santé Publique France) 164
Figure 151 : Nombre quotidien de passages aux urgences, d'hospitalisations, d'actes SOS Médecins, pour iCanicule, Île-de-France, du 1er juin au 15 septembre 2022 (source : Santé Publique France) 164
Figure 152 : Sévérité des vagues de chaleur et surmortalité relative (% de décès en excès) par département pour les jours de dépassement des seuils d'alerte de l'été 2022, France métropolitaine (source : Santé Publique France) 164
Figure 153 : Mortalité en excès pendant les deux canicules, par âge, sur les périodes et les départements concernés par des dépassements des seuils d'alerte biométéorologiques, Île-de-France, été 2022 (source : Santé Publique France ; données extrapolées) 165
Figure 154 : Vagues de chaleur recensées en France sur la période 1947- juillet 2022 (source : météo France) 165
Figure 155 : Évolution du nombre de jours de vagues de chaleur en France par an selon le scénario RCP8.5 (sans politique climatique) et les modèles Aladin de Météo-France (en haut) et WRF de l'IPSL (en bas) ; échelle graduée de 10 à 80 jours (source : http://www.drias-climat.fr) 166
Figure 156 : Calendrier pollinique 2022 à Antony (source : RNSA / République Française / ARS) 168
Figure 157 : Carte d'implantation du moustique tigre au 1er janvier 2023 en France métropolitaine 169
Figure 158 : Recensement des cas autochtones de maladies transmises par des vecteurs moustiques 169
Figure 159 : Impact de la baisse des émissions anthropiques en 2030 sur les concentrations de PM10 par rapport à 2013 (scénario émissions 2030 - scénario émissions 2013) à météo 2013 constante (source : CLIMAERA) 171
Figure 160 : Impact de la météo future 2030 sur les concentrations moyennes annuelles de PM10 par rapport à 2013 (scénario météo 2030 - scénario météo 2013) à émissions 2013 constantes (source : CLIMAERA) 171
Figure 161 : Principales sources de pollution de l'air intérieur en habitat (source : Ademe) 176
Figure 162 : Étiquette des émissions en polluants volatils des produits de construction et de décoration 177
Figure 163 : Évolution de la température moyenne horaire sur la période de mesure 191
Figure 164 : Évolution de la pression atmosphérique lors de la période de mesure 192
Figure 165 : Origine des vents lors de la période de mesure 193
Figure 166 : Rose des vents annuelle à Châtenay-Malabry (source : MétéoBlue) 193
Figure 167 : Répartition des vitesses des vents selon l'échelle de Beaufort 194
Figure 168 : Précipitations pendant la campagne de mesure 195
Figure 169 : Ensoleillement enregistré lors de la période de mesure 195
Figure 170 : Articulations des plans et schémas ayant lien avec la qualité de l'air (Source : PDUIF) 196
Figure 171 : Emplacement des zones sensibles pour la qualité de l'air en Île-de-France (Source : Bilan de la qualité de l'air 2021 Airparif) 198
Figure 172 : Bilan du troisième PPA Ile-de-France 2018-2025 après 45 mois (septembre 2021) – État d'avancement des actions 200
Figure 173 : Carte de l'état d'avancement des PCAET en Île-de-France au 09 mai 2022 205
Figure 174 : Carte des territoires à énergie positive pour la croissance verte en Ile-de-France au 04-08-2017 206
Figure 175 : Périmètre du CRTE d'appartenance des Hauts-de-Seine 207
Figure 176 : État d'avancement des 846 CRTE en France au 06 mai 2022 207
Figure 177 : Budgets carbone par secteur en Mt de CO_2 équivalent tels que définis dans la SNBC 2 (Source : Ministère de transition écologique et solidaire) 209
Figure 178 : Les entités géographiques du PDU Île-de-France 210
Figure 179 : Actions du PDUIF en fonction du type de territoire 211
Figure 180 : Calendrier prévisionnel d'élaboration du PLUi Vallée Sud Grand Paris 213
Figure 181: Zones concernées par les dépassements en PM10 – début du contentieux européen 213
Figure 182 : Zones concernées par les dépassements en NO_2 au début du contentieux européen 214
Figure 183 : Situation contentieuse de la France au mois de décembre 2020 215
Figure 184 : Collectivités retenues pour le programme « Ville respirables en 5 ans » 217
Figure 185 : Les différents certificats qualité de l'air en fonction du type de véhicule 218
Figure 186: Zones ZCR et ZPA (carte du haut) et zones à circulation restreinte et différenciée (carte du bas) 220
Figure 187 : Zones ZFE Grand Paris théorique au 1er janvier 2021 et calendrier des interdictions de véhicules à Paris et sur la métropole du Grand Paris (source : métropole du grand Paris) 222
Figure 188 : Bénéfices sanitaires annuels (nombre de décès et nombre de cas de pathologies) attendus pour la population appartenant au périmètre intra-Francilienne selon les scénarios de mise en place de la ZFE (Source : ORS IdF) 223
Figure 189 : Zones ZFE Grand Paris au 22 décembre 2021 (source : métropole du grand Paris) 223
Figure 190 : Nombre de mois de perte d'espérance de vie - moyenne dans l'UE due aux particules fines (PM2,5) [Source : International Institute for Applied Systems Analysis] 234
Figure 191 : Échantillonneur passif pour le dioxyde d'azote (Passam) 236
Figure 192 : Micro-capteur laser utilisé pour les mesures en continu 238
Figure 193 : Taille des particules – échelle et ordre de grandeur (source : CITEPA) 240
Figure 194 : Brins considérés 246

TABLEAUX

Tableau 1 : Largeur minimale de la bande d'étude selon la charge de trafic 15
Tableau 2 : Type d'étude en fonction de la charge prévisionnelle de trafic et de la densité du bâti 16
Tableau 3 : Polluants à prendre en compte pour une étude de niveau I selon la note technique du 22 février 2019 17
Tableau 4 : Présentation des principaux documents de planification sur la qualité de l'air, l'environnement et la santé et cohérence du projet 22
Tableau 5 : Émissions annuelles en polluants atmosphériques et GES du département des Hauts-de-Seine en 2005, 2010, 2015 et 2018 (source : Données Airparif) 42
Tableau 6 : Émissions annuelles de l'EPT Vallée Sud Grand Paris en polluants atmosphériques et GES, en 2005, 2010, 2015 et 2018 (source : Données Airparif) 43
Tableau 7 : Seuils de déclenchement des niveaux d'information et d'alerte 52
Tableau 8 : Caractéristiques des stations de mesure Airparif 53
Tableau 9 : Évolution et répartition des indices ATMO pour la commune de Châtenay-Malabry jusqu'au 17 octobre 2022 (source Airparif) 55
Tableau 10 : Résultats numériques des modélisations Airparif au sein du périmètre projet en 2021 (benzène données 2020) (source : Airparif) 56
Tableau 11 : Exposition des mailles d'appartenance du projet aux diverses nuisances environnementales en 2012 63
Tableau 12 : Indicateurs d'exposition aux particules PM10 – 2020 (source : Airparif) 64
Tableau 13 : Indicateurs d'exposition aux particules PM2,5 – 2020 (source : Airparif) 65
Tableau 14 : Indicateurs d'exposition au dioxyde d'azote – 2020 (source : Airparif) 65
Tableau 15 : Indicateurs d'exposition au benzène – 2020 (source : Airparif) 65
Tableau 16 : Valeurs climatologiques à la station Météo-France « Villacoublay-Vélizy » et données de l'ensoleillement à la station Météo-France « Orly-Athis-Mons » 68
Tableau 17 : Caractéristiques des ménages de la zone d'étude en 2017 (données carroyées INSEE 2017 publiées en 2022) 73
Tableau 18 : Population de la zone d'étude par tranches d'âges en 2017 (données carroyées INSEE 2017 publiées en 2022) 73
Tableau 19 : Liste des établissements vulnérables de la zone d'étude présents en l'état actuel 74
Tableau 20 : Typologie des points de mesure 76
Tableau 21 : Résultats des mesures en continu des particules PM10 et PM2,5 pour le point n°1 78
Tableau 22 : Résultats des mesures en continu des particules PM10 et PM2,5 pour le point n°10 79
Tableau 23 : Résultats de mesures Airparif en particules PM10 et PM2,5, du 17 novembre au 16 décembre 2022 en moyennes journalières et en moyenne sur la période correspondant aux mesures pour chaque point 80
Tableau 24 : Résultats des mesures de dioxyde d'azote [µg/m³] 81
Tableau 25 : Données Airparif disponibles sur les concentrations en NO_2 mesurées du 17 novembre au 16 décembre 2022 82
Tableau 26 : Synthèse de l'état actuel 86
Tableau 27 : Polluants à prendre en compte pour une étude de niveau I selon la note technique du 22 février 2019 91
Tableau 28: Ampleur relative des émissions de polluants atmosphériques dues aux activités de construction 93
Tableau 29: Indices VK sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle 105
Tableau 30: Consommations énergétiques sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle 105
Tableau 31 : Émissions de polluants en moyenne journalière annuelle sur le réseau d'étude pour les scénarios traités 106
Tableau 32 : Évolution des émissions moyennes journalières annuelles pour les principaux polluants sur le réseau d'étude - par polluant 107
Tableau 33 : Liste des récepteurs ponctuels et zones sur la grille de calcul 113
Tableau 34 : Concentrations maximales relevées sur la grille de calcul 114
Tableau 35 : Centiles 90 relevées sur la grille de calcul 114
Tableau 36 : Concentrations maximales relevées au niveau des crèches 115
Tableau 37 : Concentrations maximales relevées au niveau des écoles maternelles 115
Tableau 38 : Concentrations maximales relevées au niveau des écoles élémentaires 116
Tableau 39 : Concentrations maximales relevées au niveau des écoles primaires 116
Tableau 40 : Concentrations maximales relevées au niveau des EHPADs 117
Tableau 41 : Concentrations maximales relevées au niveau des hôpitaux/foyers 117
Tableau 42 : Concentrations maximales relevées au niveau de l'emprise projet 118
Tableau 43 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne annuelle 120
Tableau 44 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne horaire 120
Tableau 45 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne annuelle 123
Tableau 46 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne journalière 124
Tableau 47 : Résultats des modélisations pour les particules PM2,5 – moyenne annuelle 126
Tableau 48 : Tableau récapitulatif des normes de la qualité de l'air mentionnées dans la réglementation française 129
Tableau 49 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets à seuils – Exposition CHRONIQUE – Inhalation 134
Tableau 50 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets SANS seuils – Exposition CHRONIQUE - Inhalation 135
Tableau 51 : Scénario d'exposition « enfant en bas âge » et paramètres considérés 137
Tableau 52 : Scénario d'exposition « écolier » et paramètres considérés 137
Tableau 53 : Scénarios d'exposition « personne âgée » et paramètres considérés 137
Tableau 54 : Scénarios d'exposition « personne malade » et paramètres considérés 137
Tableau 55 : Scénario d'exposition « enfant » et paramètres considérés 137
Tableau 56 : Scénario d'exposition « résident » et paramètres considérés 138
Tableau 57 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau des crèches – Voie inhalation - scénario enfant en bas âge 139
Tableau 58 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau des écoles maternelles – Voie inhalation - scénario écolier de maternelle 139
Tableau 59 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau des écoles élémentaires – Voie inhalation - scénario écolier de l'élémentaire 140
Tableau 60 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau des écoles primaires – Voie inhalation – scénario écolier de primaire 140
Tableau 61 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau des EHPADs – Voie inhalation - scénario personne âgée 141
Tableau 62 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau des hôpitaux/foyers – Voie inhalation - scénario personne malade 141
Tableau 63 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau de la zone d'étude et de l'emprise projet – Voie inhalation - scénario résident 142
Tableau 64 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les substances sans VTR – NO_2 142
Tableau 65 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les substances sans VTR – PM10 143
Tableau 66 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les substances sans VTR – PM2,5 143
Tableau 67 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « enfant » 143
Tableau 68 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « personne âgée » 144
Tableau 69 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « personne malade » 144
Tableau 70 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « résident » 145
Tableau 71 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les effets aigus – NO_2 146
Tableau 72 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les effets aigus – PM10 146
Tableau 73 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les effets aigus – PM2,5 146
Tableau 74: Quantité de GES produits par le trafic routier sur le réseau d'étude – Phase exploitation 153
Tableau 75 : Classes de densité 155
Tableau 76 : Coûts unitaire de la pollution atmosphérique générée par le transport routier (en $€_{2015}$ / 100 véhicules x km) 155

Tableau 77 : Estimation des coûts de la pollution atmosphérique générée par le transport routier sur le réseau d'étude 155
Tableau 78 : Estimation des coûts des GES générés par le transport routier du réseau d'étude 156
Tableau 79: Principaux pollens allergisants 168
Tableau 80 : Résultats des modélisations pour les oxydes d'azote – moyenne annuelle 174
Tableau 81 : Résultats des modélisations pour le dioxyde de soufre – moyenne annuelle 174
Tableau 82 : Vitesse du vent moyen journalier et rafales de vents maximales journalières 192
Tableau 83 : Échelle de Beaufort 194
Tableau 84: Objectifs de réduction des émissions de polluants atmosphériques 203
Tableau 85: Concentrations en NOx et en NO_2 relevées par Airparif aux stations les plus proches du projet 232
Tableau 86 : Concentrations en PM10 relevées par Airparif aux stations les plus proches du projet 232
Tableau 87 : Concentrations en PM2,5 relevées par Airparif aux stations les plus proches du projet 232
Tableau 88 : Concentrations en O_3 relevées par Airparif aux stations les plus proches du projet 233
Tableau 89 : Concentrations en SO_2 relevées par Airparif aux stations les plus proches du projet 233
Tableau 90 : Concentrations en BTEX relevées par Airparif aux stations les plus proches du projet 233
Tableau 91 : Critères nationaux de la qualité de l'air 242
Tableau 92 : Données trafics considérées pour chaque situation 247

Préambule

1. CONTEXTE GENERAL

La présente étude Air & Santé s'inscrit dans le cadre du projet de rénovation de la Cité Jardin, sur le territoire de la commune de Châtenay-Malabry [Hauts-de-Seine/92].

La première partie de l'étude constitue l'état actuel de la qualité de l'air sur la zone d'étude.

La seconde partie consiste en l'analyse des impacts du projet sur l'air et sur la santé.

L'étude est menée conformément aux préconisations de la Note technique NOR : TRET1833075N du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières. Il est bien entendu intégré le fait qu'il s'agit d'un projet d'aménagement urbain et non d'infrastructures routières. En effet, la méthodologie de la note est adaptable pour répondre à une problématique d'aménagement étant donné que la population potentielle induite par l'aménagement va modifier les flux de trafic de la zone. Par ailleurs, cette approche satisfait les services de l'État sur une thématique qui prend de plus en plus d'ampleur, avec notamment le renforcement du sujet de la qualité de l'air dans les plans et programmes locaux.

L'OMS donne dès 1946 une définition étendue de la santé : « la santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, qui ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ».

Le guide « Agir pour un urbanisme favorable à la santé »[1] a pour but d'impulser une stratégie de décloisonnement qui se traduirait par l'adoption de choix d'aménagement favorables à la santé et minimisant les risques.

De nombreux facteurs liés à notre environnement physique, social et économique, influencent la santé. Ils sont connus sous le terme de « déterminants de la santé ».

Il peut s'agir de facteurs individuels (âge, sexe, patrimoine génétique, comportement, …), socio-économiques (accès au logement, à l'emploi, à la culture, à l'éducation, …), environnementaux (qualité de l'air, de l'eau, de l'environnement sonore, …), ou bien encore concernant les politiques urbaines (de transport, de l'habitat, …).

La pollution atmosphérique a pour conséquence de modifier le bien-être de la société[2] et induit des coûts liés à ces nuisances.

Il s'avère que les effets de la pollution peuvent être soit directs, soit indirects :

- **Effets indirects (sur l'environnement), en termes de dégradation :**
  - Bâti ;
  - Agriculture, forêts ;
  - Écosystème.
- **Effets directs non sanitaires, en termes de nuisances :**
  - Psychologiques ;
  - Olfactives ;
  - Esthétiques (Visibilité).
- **Effets directs sanitaires (mortalité, morbidité) :**
  - Coûts directs :
    - Coûts d'hospitalisation ;
    - Coûts d'une consultation ;
    - Coûts de traitement ;
    - Valorisation d'un décès.
  - Coûts indirects :
    - Pertes productives associées ;
    - Aspects psychologiques ;
    - Douleur, désagrément et gêne physiques ;
    - Effets induits chez les proches ;
    - Effets induits sur les activités de loisir.

[1] « Agir pour un urbanisme favorable à la santé, concepts & outils » ; Guide EHESP/DGS, ROUÉ-LE GALL Anne, LE GALL Judith, POTELON Jean-Luc et CUZIN Ysaline, 2014. ISBN : 978-2-9549609-0-6

[2] Rapport d'information n°3772 enregistré le 19 mai 2016 à l'Assemblée nationale par le comité d'évaluation et de contrôle des politiques publiques sur l'évaluation des politiques publiques de lutte contre la pollution de l'air

2. CONTEXTE LEGISLATIF

En France, la législation qui encadre la réalisation des études Air et Santé en général repose sur les textes suivants :

- **La *Loi n°76/629 du 10/07/1976* relative à la protection de la nature et au contenu des études d'impact ;**
- **Le *Décret modifié 77-1141 du 12 octobre 1977*, pris pour l'application de l'article 2 de la loi n°768-629 du 25 février 1993 relatif aux études d'impact et champ d'application des enquêtes publiques. Abrogé par le Décret 2005-935 2005-08-02 art. 8 sous réserves JORF 5 août 2005 (en tant qu'il s'applique en Nouvelle-Calédonie, en Polynésie française, à Wallis-et-Futuna, dans les Terres australes et antarctiques françaises et à Mayotte) ;**
- **La *Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie*, dite loi "LAURE", n°96/1236 du 30/12/1996 ;**
- **La *Circulaire Mate n°98/36 du 17/02/98* relative à l'application de l'article 19 de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie complétant les études d'impact des projets d'aménagements ;**
- **La *Circulaire DGS n°2001-185 du 11/04/2001* relative à l'analyse des effets sur la santé des études d'impact sanitaire ;**
- **Le *Décret 93-245 du 25 février 1993* relatif aux études d'impact et champ d'application des enquêtes publiques ;**
- **La *Circulaire du ministère de l'environnement n°93-73 du 27 septembre 1993* prise pour l'application du décret n°93-245 du 25 février 1993 relatifs aux études d'impact et au champ d'application des enquêtes publiques et modifiant le décret n°77-1141 du 12 octobre 1977 et l'annexe au décret n°85-453 du 23 avril 1985 ;**
- **La *Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010* portant engagement national pour l'environnement, dite loi Grenelle 2, par son article 230 qui définit le champ d'application, les critères et le contenu des études d'impact, ainsi que les modalités de décision de l'autorité compétente ;**
- **Le *Décret n° 2011-2019 du 29/12/11* qui porte réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements ;**
- **La *Circulaire n°87-88 du 27 octobre 1987* relative à la construction et à l'aménagement des autoroutes concédées modifiée par la circulaire 2002-63 du 22 octobre 2002 relative aux modalités d'élaboration et d'approbation des dossiers concernant les opérations d'aménagement sur des autoroutes en service, complétant et modifiant la circulaire du 27 octobre 1987 et la directive du 27 octobre 1987 relatives à la construction et à l'aménagement des autoroutes concédées ;**
- **La Note technique NOR : TRET1833075N du ministère de la transition écologique et solidaire et du ministère des solidarités et de la santé du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières ;**
- **Le *Code de l'environnement* - Articles R221-1 à R221-3 - Définition des critères nationaux de la qualité de l'air ;**
- **L'*Arrêté du 13/03/18 modifiant l'arrêté du 20 août 2014* relatif aux recommandations sanitaires en vue de prévenir les effets de la pollution de l'air sur la santé, pris en application de l'article R. 221-4 du Code de l'environnement ;**
- **Le *Décret n° 2016-849 du 28/06/16 r*elatif au Plan Climat-Air-Énergie Territorial ;**
- **Le *Décret n° 2016-753 du 07/06/16* relatif aux évaluations des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques à réaliser dans le cadre des plans de déplacements urbains ;**
- **Le *Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010* relatif à la qualité de l'air, transposant la directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 et décrivant les critères de qualité de l'air et de réduction des émissions de polluants dans l'objectif d'améliorer la qualité de l'air et de protéger la santé humaine.**

La présente étude est réalisée conformément à ces textes, et se fonde également sur les documents en liste ci-dessous :

- **Méthodologie définie dans l'instruction de l'Équipement de mars 1996 relative à la prise en compte de l'environnement et du paysage dans la conception et la réalisation des projets routier ;**
- **Guide méthodologique sur le volet « Air et Santé » des études d'impact routières de février 2019 (annexe de la Note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impacts des infrastructures routières) ;**
- **Guide « *Agir pour un urbanisme favorable à la santé, concepts & outils* » ; Guide EHESP/DGS, ROUÉ-LE GALL Anne, LE GALL Judith, POTELON Jean-Luc et CUZIN Ysaline, 2014.**
- **Normes ISO ou AFNOR correspondant aux protocoles analytiques des différents polluants à analyser.**

3. PRESENTATION DU PROJET

Dans le protocole opérationnel signé en 2021 avec l'État, l'aménagement des « îlots-tests-préfigurateurs » n°1 et 2 « nécessite la réalisation d'une évaluation environnementale, devant se conformer aux dispositions des articles L.122-1 à L.122-3-5 et R. 122-1 à R. 122-14 du code de l'environnement.

Ils concernent notamment les études de faune-flore, de trafic, d'acoustique et de qualité de l'air menées à l'échelle de la Cité Jardin de Châtenay-Malabry. »

Il sera donc étudié ici, la rénovation de la cité jardin de Châtenay-Malabry dans son intégralité. Celle-ci est entourée par l'Avenue Roger Salengro (D63) à l'est, la N385 au sud, l'Avenue Paul Langevin (D2), l'Avenue Leon Blum (D75) au nord-ouest et l'Avenue de la division Leclerc (D986) au nord.

Le projet urbain sur la Cité Jardin de Châtenay-Malabry implique une mise en œuvre séquencée, étalée sur plusieurs années. Trois échelles d'intervention sont à distinguer :

- **L'échelle des « ilots-tests » n°1 et 2 :** constitués des emprises dites « Mermoz » (11 828 m² de SdP [dont 5 289 m² de SdP de réhabilitation et 6 539 m² de SdP neuf]) ; 11 bâtiments existants pour 10 691 m² de SHAB et « Les Escaliers » (8 090 m² de SdP ; 8 bâtiments existants pour 7 528 m² de SHAB). La surface globale de SdP est de 22 519 m² environ et comprend 19 bâtiments. Ces interventions mettent en application le protocole État / Ville / EPT / CD92 / HdBH de mars 2021. La mise en œuvre consiste à créer un programme de logements mixtes (démolition-reconstruction, rénovation lourde avec possibilité d'extension et/ou surélévation) et des produits de logements (sociaux, intermédiaires et libres) pour un nombre de logements d'environ 315 sur ces 2 ilots.

- **L'échelle « ANRU » (programme de rénovation urbaine au titre du NPNRU en cours de contractualisation avec l'ANRU) :** le périmètre visé est une surface de 15 ha et comprend 60 bâtiments de logements. Le programme s'inscrit dans le secteur *Vallée-Belvédère*. La mise en œuvre consiste à/au : la démolition de 153 logements locatifs sociaux ; la rénovation de 337 logements locatifs sociaux ; la diversification de l'offre de l'habitat par la création de logements en accession libre et en locatif libre/PLS via des opérations de changement d'usage tant en rénovation (226 logements) qu'en construction neuve (218 logements) ; réaménagement de voiries et espaces publics, résidentialisation ; la création ou restructuration d'équipements publics (multi-accueil 80 berceaux, groupe scolaire avec centre de loisirs, équipement fédérateur, espace famille…)

- **La cité jardin dans son ensemble (60 ha et 216 bâtiments) :** plan guide en cours d'élaboration par la Ville, avec une perspective de poursuite des études nécessaires à la définition d'une stratégie d'intervention sur l'ensemble de la Cité jardin (post-ANRU et retour d'expérience des îlots-tests). Les hypothèses sont : la construction de 4 300 logements, répartis en 40 % logements sociaux, 20 % de logements intermédiaires et 40 % de logements libres.

Le détail du projet de rénovation de la Cité Jardin sont données en figures suivantes.

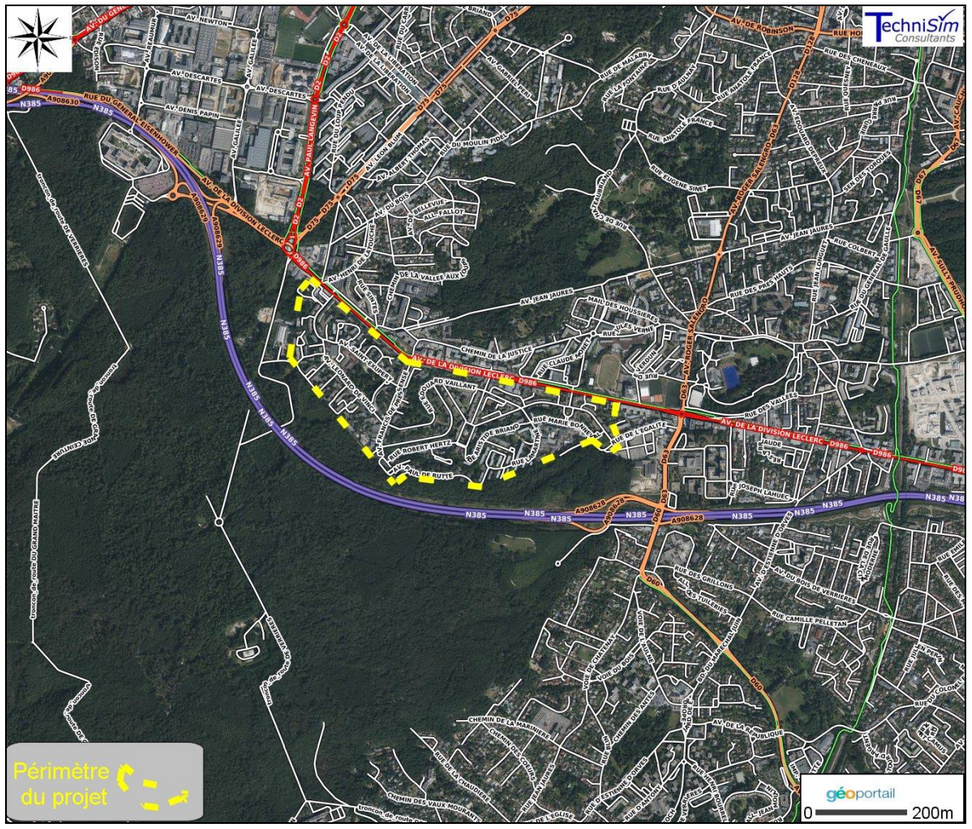


Figure 1 : Localisation de la Cité Jardin de Châtenay-Malabry

Figure 2 : Détails de la réalisation par périmètre de la Cité Jardin en avril 2020

4. PRESENTATION DU VOLET AIR ET SANTE

À propos de l'impact du projet sur la circulation automobile, il est utile de rappeler que la Note technique [NOR : TRET1833075N] du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières pour qualifier les impacts consécutifs aux augmentations de trafic induites par le projet, ainsi que le Guide méthodologique du CEREMA sur le volet « Air & Santé » des études d'impacts routières, viennent préciser le contenu des volets Air & Santé.

4.1. DEFINITION DES PARAMETRES DE L'ETUDE

- Définition du réseau d'étude

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

- **Le projet routier étudié (y compris les différentes variantes de tracé) ;**

- **L'ensemble des voies dont le trafic est affecté significativement par le projet. Il est intéressant de retenir que deux cas de figure sont distingués pour les trafics :**

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

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

- **L'ensemble des projets d'infrastructures routières « existants ou approuvés » tels que définis dans l'article R 122-5 paragraphe II.5 e) du Code de l'Environnement, à savoir les projets qui lors du dépôt de l'étude d'impact ont fait l'objet :**

  - D'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article R. 181-14 et d'une enquête publique ;

  - D'une évaluation environnementale au titre du Code précité et pour lesquels un avis de l'Autorité environnementale a été rendu public.

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

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

- Définition de la bande d'étude

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

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

- **Pour l'évaluation des polluants présents dans les retombées particulaires, la largeur de la bande d'étude est de 200 m centrée sur l'axe de la voie, quel que soit le trafic ;**

- **Concernant la pollution gazeuse, la largeur minimale de la bande d'étude varie selon le trafic à l'horizon d'étude le plus lointain sur la voie considérée. Elle est définie selon les données du tableau ci-dessous.**

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

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

- Définition de la zone d'étude

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

Étant donné que l'opération concerne un projet d'aménagement, il sera considéré en tant que zone d'étude – pour l'état actuel – un cercle de 1 km de rayon, centré sur projet.

La planche suivante repère la zone d'étude considérée pour l'état actuel.

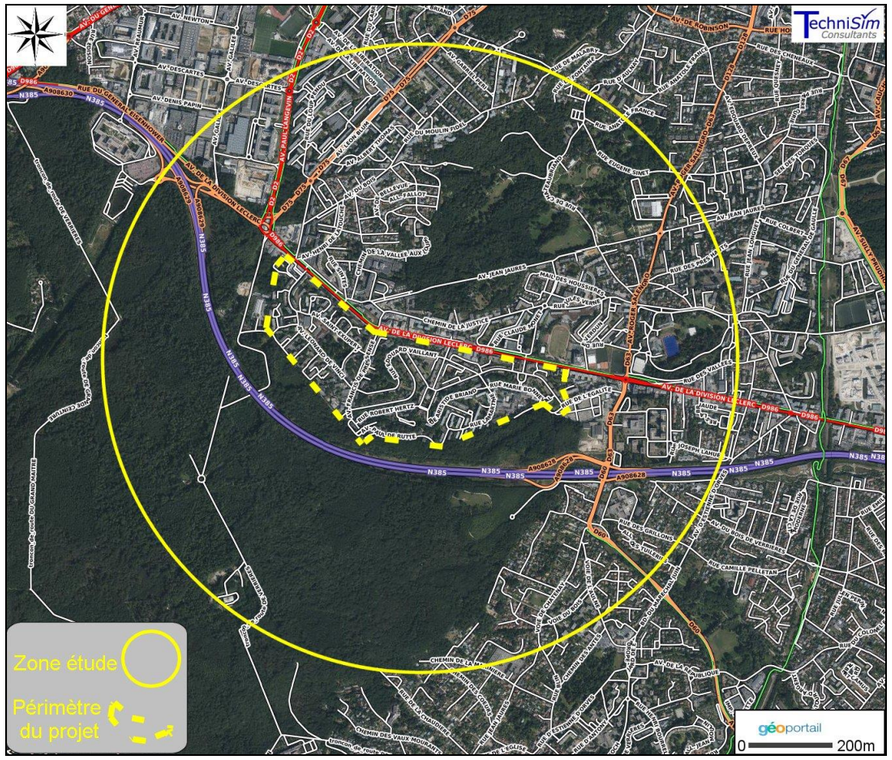


Figure 3 : Zone d'étude définie pour l'état actuel du volet Air et Santé (cercle de 1 km de rayon centré sur le projet)

4.2. DEFINITION DU NIVEAU DE L'ETUDE

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

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

Le niveau d'étude permet de discriminer les polluants à retenir en fonction du degré de précision de l'étude.
Le tableau qui suit précise les quatre niveaux d'étude déterminés, sachant que le niveau **I** est le plus exigeant en termes de précision et d'investigation.

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

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

- Adaptation du niveau de l'étude

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

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

Compte tenu de la densité de population au sein de la zone d'étude (33 442 hab./km²), de la présence de voies à fort trafic autour du projet (N385 : 101 664 véh/j en 2019), et de l'existence du Plan de Protection de l'Atmosphère en Île-de-France, il sera réalisé une étude inspirée et adaptée des études routières de niveau I.

4.3. CONTENU DE L'ETUDE

L'étude du projet de rénovation de la Cité Jardin sur le territoire de la commune de Châtenay-Malabry traitera les éléments ci-dessous :

- **Caractérisation bibliographique de l'état actuel avec un niveau de détail correspondant à une étude niveau I ;**
- **Campagne de mesures *in situ* (particules PM10 et PM2,5 et NO_2) sur la zone d'étude ;**
- **Estimation des émissions de polluants sur le réseau d'étude ;**
- **Estimation des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) ;**
- **Estimation de la consommation énergétique ;**
- **Estimation des concentrations modélisées sur la zone d'étude ;**
- **Évaluation des Risques Sanitaires (ERS) sur la zone d'étude ;**
- **Présentation bibliographique des effets sanitaires de la pollution automobile sur la population ;**
- **Analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances ;**
- **Évaluation de l'impact de la pollution atmosphérique sur la faune, la flore, le sol et les bâtiments.**

Vis-à-vis d'une étude de niveau I, les polluants à prendre en compte selon la note technique du 22 février 2019 sont ceux listés dans le tableau suivant.

Tableau 3 : Polluants à prendre en compte pour une étude de niveau I selon la note technique du 22 février 2019

Polluants à considérer pour une étude de niveau I		
Polluants servant à l'évaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air		
Oxydes d'azote (NOx) Monoxyde de carbone (CO) Dioxyde de soufre (SO_2) Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)		Particules PM10 et PM2,5 Benzène Arsenic Nickel Benzo(a)pyrène
Polluants servant à l'Évaluation des Risques Sanitaires		
Voie respiratoire	Effets aigus	Particules PM10 et PM2,5 Dioxyde d'azote (NO_2)
	Effets chroniques	Particules PM10 et PM2,5 Dioxyde d'azote (NO_2) Benzène 16 HAP* dont le benzo(a)pyrène 1,3-Butadiène Chrome Nickel Arsenic
Voie orale *(si risque ingestion identifié)*	Effets chroniques	16 HAP* dont le benzo(a)pyrène

*16 HAP = acénaphtène, acénaphtylène, anthracène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène, fluorène, fluoranthène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, phénanthrène, pyrène et benzo(j)fluoranthène.

État Actuel

5. CONTENU DE L'ETAT ACTUEL

Dans l'étude « Air », l'état dit 'actuel' permet de qualifier les paramètres environnementaux relatifs à l'air avant la mise en œuvre du projet d'aménagement.
Cet état actuel servira de référence au suivi de la qualité de l'air pour les années à venir.
L'état actuel expose le contexte réglementaire et politique ainsi que la stratégie mise en œuvre en matière de qualité de l'air et dans lesquels s'inscrit le projet.
Il qualifie les enjeux et évalue les vulnérabilités existantes sur la zone d'étude.

L'état actuel exige de traiter les thèmes suivants :

- **Analyse de la compatibilité du projet avec les documents de planification (SRCAE, PPA, PDU) et de sa cohérence avec les actions du PNSE et PRSE.**

- **Identification, à l'échelle de la zone étudiée, des secteurs à enjeux en termes de qualité de l'air et restitution sous forme cartographique des zones suivantes :**

  - Zones où les valeurs limites sont dépassées pour les polluants dont la surveillance est réglementée par l'article 221-1 du code de l'environnement ;

  - Zones couvertes par un Plan de Protection de l'Atmosphère ;

  - Zones sensibles au regard de l'article 222-2 du Code de l'environnement ;

  - Zones où des actions de réduction des émissions des indicateurs de pollutions tels que les PM10, PM2,5, NO_2 et précurseurs de l'ozone sont mises en place dans le domaine d'étude afin de réduire leurs concentrations.

- **Identification et restitution sous forme cartographique des principales sources d'émissions sur la zone d'étude à partir des données disponibles et réalisation d'un état des lieux des secteurs de fortes émissions.**

- **Localisation des populations, des établissements vulnérables et décompte de la population générale.**

- **Recensement des projets « existants ou approuvés » au titre de l'article R.122-5 II 5° e) du Code de l'environnement.**

- **Données relatives à l'impact sanitaire des populations.**

- **Identification des zones de cultures présentant des enjeux sanitaires par ingestion, en l'occurrence les jardins potagers.**

- **Caractérisation plus fine, par rapport aux données bibliographiques, de la qualité de l'air par des mesures in situ dans la zone d'étude.**

- **Un état sanitaire initial de la population est présenté si une étude d'impact sanitaire de la pollution atmosphérique (EISPA) est disponible dans la zone d'étude.**

6. CONTENTIEUX EUROPEEN

La France est depuis plusieurs années, visée par des procédures relatives au non-respect de la directive 2008/50/CE pour les particules PM10 et le dioxyde d'azote. Bien que la qualité de l'air se soit améliorée depuis le début des procédures de contentieux, certaines zones demeurent dans le spectre de ces procédures.
L'historique détaillé des procédures des contentieux pour les PM10 et le dioxyde d'azote est fourni en annexe (Annexe : Présentation des documents de planification).

La situation contentieuse de la France au 03 décembre 2020 au titre de la qualité de l'air[3] est donnée en figure suivante.

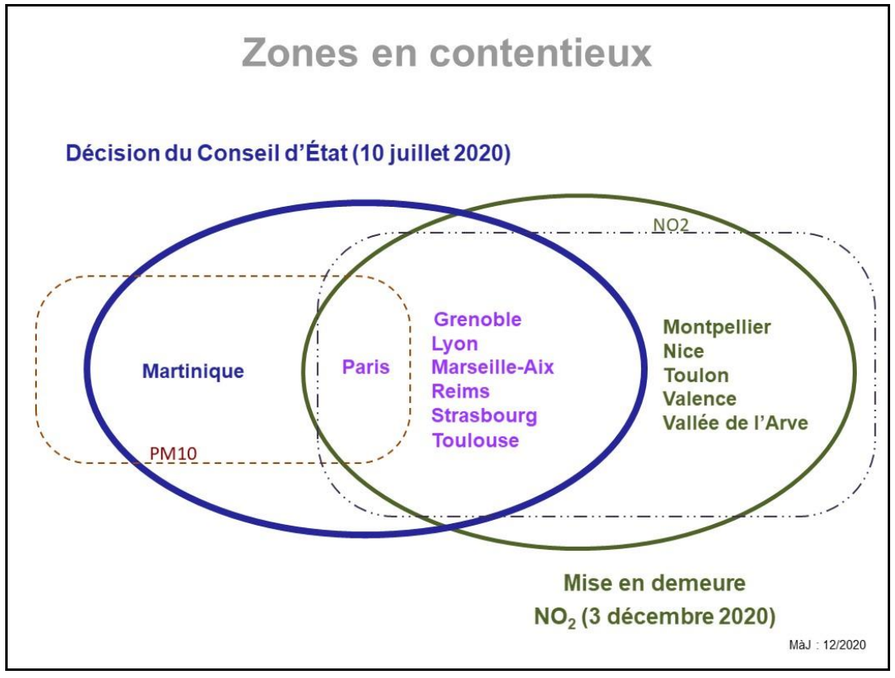


Figure 4 : Situation contentieuse de la France au titre de la qualité de l'air (décembre 2020)

La commune de Châtenay-Malabry est incluse dans le périmètre du contentieux au titre de la zone de Paris, pour les PM10 et pour le dioxyde d'azote.

- Décision de justice du Conseil d'état et astreintes financières

Le 04 août 2021, le Conseil d'État a relevé que les données provisoires pour l'année 2020 indiquent « que les dépassements persistent pour Paris et Lyon et que les taux ne sont que légèrement inférieurs aux seuils limites pour Toulouse, Marseille-Aix et Grenoble, alors même que plusieurs sources de pollution, notamment la circulation routière, ont été très fortement diminuées avec les mesures prises pour faire face à la crise sanitaire ». Autrement dit, « l'État n'a pas su prouver que cette baisse de la pollution de l'air dans certaines zones concernées était le fruit de politiques publiques de lutte contre la pollution de l'air et non le résultat des limitations d'activités et de déplacements liés à la crise sanitaire et au(x) confinement(s) ».
Le Conseil d'État considère les mesures mises en avant pour renverser la tendance « dans le délai le plus court possible » (instauration de nouvelles zones à faible émission [ZFE], interdiction progressive des chaudières à gaz ou à fioul, entre autres) insuffisantes et incertaines. « Aucun nouveau plan de protection de l'air n'a été adopté pour les zones concernées, alors que ces plans constituent aujourd'hui un outil connu et adapté pour préciser les actions à mener et évaluer dans quel calendrier elles permettront de repasser sous les valeurs limites ».
En conséquence, le Conseil d'État condamne le Gouvernement à payer une astreinte fixe de 10 millions d'euros au titre de son premier semestre de retard sur l'astreinte (du 11 janvier au 11 juillet 2021).
En plus de ce paiement, le Conseil d'État prévient qu'il « évaluera les actions du Gouvernement pour le second semestre de l'année 2021 au début de l'année 2022 et décidera si l'État devra verser une nouvelle astreinte de 10 millions d'euros, majorée ou minorée ». Il pourra, à cette occasion, maintenir ou modifier la répartition du produit de l'astreinte.

[3] https://www.ecologie.gouv.fr/pollution-lair-origines-situation-et-impacts#e5

7. DOCUMENTS DE PLANIFICATION

Des moyens politiques et stratégiques ont été mis en place à différentes échelles pour encadrer les actions envers le problème de la pollution de l'air et de ses effets sur la santé des populations :

Échelle nationale : Code de l'environnement, Plan Climat, Plan National Santé-Environnement (PNSE), Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques (PREPA), SNBC (Stratégie Nationale Bas Carbone) ;

Échelle régionale : Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE), Plan Régional Santé-Environnement (PRSE), Plan de Protection de l'Atmosphère d'Île-de-France (PPA);

Échelle locale : Plan Climat Air-Énergie Territorial (PCAET), Plan Local de Déplacements (PLD).

Le graphique ci-contre précise l'articulation des différents documents ayant trait à la qualité de l'air.

Information : Les principaux outils dans lesquels le projet se structure sont disponibles en annexe de ce rapport (Annexe : Présentation des documents de planification).

Les lignes-directrices de ces outils ainsi que la cohérence du projet sont synthétisées dans le tableau également suivant.

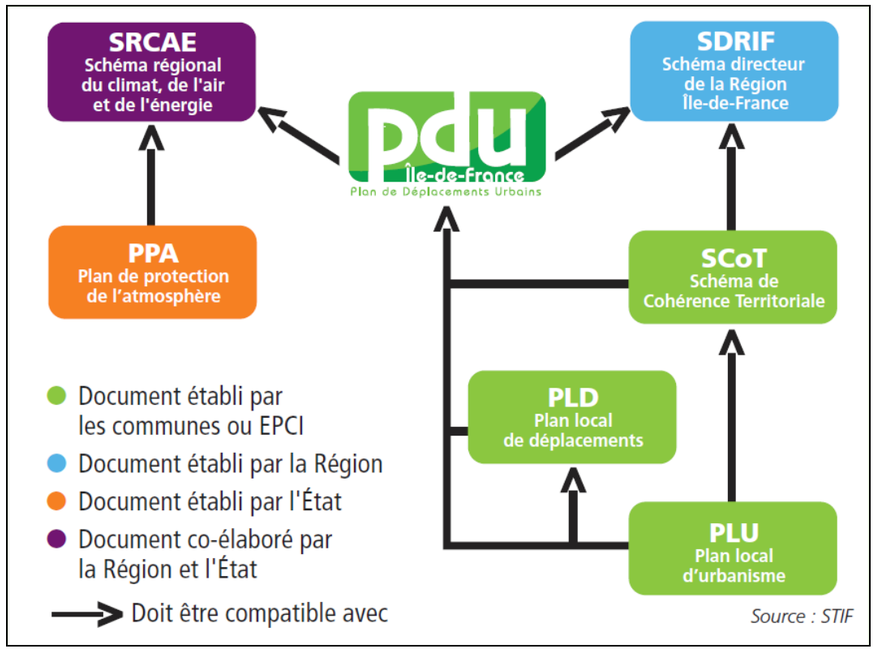


Figure 5 : Articulations des plans et schémas ayant lien avec la qualité de l'air (Source : PDUIF)

En l'état actuel, le projet s'inscrit en cohérence avec les différents documents de planification relatifs à la qualité de l'air.

Tableau 4 : Présentation des principaux documents de planification sur la qualité de l'air, l'environnement et la santé et cohérence du projet

DOCUMENTS DE PLANIFICATION	ZONES D'ACTION	OBJET(S)/OBJECTIF(S)	ÉLÉMENTS du PROJET en COHÉRENCE avec le thème AIR du DOCUMENT
Réduction des émissions polluantes			
Loi d'Orientation des Mobilités (2019)	Territoire national	La Loi d'orientation des Mobilités n°2019-1428 du 24 décembre 2019 engage une transformation profonde, pour répondre à l'impératif d'améliorer concrètement la mobilité au quotidien, pour tous les citoyens et dans tous les territoires, grâce à des solutions de transports plus efficaces plus propres plus accessibles. Les 15 mesures-clés de ladite loi sont les suivantes : ▪ 1. Des solutions alternatives à la voiture individuelle sur 100 % du territoire ▪ 2. Une augmentation de 40 % des investissements pour améliorer les transports du quotidien ▪ 3. La priorité à la remise en état des réseaux routier et ferroviaire ▪ 4. Un plan sans précédent pour développer les transports en commun et désenclaver les territoires ▪ 5. La mobilité facilitée pour les personnes en situation de handicap ▪ 6. Un accompagnement à la mobilité pour tout demandeur d'emploi ▪ 7. 100 % des informations sur l'offre de mobilité accessibles et la possibilité de faire un trajet porte-à-porte avec un seul titre de transport ▪ 8. Des navettes autonomes en circulation dès l'année 2020 ▪ 9. Un forfait mobilité durable : jusqu'à 400 €/an pour aller au travail en vélo ou en covoiturage ▪ 10. Un plan pour développer le covoiturage ▪ 11. Un plan vélo pour tripler sa part dans les déplacements d'ici 2024 ▪ 12. Un nouveau cadre pour les solutions en libre-service ▪ 13. Le déploiement du véhicule électrique facilité grâce aux bornes de recharge électriques ▪ 14. Le déploiement de zones à faibles émissions pour un air plus respirable ▪ 15. Le permis de conduire moins cher et plus rapide	-
Plan Climat (2017)	Territoire national	Le Plan Climat vise à accélérer la transition énergétique et climatique à travers un programme d'actions, telles que les suivantes : ▪ Généralisation de la prime à la conversion des véhicules ▪ Crédit d'impôt pour la transition énergétique : accompagner les travaux les plus efficaces en économies d'énergie ▪ Changement des chaudières au fioul ▪ Objectif de faire disparaître en dix ans les logements mal isolés qui conduisent à la précarité énergétique ▪ Objectif de mettre fin à la vente de voiture à essence ou au diesel en 2040 ▪ Plan de déploiement de l'hydrogène ▪ Faire converger la fiscalité entre le diesel et l'essence avant 2022 ▪ Accélérer la montée en puissance du prix du carbone ▪ Neutralité des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050	L'aménagement de nouveaux bâtiments induit le renouvellement du parc immobilier par des bâtiments neufs isolés et moins énergivores.

<table>
<tr><th>DOCUMENTS DE PLANIFICATION</th><th>ZONES D'ACTION</th><th>OBJET(S)/OBJECTIF(S)</th><th>ÉLÉMENTS du PROJET en COHÉRENCE avec le thème AIR du DOCUMENT</th></tr>
<tr><td>PREPA
Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques
[Arrêté du 10/05/2017 établissant le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques]</td><td>Territoire national</td><td>Le PREPA fixe la stratégie de l'État pour réduire les émissions de polluants atmosphériques au niveau national et respecter les exigences européennes. Les objectifs de réduction des émissions par rapport à celles de 2005 sont les suivants :

<table><tr><th>POLLUANTS</th><th>À partir de 2020</th><th>À partir de 2030</th></tr><tr><td>Dioxyde de soufre</td><td>-55 %</td><td>-77 %</td></tr><tr><td>Oxydes d'azote</td><td>-50 %</td><td>-69 %</td></tr><tr><td>Composés organiques volatils</td><td>-43 %</td><td>-52 %</td></tr><tr><td>Ammoniac</td><td>-4 %</td><td>-13 %</td></tr><tr><td>Particules PM2,5</td><td>-27 %</td><td>-57 %</td></tr></table>
En 2021, un groupe de travail a été constitué au Conseil national de l'air pour débattre de la révision du PREPA.</td><td>L'aménagement de nouveaux bâtiments induit le renouvellement du parc immobilier par des bâtiments neufs isolés et moins énergivores.</td></tr>
<tr><td>SNBC 2
Stratégie Nationale Bas Carbone
[Décret n° 2015-1491 du 18 novembre 2015 relatif aux budgets carbone nationaux et à la stratégie nationale bas-carbone] modifié par [Décret n° 2020-457 du 21 avril 2020 relatif aux budgets carbone nationaux et à la stratégie nationale bas-carbone]</td><td>Territoire national</td><td>Adoptée pour la première fois en 2015, la SNBC a été révisée en 2018-2019, en visant d'atteindre la neutralité carbone en 2050, soit au moins un facteur 6 par rapport à 1990 (ambition rehaussée par rapport à la première SNBC qui visait le facteur 4, soit une réduction de 75 % de ses émissions GES à l'horizon 2050 par rapport à 1990). La nouvelle version de la SNBC et les budgets carbone pour les périodes 2019-2023, 2024-2028 et 2029-2033 ont été adoptés par décret le 21 avril 2020.
Les objectifs fixés par cette SNBC révisée par secteurs seront les suivants :
Transports : baisse de 28 % des émissions de GES en 2030 par rapport à 2015 et décarbonation complète en 2050 (hors aérien)
Bâtiment : baisse de 49 % des émissions de GES en 2030 par rapport à 2015 et décarbonation complète en 2050
Agriculture : baisse de 19 % des émissions de GES en 2030 par rapport à 2015 et de 46 % en 2050
Forêts et sous-bois : maximiser les puits de carbone (séquestration dans les sols, la forêt et les produits bois) en 2050
Production d'énergie : baisse de 33 % des émissions de GES en 2030 par rapport à 2015 et décarbonation complète en 2050
Industrie : baisse de 35 % des émissions de GES en 2030 par rapport à 2015 et de 81 % en 2050
Déchets : baisse de 35 % des émissions de GES en 2030 par rapport à 2015 et de 66 % en 2050.</td><td>L'aménagement de nouveaux bâtiments induit le renouvellement du parc immobilier par des bâtiments neufs isolés et moins énergivores.</td></tr>
</table>

DOCUMENTS DE PLANIFICATION	ZONES D'ACTION	OBJET(S)/OBJECTIF(S)	ÉLÉMENTS du PROJET en COHÉRENCE avec le thème AIR du DOCUMENT
Loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la Transition Énergétique Pour la Croissance Verte (TEPCV)	Territoire national	Fixation des objectifs sur les moyens et longs termes : ▪ Réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40 % entre 1990 et 2030 et diviser par 4 les émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 (facteur 4). La trajectoire est précisée dans les budgets carbone. ▪ Réduire la consommation énergétique finale de 50 % en 2050 par rapport à la référence 2012 en visant un objectif intermédiaire de 20 % en 2030 ▪ Réduire la consommation énergétique primaire d'énergies fossiles de 30 % en 2030 par rapport à 2012 ▪ Porter la part des énergies renouvelables à 23 % de la consommation finale brute d'énergie en 2020, et à 32 % de la consommation finale brute d'énergie en 2030 ▪ Porter la part du nucléaire dans la production d'électricité à 50 % à l'horizon 2025 ▪ Atteindre un niveau de performance énergétique conforme aux normes « bâtiment basse consommation » pour l'ensemble du parc de logements en 2050 ▪ Lutter contre la précarité énergétique ▪ Affirmer un droit à l'accès de tous à l'énergie sans coût excessif au regard des ressources des ménages ▪ Réduire de 50 % la quantité de déchets mis en décharge à l'horizon 2025 et découpler progressivement la croissance économique et la consommation matières premières	L'aménagement de nouveaux bâtiments induit le renouvellement du parc immobilier par des bâtiments neufs isolés et moins énergivores.
Stratégie Énergie-Climat de la région Île-de-France (2018)	Région Île-de-France	Le Conseil régional d'Ile-de-France a adopté le 3 juillet 2018 sa stratégie Énergie-Climat, reposant sur deux horizons : 2030 et 2050, et trois principes : sobriété, production d'Énergie renouvelable et réduction de la dépendance. Les axes et objectifs de cette stratégie sont les suivants : **L'Île-de-France face à un défi énergétique majeur** ▪ Une région attractive, dynamique mais dépendante ▪ Une pluralité d'acteurs et d'opportunités pour relever les défis ▪ Un retard considérable à rattraper **Une nouvelle ambition énergétique pour l'Île-de-France : sobriété, production d'énergie renouvelable et réduction de la dépendance** ▪ Vers une Île-de-France 100 % renouvelable ▪ Une nouvelle gouvernance : La Région chef de file Climat, Air, Énergie **La Région trace un nouveau chemin pour la transition énergétique en Île-de-France** ▪ Réduire fortement les consommations d'énergies : Une Île-de-France plus sobre ▪ Une Île-de-France décarbonée, mobilisant toutes ses énergies renouvelables ▪ Une énergie décentralisée : la Région impulse des dynamiques énergétiques territoriales et citoyennes ▪ La Région agit en exemplarité et en transversalité **Lever tous les freins en matière de transition énergétique** ▪ Énergies renouvelables ▪ Sobriété énergétique	L'aménagement de nouveaux bâtiments induit le renouvellement du parc immobilier par des bâtiments neufs isolés et moins énergivores.

DOCUMENTS DE PLANIFICATION	ZONES D'ACTION	OBJET(S)/OBJECTIF(S)	ÉLÉMENTS du PROJET en COHÉRENCE avec le thème AIR du DOCUMENT
SRCAE Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie (2012)	Région Île-de-France	Le SRCAE d'Île-de-France a été approuvé à l'unanimité par le Conseil Régional le 23 novembre 2012, puis arrêté par le préfet de Région le 14 décembre 2012. ***Compte tenu des critères de densité de population, des teneurs en particules PM10 et en dioxyde d'azote, la commune de Châtenay-Malabry est incluse dans la Zone Sensible pour la Qualité de l'Air au sens du SRCAE.*** En fin de compte, il ressort du SRCAE de l'Île-de-France 17 objectifs et 58 orientations thématiques qui ont été élaborées de façon à permettre l'atteinte des objectifs définis pour la région à l'horizon 2020 en matière de réduction des consommations énergétiques et de gaz à effet de serre, de développement des énergies renouvelables, d'amélioration de la qualité de l'air et d'adaptation au changement climatique. Le SRCAE définit trois grandes priorités régionales pour 2020, soit : ▪ Le renforcement de l'efficacité énergétique des bâtiments avec un objectif de doublement du rythme des réhabilitations dans le tertiaire, et de triplement dans le résidentiel ▪ Le développement du chauffage urbain alimenté par des énergies renouvelables et de récupération, avec un objectif d'augmentation de 40 % du nombre d'équivalents logements raccordés ▪ La réduction de 20 % des émissions de GES (Gaz à Effet de Serre) du trafic routier, combinée à une forte baisse des émissions de polluants atmosphériques (particules fines, dioxyde d'azote)	L'aménagement de nouveaux bâtiments induit le renouvellement du parc immobilier par des bâtiments neufs isolés et moins énergivores.
SDRIF Schéma Directeur de la Région d'Ile-de-France	Région Île-de-France	Le SDRIF a été adopté par la région et approuvé par décret en Conseil d'Etat. Il est appliqué sur l'ensemble de son périmètre et précise les moyens à mettre en œuvre : ▪ Corriger les disparités spatiales, sociales et économiques de la région ; ▪ Coordonner l'offre de déplacement ; ▪ Préserver les zones rurales et naturelles afin d'assurer les conditions d'un développement durable de la région.	L'aménagement de nouveaux bâtiments va permettre de réduire les disparités. Le réaménagement des voiries et espaces publics et la création ou la restructuration d'équipements publics vont permettre de coordonner l'offre de déplacement, tout en respectant les zones rurales et naturelles.
PPA d'Île-de-France [PPA 3] Plan de Protection de l'Atmosphère (2018)	Région Île-de-France	Le PPA fixe des objectifs de réduction de polluants atmosphériques pouvant nécessiter la mise en place de mesures contraignantes spécifiques à la zone couverte par le plan (à la différence du SRCAE qui fixe seulement des orientations et recommandations pour atteindre les objectifs de qualité). Le troisième PPA d'Île-de-France (approuvé en janvier 2018 pour la période 2017-2025) ambitionne de ramener les niveaux de pollution de l'air en dessous des seuils européens à l'horizon 2025 ; de réduire de 40 à 70 %, selon les polluants, le nombre de franciliens exposés à des dépassements de valeur limites de qualité de l'air. Pour cela, le PPA liste 25 défis déclinés en 46 actions pour l'ensemble des secteurs d'activité. Parmi ces défis, on retrouve : ▪ Transports : - Élaborer des plans de mobilité par les entreprises et les personnes morales de droit public - Évaluer les impacts d'une harmonisation à la baisse des vitesses sur 5 tronçons autoroutiers et routiers nationaux	L'aménagement de nouveaux bâtiments induit le renouvellement du parc immobilier par des bâtiments neufs isolés et moins énergivores.

DOCUMENTS DE PLANIFICATION	ZONES D'ACTION	OBJET(S)/OBJECTIF(S)	ÉLÉMENTS du PROJET en COHÉRENCE avec le thème AIR du DOCUMENT
		- Accompagner la mise en place de zones à circulation restreinte - Favoriser le covoiturage en Île-de-France - Soutenir une meilleure prise en compte des enjeux de mobilité durable dans l'urbanisme ▪ Résidentiel / tertiaire / chantier : - Favoriser le renouvellement des équipements anciens de chauffage individuel au bois ; - Élaborer une charte globale « chantiers propres » impliquant l'ensemble des acteurs (des maîtres d'ouvrage aux maîtres d'œuvre) ▪ Industrie : - Réduire les émissions de particules et de NOx des installations de combustion à la biomasse ou d'incinération d'ordures ▪ Agriculture : - Former les agriculteurs au cycle de l'azote et à ses répercussions en termes de pollutions atmosphériques ▪ Mesures d'urgence : - Réduire les émissions en cas d'épisode de pollution L'impact du PPA sur la qualité de l'air à l'horizon 2020, modélisé par Airparif, indique que le PPA conduira à une baisse importante des émissions de particules et de dioxyde d'azote, ainsi qu'à une baisse significative du nombre de Franciliens exposés à des dépassements de valeurs-limites de la qualité de l'air.	
Feuille de route Qualité de l'air (2018)	Région Île-de-France	Pour répondre simultanément à la Commission Européenne et au Conseil d'État, à la demande du ministre de la Transition écologique et solidaire, les préfets ont invité les collectivités territoriales à co-élaborer des 'feuilles de route' opérationnelles et multi-partenariales dans les territoires les plus touchés par la pollution atmosphérique. Ces 'feuilles de route' complètent les plans de protection de l'atmosphère. Leur objectif est de définir des actions concrètes de court terme permettant d'enregistrer rapidement des progrès, en renforçant les moyens mobilisés en faveur de la qualité de l'air. Les feuilles de route portent sur une série d'actions dans tous les domaines d'activité, notamment : mobilité, chauffage résidentiel, urbanisme, agriculture, industrie, sensibilisation des acteurs. Pour la région Ile-de-France, la feuille de route vise l'ensemble de la région. Cette feuille de route se décline sous la forme de 11 défis déclinés en actions portées par les collectivités : ▪ Défi 1 : Optimiser les circulations ▪ Défi 2 : Concrétiser la transition écologique des véhicules ▪ Défi 3 : Covoiturer ▪ Défi 4 : Renforcer l'attractivité des transports en commun ▪ Défi 5 : Optimiser la logistique en faveur de la qualité de l'air ▪ Défi 6 : Protéger les riverains en limitant l'exposition aux polluants ▪ Défi 7 : 'Avec le vélo, changeons de braquet' ▪ Défi 8 : Marchons, respirons ! ▪ Défi 9 : Pour un air sain, chauffons malin ▪ Défi 10 : Privilégier les chantiers propres ▪ Défi 11 : Rationaliser les déplacements professionnels	-

DOCUMENTS DE PLANIFICATION	ZONES D'ACTION	OBJET(S)/OBJECTIF(S)	ÉLÉMENTS du PROJET en COHÉRENCE avec le thème AIR du DOCUMENT
PRQA Plan Régional pour la Qualité de l'Air (2016)	Région Île-de-France	« Changeons d'Air en Île-de-France » : PRQA discuté et délibéré par le Conseil régional les 16 et 17 Juin 2016 pour la période 2016-2021 - constitue une contribution aux objectifs du PPA de la région. Le Plan Régional pour la Qualité de l'Air permet d'agir sur la problématique de la pollution atmosphérique en Île-de-France pour la période 2016-2021. Plusieurs propositions ont été retenues, parmi lesquelles : ▪ Ambition de 'smart-région', création d'un « LAB-AIR » avec l'appui d'Airparif ; favoriser l'émergence de 1 000 tiers-lieux d'ici 2022 afin de réduire les déplacements quotidiens (télétravail) ▪ Caractériser l'exposition des Franciliennes et Franciliens à tous les polluants de l'air, y compris en espace intérieur ▪ Inscrire la qualité de l'air au titre des Domaines d'Intérêt Majeur (DIM) ▪ Projet pilote pour l'amélioration de la qualité de l'air dans le métro ▪ Diminuer les émissions liées aux consommations d'énergie dans les bâtiments ▪ Accompagner le remplacement des anciens équipements de chauffage individuel au bois par des équipements modernes ▪ Diminuer les émissions liées aux transports et à la mobilité (lutte contre la congestion routière ; développement de véhicules moins émetteurs ; développement des modes actifs ; aide au remplacement des véhicules anciens pour les artisans ; accélération du remplacement du parc de bus diésel ; développement des parkings relais) ▪ Définir les dispositions nécessaires à la mise en œuvre de l'écotaxe pour les poids lourds en transit en Île-de-France ▪ Accompagner les entreprises et industries franciliennes pour limiter leurs émissions de particules et gaz polluants ; accompagner des programmes de recherche et d'innovation qui visent à limiter les émissions des industries manufacturières ▪ Améliorer la valorisation de la biomasse des massifs forestiers franciliens ▪ Sensibilisation – éducation	L'aménagement de nouveaux bâtiments induit le renouvellement du parc immobilier par des bâtiments neufs isolés et moins énergivores.
PCAET Plan Climat Air Énergie Territorial (2022)	Établissement Public Territorial Vallée Sud-Grand Paris	Bâti sur un diagnostic, le PCAET de Vallée Sud-Grand Paris a été arrêté à l'unanimité le 29 juin 2021 en Conseil de Territoire. Fruit d'une large concertation menée avec les habitants, les associations et les élus des onze villes composant le Territoire, ce plan se concentre sur des leviers stratégiques permettant de réduire les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre, et d'améliorer la qualité de l'air. Le PCAET de Vallée Sud-Grand Paris a été adopté le 07 avril 2022. Parmi les buts recherchés : ▪ -40 % d'émissions de gaz à effet de serre en 2030 ▪ 100 % de déchets valorisés d'ici 2030 ▪ 100 % des logements rénovés énergétiquement d'ici 2050 ▪ -45 % de déchets sur le territoire d'ici 2050 ▪ 15 % de déplacement à vélo d'ici 2050 Au vu des objectifs fixés, Vallée Sud-Grand Paris a priorisé 10 projets phares représentant un fort effet levier dans leur réalisation : ▪ 1-Le développement de la géothermie et la création de nouveaux réseaux de chaleur ▪ 2-L'accompagnement à la rénovation énergétique ▪ 3-La création d'une station hydrogène ▪ 4-Le développement des infrastructures cyclables ▪ 5-Le traitement des biodéchets	L'aménagement de nouveaux bâtiments induit le renouvellement du parc immobilier par des bâtiments neufs isolés et moins énergivores.

DOCUMENTS DE PLANIFICATION	ZONES D'ACTION	OBJET(S)/OBJECTIF(S)	ÉLÉMENTS du PROJET en COHÉRENCE avec le thème AIR du DOCUMENT
		▪ 6-Le déploiement de bornes de recharges électriques ▪ 7-L'installation d'un démonstrateur écologique à Châtenay-Malabry ▪ 8-La création d'un écopôle à Bagneux ▪ 9-La lutte contre les îlots de chaleur urbains et la végétalisation des rues ▪ 10-La création d'un guide de bonnes pratiques d'aménagement durable	
TEPCV Territoire à Énergie Positive pour la Croissance Verte)	-	Les Territoires à énergie positive pour la croissance verte sont des territoires qui s'engagent dans une démarche permettant d'atteindre l'équilibre entre la consommation et la production d'énergie à l'échelle locale. Leur plan d'action s'appuie sur 4 piliers : favoriser l'efficacité énergétique ; réduire des émissions de gaz à effet de serre ; diminuer la consommation d'énergies fossiles ; développer les énergies renouvelables. ***La commune de Châtenay-Malabry ne fait pas partie d'un territoire labellisé TEPCV.***	Non concerné
CTE Contrat de Transition Écologique	-	Le dispositif CTE (Contrat de Transition Écologique) succède à TEPCV (Territoires à énergie positive pour la croissance verte). Lancés en 2018, les contrats de transition écologique (CTE) traduisent les engagements environnementaux pris par la France (Plan climat, COP21, One Planet Summit) au niveau local. Ce sont des outils au service de la transformation écologique de territoires volontaires, autour de projets durables et concrets. Ce dispositif est une démarche volontaire qui fixe les grands objectifs et engagements en matière de transition écologique à l'échelle privilégiée des EPCI et de leurs groupements. ***La commune de Châtenay-Malabry ne fait pas partie d'un territoire labellisé CTE.***	Non concerné
CRTE Contrat de Relance et de Transition Écologique (2021)	Métropole Grand Paris	En novembre 2020, les Contrats de Relance et de Transition Écologique (CRTE) prennent la suite des Contrats de Transition Écologique (CTE). Les CRTE répondent à une triple ambition : la transition écologique, le développement économique et la cohésion territoriale. Destinés à tous les territoires (rural, urbain, ultra marin), les CRTE ont vocation à participer activement à la réussite du plan « France Relance », le plan de relance économique et écologique de la France, à court terme. À plus long terme, ces contrats permettront d'accélérer les dynamiques de transformations à l'œuvre dans tous les territoires dans les six prochaines années. Ainsi, l'ensemble des territoires de la métropole et des outre-mer se verront proposer l'élaboration d'un CRTE. ***La commune de Châtenay-Malabry appartient à la Métropole du Grand Paris qui a signé son protocole de CRTE le 18/03/21.*** Ce CRTE (en cours de finalisation) se base sur 3 axes : 1-Le développement et le rayonnement économiques : ▪ Les centres-villes vivants ▪ Le soutien aux entreprises et à la relocalisation ▪ Le numérique : - Inclusion au numérique - Transition numérique des communes et services publics numériques - La digitalisation des TPE, PME, commerçants et artisans ▪ L'amélioration durable et l'agriculture urbaine 2-La transition écologique : ▪ La reconquête des friches urbaines ▪ Les quartiers de gare	L'aménagement de nouveaux bâtiments induit le renouvellement du parc immobilier par des bâtiments neufs isolés et moins énergivores.

DOCUMENTS DE PLANIFICATION	ZONES D'ACTION	OBJET(S)/OBJECTIF(S)	ÉLÉMENTS du PROJET en COHÉRENCE avec le thème AIR du DOCUMENT
		▪ Le contrat de Projet partenarial d'aménagement (PPA) ▪ Les activités fluviales ▪ Les mobilités durables : - L'électromobilité - Vélos - Équipements structurants ▪ La ZFE métropolitaine ▪ La rénovation énergétique des bâtiments : - Immobilier de l'État - Immobilier des collectivités territoriales - Logements des particuliers ▪ Les forêts 3-Les solidarités : ▪ La rénovation du parc immobilier et les copropriétés dégradées ▪ La santé	
PLUi Plan Local d'Urbanisme intercommunal (en cours d'élaboration)	Établissement Public Territorial Vallée Sud-Grand Paris	Bezons fait partie de l'EPT Vallée Sud-Grand paris qui est compétent, en lieu et place des communes, en matière de Plan Local d'Urbanisme depuis le 1er janvier 2016. ***Le PLUi de l'EPT Vallée Sud-Grand Paris est en cours d'élaboration. Son entrée en vigueur est prévue fin 2024.***	Non concerné
PLU Plan Local d'Urbanisme (2012)	Commune de Châtenay-Malabry	Le PLU de Châtenay-Malabry a été approuvé par le Conseil Municipal du 20 décembre 2012. La dernière mise à jour date du 29 juin 2021. Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) du PLU comporte 3 grands axes : ▪ Axe 1 : Faire évoluer le schéma urbain : - Adapter les évolutions des quartiers selon leur identité et leurs fonctions ; - Faire de la mise en service du tramway le levier de la restructuration de l'avenue de la Division Leclerc et de ses abords ; - Recréer de nouveaux secteurs exemplaires (coutume urbaine et valorisation de l'image du territoire) après la délocalisation de l'Ecole Centrale de Paris et de la faculté de Pharmacie ; ▪ Axe 2 : Ambitionner un territoire vert - Renforcer la qualité urbaine et le cadre de vie de la ville en respectant son organisation naturelle façonnée par le relief et ses grands espaces naturels ; - Affirmer l'identité communale en révélant son patrimoine, souvent méconnu et disséminé sur le territoire ; - Concevoir un projet urbain qui préserve l'environnement et les habitants des pollutions et nuisances ; ▪ Axe 3 : Faire vivre la ville - Renforcer l'attractivité de la ville ; - Dynamiser la vie locale grâce à des quartiers attractifs et interconnectés ;	L'aménagement de nouveaux bâtiments induit le renouvellement du parc immobilier par des bâtiments neufs isolés et moins énergivores. Le réaménagement des voiries et espaces publics et la création ou la restructuration d'équipements publics vont permettre de renforcer l'attractivité de la ville.

DOCUMENTS DE PLANIFICATION	ZONES D'ACTION	OBJET(S)/OBJECTIF(S)	ÉLÉMENTS du PROJET en COHÉRENCE avec le thème AIR du DOCUMENT
PDU Île-de-France Plan de Déplacements Urbains (2014)	Région Île-de-France	Le second PDU Île-de-France a été approuvé en juin 2014 par le Conseil Régional d'Île-de-France. Le PDU Ile-de-France a pour but de faire évoluer les pratiques de déplacements vers une mobilité plus durable sur la période 2010-2020 dans un contexte de croissance globale des déplacements de 7 %. Afin d'atteindre une diminution de 20 % des émissions de gaz à effet de serre, le PDUIF ambitionne ainsi dans l'ensemble : ▪ une croissance de 20 % des déplacements en transports collectifs ; ▪ une croissance de 10 % des déplacements en modes actifs (marche et vélo). Au sein des modes actifs, le potentiel de croissance du vélo est supérieur à celui de la marche ; ▪ une diminution de 2 % des déplacements en voiture et deux-roues motorisés. Pour cela, 9 défis sont mis en place déclinés en 34 actions, telles que par exemple : ▪ Défi 1 : Construire une ville plus favorable à l'usage des transports collectifs, de la marche et du vélo - Agir à l'échelle locale pour une ville plus favorable à l'usage des modes alternatifs à la voiture ▪ Défi 2 : Rendre les transports collectifs plus attractifs - Un réseau ferroviaire renforcé et plus performant - Un métro modernisé et étendu - Tramway et Tzen : une offre de transports structurante - Un réseau de bus plus attractif et mieux hiérarchisé - Aménager des pôles d'échanges multimodaux de qualité - Améliorer l'information voyageurs dans les transports collectifs - Faciliter l'achat des titres de transport - Faire profiter les usagers occasionnels du Pass sans contact Navigo - Améliorer les conditions de circulation des taxis et faciliter leur usage ▪ Défi 3 : Redonner de l'importance à la marche dans la chaine de déplacement - Pacifier la voirie - Résorber les principales coupures urbaines - Aménager la rue pour le piéton ▪ Défi 4 : Donner un nouveau souffle à la pratique du vélo - Pacifier la voirie - Résorber les principales coupures urbaines - Rendre la voirie cyclable - Favoriser le stationnement des vélos - Favoriser et promouvoir la pratique du vélo auprès de tous les publics ▪ Défi 5 : Agir sur les conditions d'usage des modes individuels motorisés - Optimiser l'exploitation routière pour limiter la congestion - Encourager et développer la pratique du covoiturage - Encourager l'autopartage ▪ Défi 6 : Rendre accessible l'ensemble de la chaine de déplacement	-

DOCUMENTS DE PLANIFICATION	ZONES D'ACTION	OBJET(S)/OBJECTIF(S)	ÉLÉMENTS du PROJET en COHÉRENCE avec le thème AIR du DOCUMENT
		- Rendre la voirie accessible - Rendre les transports collectifs accessibles ▪ Défi 7 : Rationaliser l'organisation des flux de marchandises et favoriser le transport par fret ferroviaire et par voie d'eau - Préserver et développer des sites à vocation logistique - Favoriser l'usage de la voie d'eau - Améliorer l'offre de transport ferroviaire - Contribuer à une meilleure efficacité du transport routier de marchandises et optimiser les conditions de livraison - Améliorer les performances environnementales du transport de marchandises ▪ Défi 9 : Faire des franciliens des acteurs responsables de leurs déplacements - Développer les plans de déplacements d'entreprises et d'administration - Développer les plans de déplacements d'établissements scolaires - Donner une information complète, multimodale, accessible à tous et développer le conseil en mobilité Actions environnementales en dehors des défis : - Accompagner le développement de nouveaux véhicules - Réduire les nuisances sonores liées aux transports.	
PLD Plan Local de Déplacements	-	En Île-de-France, le plan de déplacements urbains (PDUIF) définit la politique des transports pour l'ensemble de la région. Le PDUIF peut être complété, à l'échelle d'un EPCI (établissement public de coopération intercommunale), d'un EPT (établissement public territorial) ou des syndicats mixtes par un plan local de déplacement (PLD). Le PLD est un outil de programmation opérationnel définissant les actions à mettre en œuvre localement pour contribuer à l'atteinte des objectifs régionaux du PDUIF. Il a une durée de 5 ans. ***L'EPT Vallée Sud-Grand Paris n'a pas de PLD approuvé ou en élaboration répondant au PDUIF approuvé en 2014.***	Non concerné
Émissions des véhicules			
Certificat Crit'Air	Territoire national	La vignette Crit'Air permet d'identifier les véhicules les moins polluants par le biais d'un autocollant sécurisé de couleur apposé sur le véhicule et intitulé certificat qualité de l'air (Crit'Air). Cette vignette est obligatoire depuis le 16 janvier 2017 pour circuler dans Paris. ***Châtenay-Malabry fait partie de zones soumises à restriction (Zone de Protection de l'Air (ZPA) Grand Paris et Zone à Faibles Émissions (ZFE) Grand Paris.***	Non concerné

DOCUMENTS DE PLANIFICATION	ZONES D'ACTION	OBJET(S)/OBJECTIF(S)	ÉLÉMENTS du PROJET en COHÉRENCE avec le thème AIR du DOCUMENT
Environnement & Santé			
PNSE 4 Plan National Santé Environnement (2021)	Territoire national	Le Plan National Santé Environnement (PNSE) vise à développer une approche pluridisciplinaire du thème « Santé – Environnement » sur le court et le moyen terme. Le quatrième Plan National Santé Environnement (PNSE 4), période 2021-2025, intitulé « Un environnement, une santé », a été lancé le 07 mai 2021 par les ministres de la Transition Écologique, et des Solidarités et de la Santé, dans un contexte spécifique. D'un côté, les attentes citoyennes sur les questions de santé environnement sont de plus en plus fortes. Au nom du principe de précaution, le citoyen souhaite que l'impact du progrès scientifique sur son environnement et sur sa santé soit évalué et anticipé. Par ailleurs, la crise sanitaire de la Covid-19 a fait émerger des interrogations sur le rapport au vivant, et rappelle le lien étroit entre santé humaine, santé animale et santé de l'environnement. Le PNSE 4 comporte 20 actions réparties en 4 axes : ▪ AXE 1 : S'informer, se former et informer sur l'état de mon environnement et les bons gestes à adopter pour notre santé et celle des écosystèmes - Action 1 : Connaître l'état de son environnement et des bonnes pratiques à adopter - Action 2 : Identifier les substances dangereuses pour la santé et l'environnement dans les objets du quotidien - Action 3 : Être mieux informé sur la bonne utilisation des produits ménagers et leur impact sur la santé et l'environnement - Action 4 : Informer les propriétaires d'animaux sur l'utilisation des produits biocides - Action 5 : Approfondir les connaissances des professionnels sur les liens entre l'environnement et la santé - Action 6 : Se renseigner sur les conseils de prévention avant et après la grossesse - Action 7 : Informer et sensibiliser les jeunes à la santé environnement ▪ AXE 2 : Réduire les expositions environnementales affectant la santé humaine et celle des écosystèmes sur l'ensemble du territoire - Action 8 : Maitriser l'exposition aux ondes électromagnétiques et améliorer la connaissance des impacts sanitaires - Action 9 : Réduire les nuisances liées à la lumière artificielle pour la santé et l'environnement - Action 10 : Prévenir et agir dans les territoires concernés par la pollution des sols - Action 11 : Prévenir les impacts sanitaires des espèces nuisibles par des méthodes compatibles avec la préservation de l'environnement - Action 12 : Mieux comprendre et prévenir les cas de légionellose - Action 13 : Mieux gérer les risques sanitaires et environnementaux des nanomatériaux - Action 14 : Améliorer la qualité de l'air intérieur au-delà des actions à la source sur les produits ménagers et les biocides - Action 15 : Réduire l'exposition au bruit ▪ AXE 3 : Démultiplier les actions concrètes menées par les collectivités dans les territoires - Action 16 : Créer une plateforme collaborative pour les collectivités et renforcer l'expertise des territoires pour réduire les inégalités sociales et territoriales en santé	-

DOCUMENTS DE PLANIFICATION	ZONES D'ACTION	OBJET(S)/OBJECTIF(S)	ÉLÉMENTS du PROJET en COHÉRENCE avec le thème AIR du DOCUMENT
		environnement - Action 17 : Renforcer la sensibilisation des urbanistes et aménageurs des territoires pour mieux prendre en compte la santé environnement ▪ AXE 4 : Mieux connaître les expositions et les effets de l'environnement sur la santé des populations et sur les écosystèmes - Action 18 : Créer un espace commun de partage de données environnementales pour la santé, le Green Data for Health - Action 19 : Structurer et renforcer la recherche sur l'exposome et mieux connaître les maladies liées aux atteintes à l'environnement - Action 20 : Surveiller la santé de la faune terrestre et prévenir les zoonoses.	
PRSE 3 Plan Régional Santé Environnement (2017)	Région Île-de-France	Déclinant au niveau régional le 3e Plan National Santé Environnement, le PRSE 3 d'Île-de-France vise à apporter des réponses aux enjeux franciliens de santé environnementale. Le PRSE3 propose 18 actions structurées en 4 axes pour la période 2017-2021, parmi lesquelles : ▪ **Axe 1 :** Préparer l'environnement de demain pour une bonne santé : - Action 1.1 : Prendre en compte la santé dans la mise en œuvre des politiques d'aménagement - Action 1.2 : Prévenir les risques émergents liés au changement global ▪ **Axe 2 :** Surveiller et gérer les expositions liées aux activités humaines et leurs conséquences sur la santé : - Action 2.3 : Identifier les sources de polluants émergents et mesurer la contamination des milieux ▪ **Axe 3 :** Travailler à l'identification et à la réduction des inégalités sociales et environnementales de santé : - Action 3.1 : Consolider les connaissances sur les zones de multi-exposition environnementale - Action 3.2 : Améliorer le dispositif de surveillance et d'aide à la décision en matière de gestion des nuisances environnementales aéroportuaires ▪ **Axe 4 :** Protéger et accompagner les populations vulnérables : - Action 4.1 : Réduire les risques environnementaux chez la femme enceinte et le jeune enfant - Action 4.3 : Accroître la maîtrise des facteurs environnementaux de l'asthme et des allergies Les réflexions sur l'élaboration du futur PRSE 4 de la région Île-de-France ont débuté en juin 2021.	Une évaluation des risques sanitaires sera réalisée dans le cadre de cette étude.

8. IDENTIFICATION DES PRINCIPALES SOURCES D'EMISSIONS ATMOSPHERIQUES

8.1. INVENTAIRE DES EMISSIONS

8.1.1. BILAN DES EMISSIONS FRANCILIENNES

En Île-de-France, les inventaires (ou cadastres) d'émissions sont réalisés par l'Aasqa Airparif.
Le dernier inventaire à l'échelle régionale date de 2018[4].
Il faut retenir que les émissions sont réparties en 11 grands secteurs qui sont les suivants :

- **Transport routier : émissions liées à la combustion de carburant (échappement), à l'évaporation de carburant (émissions de COVNM dans les réservoirs) et à l'usure des équipements (émissions de particules des freins, pneus, routes). Les « émissions » de particules liées à la resuspension des particules au sol lors du passage des véhicules, considérées comme particules secondaire, ne sont pas prises en compte ;**

- **Transport ferroviaire et fluvial : émissions du trafic ferroviaire (hors remise en suspension des poussières) et du trafic fluvial intégrant les installations portuaires (manutention des produits pulvérulents) ;**

- **Résidentiel : émissions liées au chauffage des habitations et à la production d'eau chaude de ce secteur. Les émissions liées à l'utilisation des engins de jardinage (tondeuse, …) et à l'utilisation domestique de solvants sont également considérées (peinture, produits cosmétiques, nettoyants, bombes aérosols, …) ;**

- **Tertiaire : émissions liées au chauffage des locaux et à la production d'eau chaude de ce secteur ainsi que l'éclairage public et les équipements de réfrigération et d'air conditionné ;**

- **Branche énergie (dont chauffage urbain) : les installations concernées sont les centrales thermiques de production d'électricité, d'extraction de pétrole, les raffineries, les centrales de production de chauffage urbain et les stations-services ;**

- **Industries : émissions liées à la combustion pour le chauffage des locaux des entreprises, aux procédés industriels mis en œuvre notamment dans les aciéries, l'industrie des métaux et l'industrie chimique, l'utilisation industrielle de solvants (peinture, dégraissage, nettoyage à sec imprimeries, colles, …), l'utilisation d'engins spéciaux et l'exploitation des carrières (particules) ;**

- **Traitement des déchets : les installations d'incinération de déchets ménagers et industriels, les centres de stockage de déchets ménagers et de déchets ultimes et stabilisés de classe 2, les crématoriums ainsi que les stations d'épuration ;**

- **Chantiers : émissions de particules liées aux activités de construction de bâtiments et travaux publics (notamment recouvrement des routes avec de l'asphalte). Ce secteur intègre également l'utilisation d'engins et l'application de peinture ;**

- **Plates-formes aéroportuaires : Les émissions prises en compte sont celles des aéronefs sur les aéroports de Paris Charles-de-Gaulle, Paris Orly et Paris-Le Bourget, sur les aérodromes (hors aviation militaire), ainsi que sur l'héliport d'Issy-les-Moulineaux, et celles des activités au sol pour les trois plus grandes plateformes. Les émissions des avions (combustion des moteurs) sont calculées suivant le cycle LTO (Landing Take Off). Les émissions liées à l'abrasion des freins, des pneus et de la piste sont également intégrées. Les activités au sol prises en compte sont : les APU (Auxiliary Power Unit), les GPU (Ground Power Unit) et les engins de piste ;**

- **Agriculture : émissions des terres cultivées liées à l'application d'engrais et aux activités de labour et de moisson, des engins agricoles et des activités d'élevage et des installations de chauffage de certains bâtiments (serres, …) ;**

- **Émissions naturelles : les émissions de COVNM de ce secteur sont celles des végétaux et des sols en zones naturelles (hors zones cultivées). Les émissions de monoxyde d'azote sont celles des sols. L'absorption biogénique de CO_2 (puits de carbone) n'est pas intégrée.**

La contribution relative (2018) de chaque secteur est visible sur l'histogramme ci-dessous.

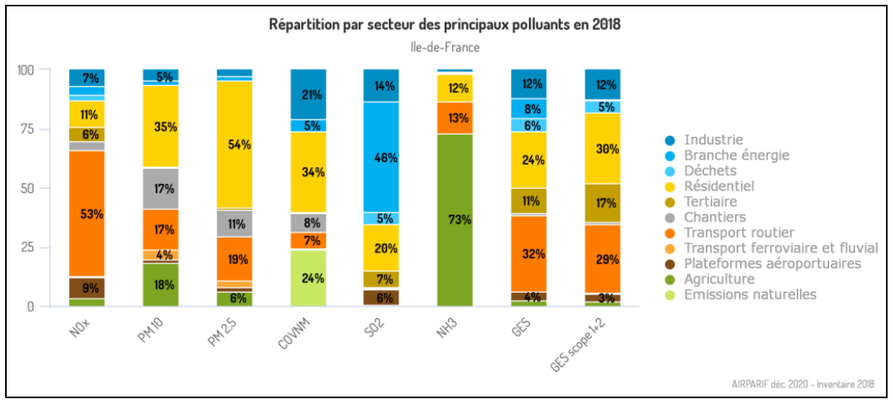


Figure 6 : Contribution en % des différents secteurs d'activités aux émissions de polluants atmosphériques en Île-de-France pour l'année de référence 2018 (Sources : Airparif)

[4] https://www.airparif.asso.fr/surveiller-la-pollution/les-emissions

Le transport routier apparaît comme le secteur prépondérant dans les émissions franciliennes d'oxydes d'azote, et comme la deuxième source d'émission de particules (PM10 et PM2,5) derrière le secteur résidentiel. Ce dernier secteur, qui comprend notamment le chauffage, apparaît ainsi en tant que premier émetteur de particules PM10 et PM2,5 et également en tant que premier émetteur de COVNM dans la région, ainsi que la deuxième source d'oxydes d'azote.
La figure suivante indique les émissions des principaux polluants par département pour l'Île-de-France.

Département	NOx - t/an	PM_{10} - t/an	$PM_{2.5}$ - t/an	COVNM - t/an	SO_2 - t/an	NH_3 - t/an	GES directes - kteqCO_2/an (Scope 1)	GES directes hors production d'énergie + indirectes - kteqCO_2/an (Scope 1 + 2)
Paris (75)	5 090	790	590	6 910	270	110	3 340	5 000
Seine-et-Marne (77)	18 800	5 180	2 780	19 290	2 860	3 130	8 710	8 520
Yvelines (78)	11 340	2 280	1 440	11 550	480	1 000	5 290	5 860
Essonne (91)	10 080	2 100	1 370	9 950	290	850	4 460	5 010
Hauts-de-Seine (92)	5 200	790	550	5 760	370	110	3 460	4 250
Seine-Saint-Denis (93)	6 800	1 130	770	5 720	570	160	4 150	4 180
Val-de-Marne (94)	6 400	920	680	5 010	510	140	4 010	4 370
Val d'Oise (95)	8 990	1 610	1 010	7 620	420	650	3 530	3 980
Total général	**72 720**	**14 800**	**9 180**	**71 810**	**5 770**	**6 170**	**36 940**	**41 170**

Département	NOx - t/km²	PM_{10} - t/km²	$PM_{2.5}$ - t/km²	COVNM - t/km²	SO_2 - t/km²	NH3 - t/km²	GES directes - kteqCO_2/km² (Scope 1)	GES directes hors production d'énergie + indirectes - kteqCO_2/km² (Scope 1 + 2)
Paris (75)	48.4	7.5	5.6	65.6	2.6	1.0	31.7	47.5
Seine-et-Marne (77)	3.2	0.9	0.5	3.3	0.5	0.5	1.5	1.4
Yvelines (78)	4.9	1.0	0.6	5.0	0.2	0.4	2.3	2.5
Essonne (91)	5.5	1.2	0.8	5.5	0.2	0.5	2.5	2.8
Hauts-de-Seine (92)	29.7	4.5	3.1	32.9	2.1	0.6	19.8	24.3
Seine-Saint-Denis (93)	28.6	4.8	3.2	24.1	2.4	0.7	17.5	17.6
Val-de-Marne (94)	26.1	3.7	2.8	20.4	2.1	0.6	16.3	17.8
Val d'Oise (95)	7.2	1.3	0.8	6.1	0.3	0.5	2.8	3.2
Total général	**6.0**	**1.2**	**0.8**	**6.0**	**0.5**	**0.5**	**3.1**	**3.4**

Figure 7 : Émissions totales 2018 en tonne (ou kt) par département d'Île-de-France pour chaque polluant et ramenées au km² (Source : Airparif)

- Oxydes d'azote (NOx)

Les oxydes d'azote (NOx = NO + NO_2) sont émis lors des procédés de combustion, à haute température.
Pour sa part, le NO_2 est émis en partie à l'échappement des procédés de combustion (NO_2 primaire). C'est également un polluant secondaire résultant de l'oxydation à l'air du NO.

Les principaux émetteurs d'oxydes d'azote sont les suivants :

- **le trafic routier, qui contribue à hauteur de 53 % aux émissions franciliennes ;**
- **le secteur résidentiel et le tertiaire pour 11 % et 6 % respectivement ;**
- **les plateformes aéroportuaires pour 9 % ;**
- **les industries pour 7 %.**

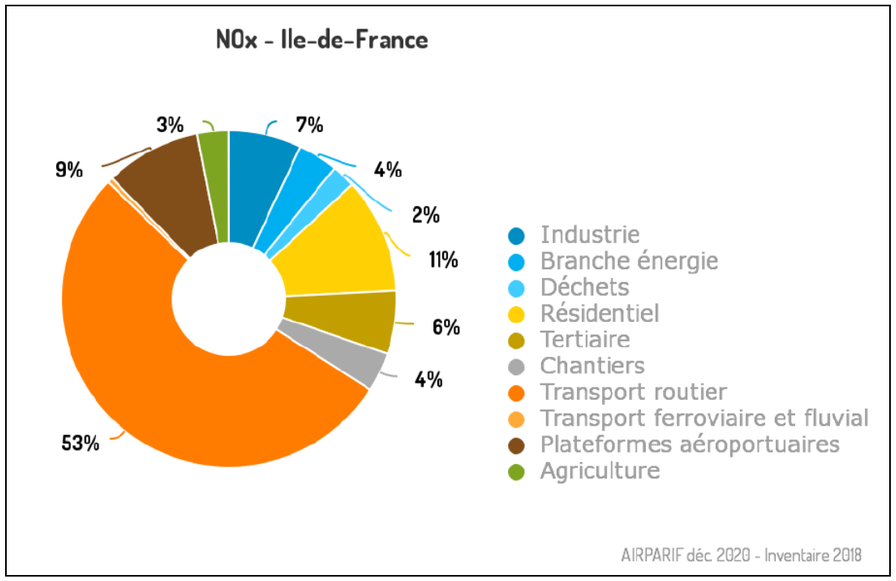


Figure 8 : Contribution par secteur aux émissions de NOx en Île-de-France pour l'année 2018 (Source : Airparif)

Entre 2005 et 2018, les émissions franciliennes de NOx, tous secteurs confondus, ont été en recul de 45 % (cf. diagramme suivant).

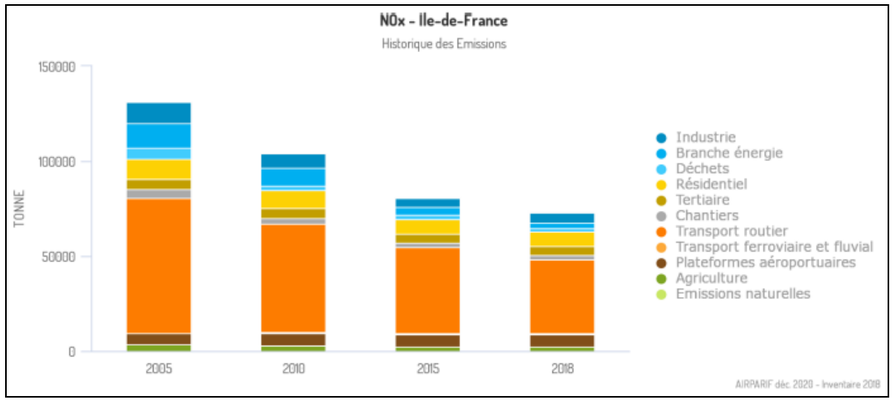


Figure 9 : Évolution des émissions de NOx en Île-de-France par secteur entre 2005 et 2018 (source : Airparif)

Les parts des émissions de NOx imputables au trafic routier, au résidentiel et au tertiaire ont quant à elles diminué pour leur part respective de 42 %, 24 % et 14 % sur la même période.
La diminution des émissions du transport routier s'explique essentiellement par l'amélioration technologique des véhicules.
Le recul des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire est principalement dû à une baisse des consommations d'énergie (rénovation des logements), à l'amélioration des

équipements de chauffage ainsi qu'au report des consommations d'énergies fossiles vers l'électricité.
Concernant de plus faibles émissions, les baisses sont très importantes dans le secteur de l'industrie (-53 %), notamment en raison de la baisse de consommations des combustibles fossiles en faveur de l'électricité.
En revanche, sur les plateformes aéroportuaires, qui contribuent pour 9 % aux émissions régionales de NOx, une hausse de 13 % des émissions de NOx est observée sur la période. Cette progression est liée à une augmentation des mouvements de gros porteurs, compensant la baisse unitaire des émissions des avions.
Les émissions de NOx ont une saisonnalité globalement modérée (+30 % en hiver par rapport à l'été) mais plus ou moins marquée suivant les secteurs.
Les secteurs résidentiel & tertiaire voient leurs émissions multipliées par 6 en hiver par rapport à l'été et celles de la branche énergie sont multipliées par 3 en hiver par rapport à l'été. De manière logique, lorsque les besoins en chauffage et production d'énergie des centrales sont les plus faibles (printemps/été) les émissions de ces secteurs sont moindres comparativement aux périodes froides où la demande est importante (automne/hiver).
Pour le transport routier, les émissions hivernales sont supérieures de 10 % aux émissions estivales en raison des surémissions liées au démarrage à froid.

- Particules PM10 et PM2,5

Les particules recensées dans l'inventaire sont celles de diamètre inférieur à 10 microns (PM10) et celles de diamètre inférieur à 2,5 microns (PM2,5) directement rejetées dans l'atmosphère (particules primaires).
Les particules sont émises par différents secteurs, dont essentiellement :

- **Le trafic routier (échappements des véhicules, abrasion des routes, pneus et freins)**
- **Le secteur résidentiel (appareils de chauffage) ;**
- **L'agriculture (préparation du sol, récoltes, gestion des résidus, engins agricoles, fertilisation et utilisation d'engrais azotés libérant de l'ammoniac).**

En règle générale, la répartition des contributions aux émissions de PM2,5 se révèle assez proche de celle observée pour les PM10.

Les quatre secteurs qui contribuent davantage aux émissions de PM10 en 2018 en Île-de-France (figure suivante) sont les suivants :

- **Le secteur résidentiel (35 %) : pour ce secteur, le chauffage au bois est le principal émetteur (86 %) ;**
- **Le transport routier (17 %) : les émissions de PM10 proviennent de l'abrasion des routes, pneus, et frein (72 % des émissions de ce secteur), ainsi que de l'échappement des différents types de véhicules, notamment les véhicules diesel qui contribuent à 26 % aux émissions de ce secteur ;**
- **L'agriculture (18 %) : les émissions de ce secteur proviennent pour 94 % des cultures de terres arables ;**
- **Les chantiers (17 %) : les émissions de PM10 de ce secteur sont principalement dues aux opérations de démolition / construction ;**
- **Le transport ferroviaire et fluvial contribue pour 4 % (à plus de 90 % par l'usure des rails, freins et roues du transport ferroviaire).**

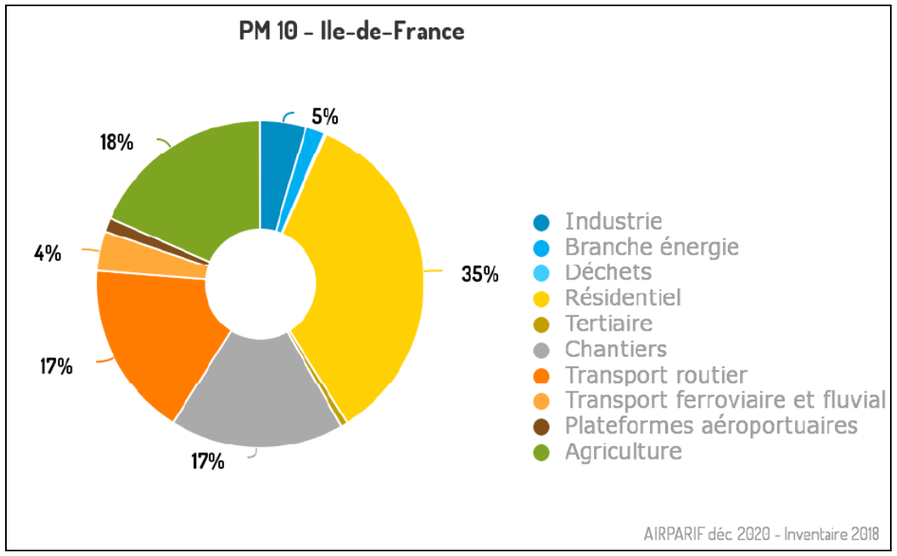


Figure 10 : Contribution par secteur aux émissions de PM10 en Île-de-France pour l'année 2018 (source : Airparif)

Concernant les PM2,5 (figure ci-dessous), les principaux émetteurs en 2018 en Île-de-France sont les secteurs suivants :

- **Le secteur résidentiel (54 %) : le chauffage au bois constitue la source principale des émissions de PM2,5 du secteur (87 %) ;**
- **Le trafic routier (19 %) : les émissions de PM2.5 de ce secteur sont principalement dues au véhicules diesel (39 %) mais aussi à l'abrasion (57 %) ;**
- **Les chantiers (11 %) : les émissions de PM2,5 de ce secteur sont principalement dues aux opérations de démolition / construction ;**
- **L'agriculture (6 %) : les émissions de ce secteur proviennent pour 89 % des cultures des terres arables.**

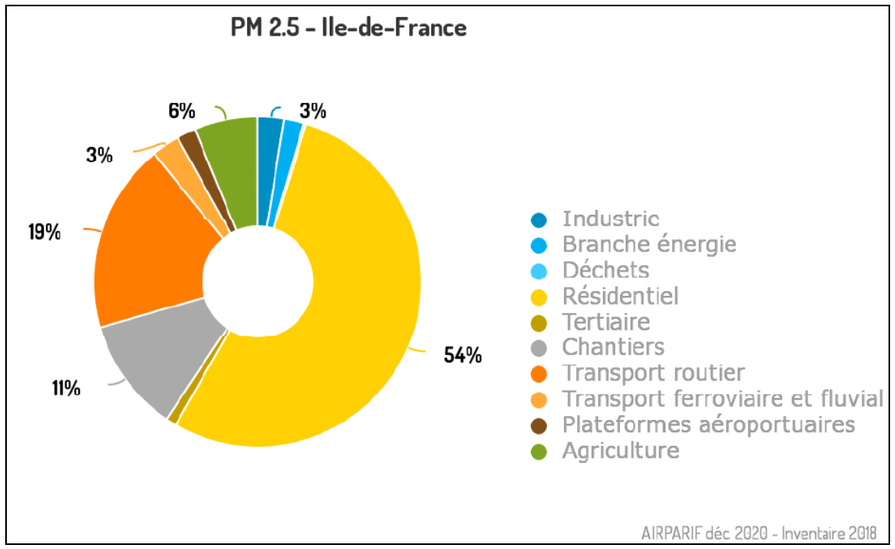


Figure 11 : Contribution par secteur aux émissions de PM2,5 en Île-de-France pour l'année 2018 (Source : Airparif)

Les contributions plus importantes pour les PM2,5 des secteurs du transport routier et résidentiel par rapport aux émissions de PM10 s'expliquent par le fait que les particules fines sont principalement dues à la combustion.

Les émissions tous secteurs confondus de PM10 et PM2,5 en Île-de-France ont diminué respectivement de 34 % et 43 % entre 2005 et 2018 (cf. figures ci-après).

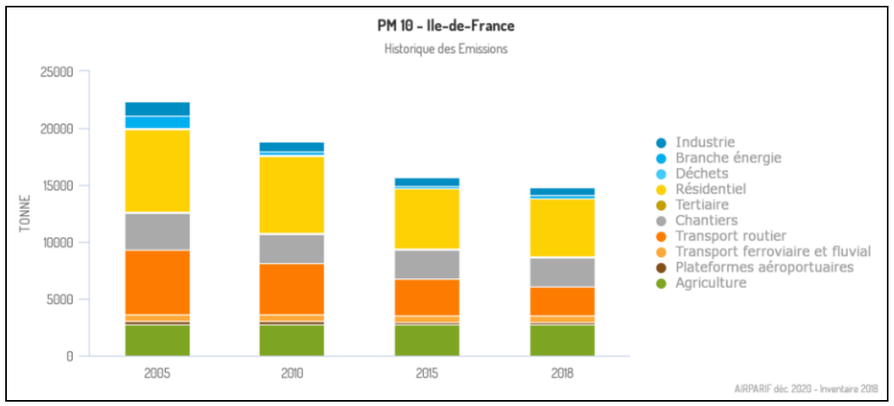


Figure 12: Évolution des émissions de PM10 en Île-de-France entre 2005 et 2018 (source : Airparif)

Les émissions de PM10 ont été notablement réduites sur la période avec, par exemple :

- **Une baisse de 55 % pour le transport routier induite par l'amélioration technologique des véhicules, notamment par la généralisation des pots catalytiques et des filtres à particules ;**
- **Une baisse de 30 % pour le secteur résidentiel de la baisse des consommations d'énergie liée à la rénovation des logements, l'amélioration des équipements de chauffage au bois et le report des consommations d'énergies fossiles vers l'électricité ;**
- **Une diminution du secteur agricole plus modeste (2 %) ;**
- **Parmi les secteurs moins contributeurs, la diminution des émissions est de 47 % pour l'industrie.**

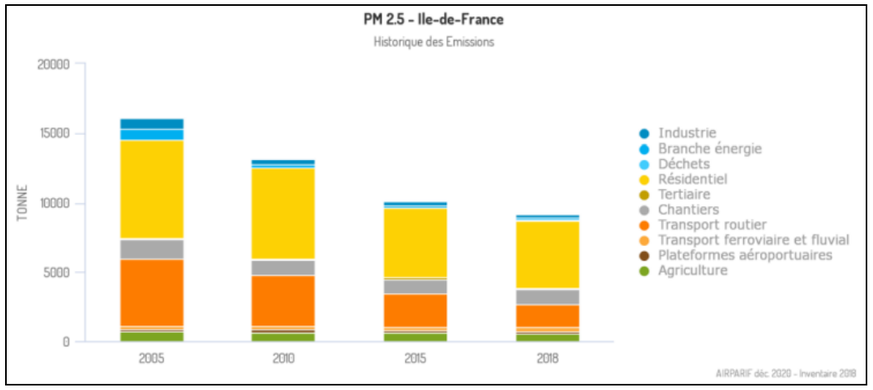


Figure 13: Évolution des émissions de PM2,5 en Île-de-France entre 2005 et 2018 (source : Airparif)

Les émissions de PM2,5 ont, elles aussi, été également passablement réduites sur la période avec entre autres, pour les mêmes raisons que les PM10, une baisse de :

- **65 % pour le transport routier induite par l'amélioration technologique des véhicules ;**
- **30 % pour le secteur résidentiel du fait de la baisse des consommations énergétiques liée à la rénovation des logements, l'amélioration des équipements de chauffage au bois ainsi qu'au report des consommations d'énergie fossiles vers l'électricité ;**
- **Pour les activités moins contributeurs, la diminution des émissions est de 18% pour l'agriculture, essentiellement liée à la baisse de consommation de carburant.**

Les émissions de PM10 et PM2,5 présentent une saisonnalité très marquée (doublées en hiver par rapport à l'été pour les PM10 et triplées en hiver pour les PM2,5 par rapport à l'été).

Les émissions du secteur résidentiel sont multipliées par 50 en hiver pour les PM10 et pour les PM2,5). Les émissions hivernales du transport routier sont supérieures de 20 % par rapport aux émissions estivales pour les PM10 et supérieures de 10 % pour les PM2,5.
En revanche, pour les PM10 émises par le secteur agricole, la tendance est inversée, les émissions estivales sont supérieures de 40 % par rapport aux émissions hivernales.

- Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)

Les COVNM proviennent notamment de :

- **L'évaporation de carburant, notamment pour les deux-roues motorisés ;**
- **L'utilisation industrielle de solvants ou de colles ;**
- **L'usage des solvants pour les secteurs résidentiel/tertiaire et les chantiers.**

Ce sont des précurseurs de particules secondaires et d'ozone.

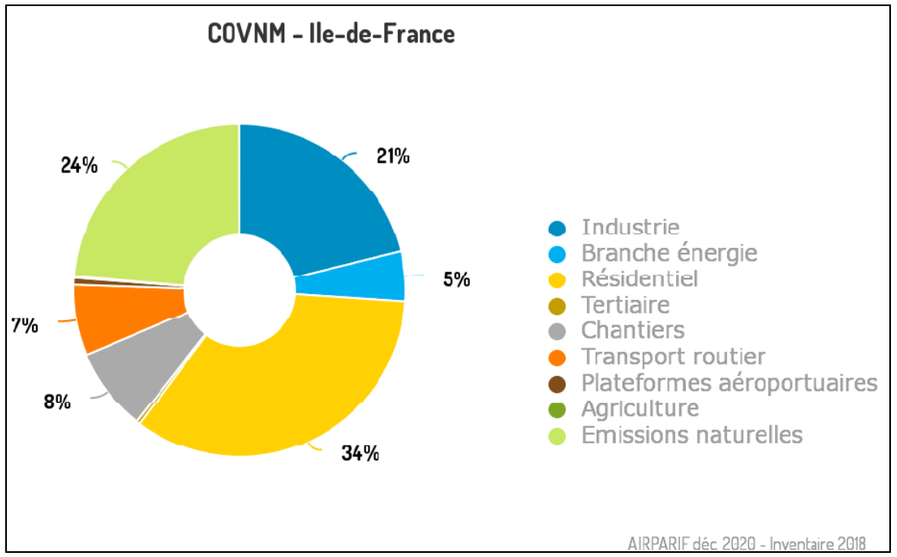


Figure 14 : Contribution par secteur aux émissions de COVNM en Île-de-France pour l'année 2018 (source : Airparif)

Les trois secteurs qui contribuent en majorité aux émissions de COVNM en 2018 en Île-de-France sont :

- **Le secteur résidentiel (34 %) par l'utilisation domestique de produits solvantés (peintures, colles, …) contribuant à 63 %, produits pharmaceutiques, mais également le chauffage au bois (contribuant à 36 %) ;**
- **Les émissions naturelles (24 %) ;**
- **L'industrie (21 %) par les émissions liées notamment à l'imprimerie, à l'automobile, au traitement des métaux et à la fabrication de produits alimentaires.**

Le transport routier contribue pour 7 % aux émissions de COVNM régionales ; principalement liées aux émissions des véhicules à essence dont plus de la moitié provenant des véhicules deux-roues motorisés, et liées à l'évaporation.

Les émissions de COVNM en Île-de-France ont diminué de 44 % entre 2005 et 2018 (cf. diagramme suivant).

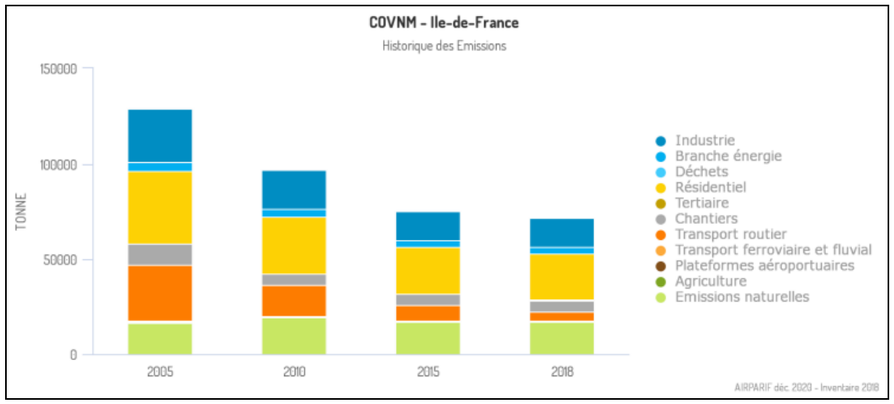


Figure 15: Évolution des émissions de COVNM en Île-de-France entre 2005 et 2018 (source : Airparif)

Les émissions de COVNM ont été notablement réduites sur la période avec, entre autres, une baisse de :

- **35 % pour le secteur résidentiel et 45 % pour l'industrie, du fait de la baisse des taux de COVNM dans les produits solvantés ;**
- **83 % pour le transport routier (secteur moins émetteur que les précédents) par une moindre évaporation d'essence ;**
- **29 % pour la branche énergie.**
- **Les émissions naturelles de COVNM sont assez stables (+2 %).**

La saisonnalité des émissions de COVNM est très faible ou pratiquement inexistante pour certains secteurs (industrie, énergie, traitement des déchets, transport routier, plateformes aéroportuaires, transport ferroviaire et fluvial) et est très marquée pour d'autres avec des évolutions inversées suivant les secteurs telles que les émissions naturelles (multiplication par 8,3 en été par rapport à l'hiver du fait de l'activité biogénique plus forte lorsque la température est élevée et la lumière importante), le secteur résidentiel (multiplication par 2,5 en hiver par rapport à l'été en lien avec le chauffage au bois notamment).

- Dioxyde de soufre (SO_2)

Depuis de nombreuses années ce polluant n'est plus problématique à l'échelle de l'Île-de-France.
Le secteur d'activité qui contribue le plus aux émissions de SO_2 est la branche énergie (46 %). Il est suivi par le résidentiel (20 %).
Le trafic routier représente moins de 1 % des émissions (figure suivante).

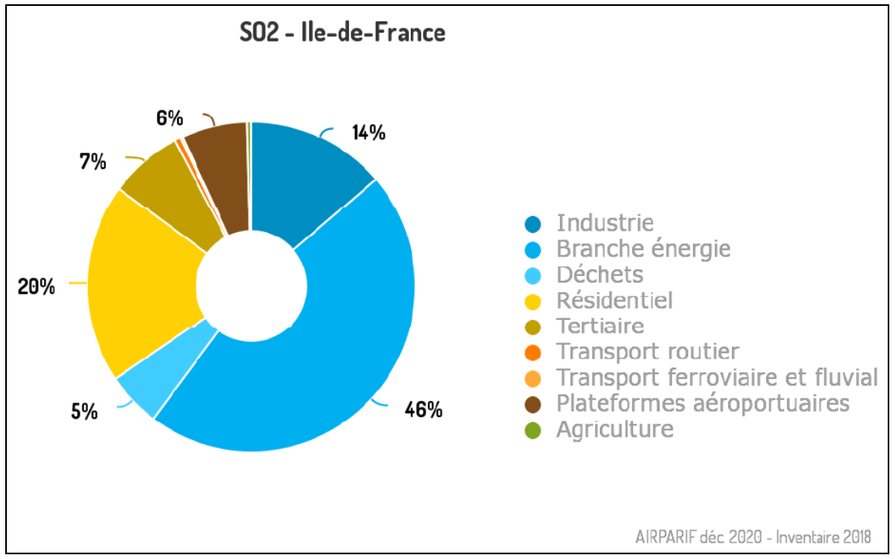


Figure 16 : Contribution par secteur aux émissions de SO_2 en Île-de-France pour l'année 2018 (Source : Airparif)

Les émissions de SO_2 en Île-de-France ont diminué de 79 % entre 2005 et 2018 (diagramme suivant).

Cette amélioration s'explique surtout par le recul de l'usage du charbon et du fioul lourd dans la plupart des centrales de production d'électricité et de chauffage urbain, mais également par la baisse des taux de soufre retrouvés dans les combustibles fossiles, et pour terminer, par la fermeture de la centrale thermique de Porcheville en 2017.

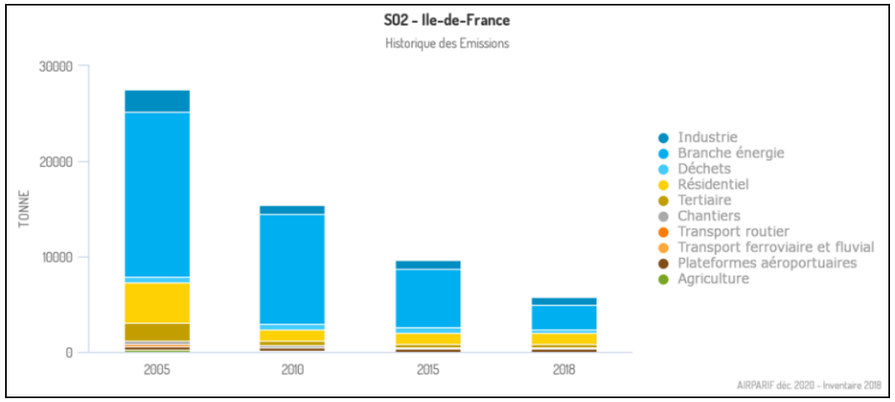


Figure 17: Évolution des émissions de SO_2 en Île-de-France entre 2005 et 2018 (source : Airparif)

- Ammoniac [NH_3]

L'ammoniac est un précurseur de particules secondaires, notamment en combinaison avec les oxydes d'azote.

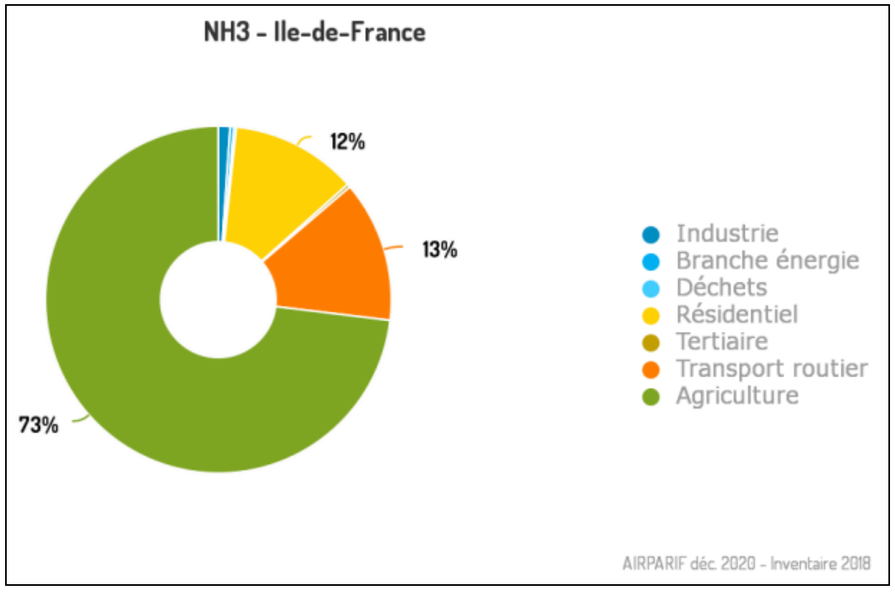


Figure 18 : Contribution par secteur aux émissions de NH_3 en Île-de-France pour l'année 2018 (Source : Airparif)

Le secteur d'activité qui contribue très majoritairement aux émissions de NH_3 est l'agriculture (73 %) : les émissions proviennent principalement des cultures de terres arables avec engrais.

Le transport routier contribue quant à lui à hauteur de 13 % des émissions de NH_3, notamment à l'échappement des véhicules essence, résultant du processus de réduction catalytique des NOx mais aussi dues au système de réduction catalytique sélective de certains véhicules diesels pour réduire les émissions de NOx par injection d'urée.

Les émissions de NH_3 en Île-de-France ont diminué de 17 % entre 2005 et 2018 (figure suivante).

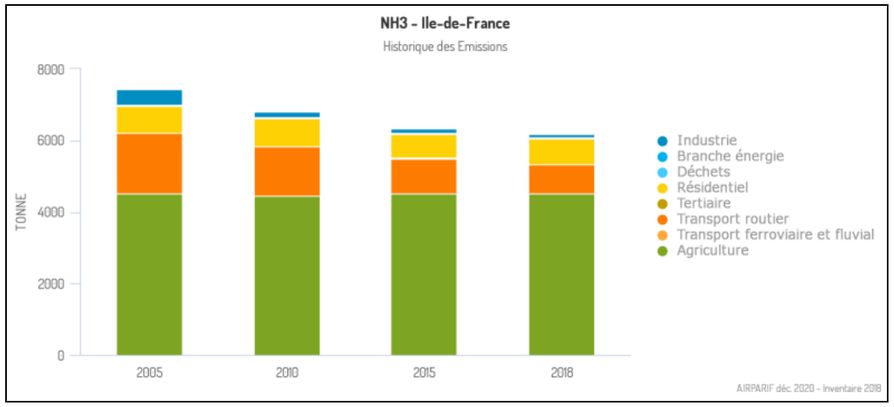


Figure 19: Évolution des émissions de NH_3 en Île-de-France entre 2005 et 2018 (source : Airparif)

La diminution du secteur des transports routiers (-52 %) s'explique par une baisse globale du trafic et l'amélioration technologique des véhicules. Les émissions de l'agriculture (émetteur largement majoritaire) n'ont quant à elles quasiment pas évolué (-1 %).
Pour le secteur résidentiel, l'amélioration des appareils de chauffage au bois est compensée par une hausse de consommation de cette énergie de chauffage (+40 %), induisant une diminution modérée des émissions.

- Gaz à effet de serre (GES)

Les émissions de **G**az à **E**ffet de **S**erre considérées dans l'inventaire d'Airparif sont les émissions directes (dites *Scope 1*) de dioxyde de carbone (CO_2), méthane (CH_4), protoxyde d'azote (N_2O) et gaz fluorés des différents secteurs d'activités représentés sur le territoire francilien, ainsi que les émissions indirectes liées à la consommation d'énergie (électricité et chaleur) en Île-de-France (dites *Scope 2*).

Les principaux secteurs contribuant aux émissions directes et indirectes de GES en équivalent CO_2 en Île-de-France en 2018 sont les suivants :

- **Le secteur résidentiel (30 %) ;**
- **Le transport routier (29 %) ;**
- **Le tertiaire (17 %) ;**
- **L'industrie (12 %).**

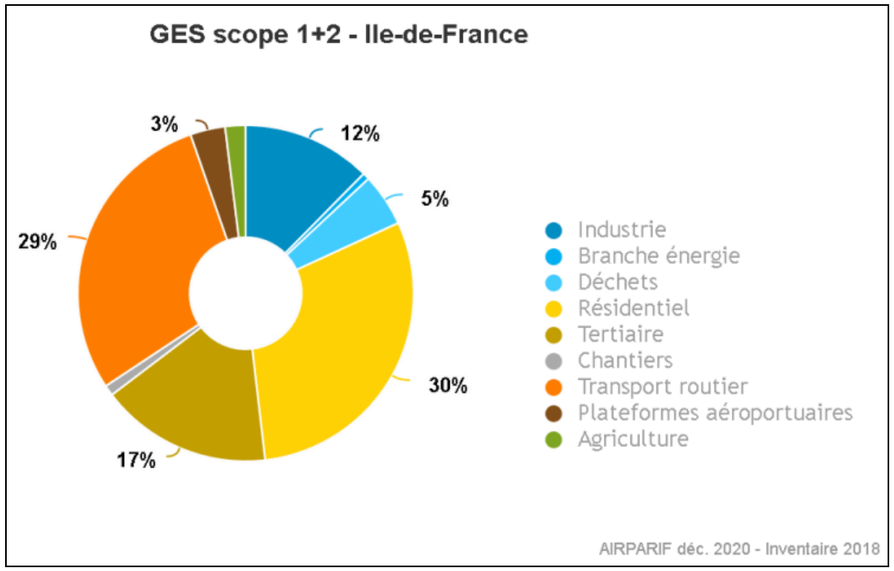


Figure 20 : Contribution par secteur (en %) aux émissions directes et indirectes de GES en Île-de-France pour l'année 2018 (Source : Airparif)

Dans l'ensemble, les émissions directes et indirectes de **G**az à **E**ffet de **S**erre en équivalent CO_2 ont diminué de 22 % entre 2005 et 2018 en Île-de-France (figure suivante).

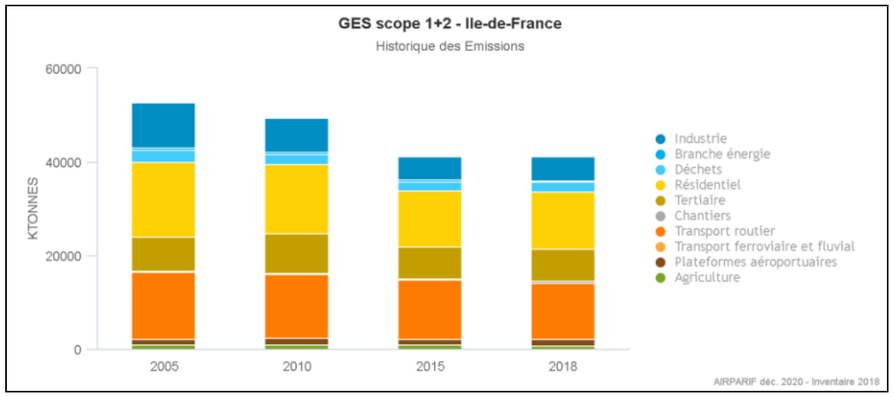


Figure 21: Évolution des émissions de GES (en kteqCO_2) en Île-de-France entre 2005 et 2018 (source : Airparif)

Les émissions de GES présentent, sur la période, une baisse de :

- **23 % pour le secteur résidentiel et 6 % pour le tertiaire, liées à la baisse des consommations d'énergie et notamment issue des produits pétroliers (fioul). Dans le secteur tertiaire, malgré la baisse globale due à un fort recul de l'utilisation des produits pétroliers, une hausse des émissions indirectes dues à l'électricité est observée (+11 %) en raison d'une consommation accrue (+15 %) liée à l'usage d'électricité spécifique (usage numérique, climatisation, …) ;**
- **47 % pour l'industrie ;**
- **16 % pour le transport routier liée à la baisse de la consommation moyenne de carburant des véhicules routiers et une baisse de 3 % des kilomètres parcourus en Île-de-France.**

L'évolution des émissions de GES, directement liées aux consommations d'énergie, est plus faible que celle des polluants atmosphériques (NOx, particules, …) dont la baisse est accrue par les améliorations technologiques de dépollution. Ces dernières ne sont pas efficaces sur les GES.

8.1.2. BILAN DES EMISSIONS POUR LE DEPARTEMENT DES HAUTS-DE-SEINE

L'histogramme ci-dessous illustre le bilan 2018 des émissions de polluants pour le département des Hauts-de-Seine.

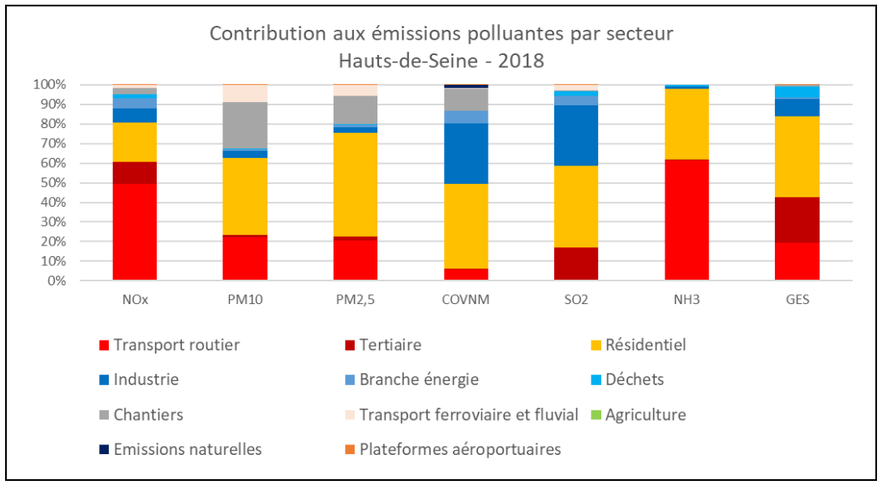


Figure 22 : Bilan des émissions annuelles pour le département des Hauts-de-Seine (estimations faites en 2020 pour l'année 2018) (source : Données Airparif)

En 2018, la répartition des émissions de polluants concernant les Hauts-de-Seine est la suivante :

- **Oxydes d'azote (NOx) : le transport routier est le principal émetteur de NOx (49,3 %), suivi par le résidentiel (19,9 %) et le tertiaire (11,5 %).**
- **Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM) : le résidentiel est le 1er émetteur (43,2 %), suivi de l'industrie (30,8 %) et des chantiers (11,3 %).**
- **Particules PM10 : le résidentiel est le principal émetteur (39,1 %), suivi par les chantiers (23,5 %), le transport routier (22,1 %), et le transport ferroviaire et fluvial (9,0 %).**
- **Particules PM2,5 : le résidentiel est le principal émetteur (52,7 %), suivi par le transport routier (20,8 %), les chantiers (14,4 %) et le transport ferroviaire et fluvial (5,9 %).**
- **Dioxyde de soufre (SO_2) : le résidentiel est le contributeur majoritaire (41,6 %), suivi par l'industrie (30,8 %) et le tertiaire (16,5 %).**
- **Ammoniac (NH_3) : le transport routier est l'émetteur prépondérant (61,6 %) suivi par le résidentiel (36,1 %).**
- **Gaz à Effet de Serre (GES) : le résidentiel est le principal émetteur (41,5 %) devançant le tertiaire (23,1 %) et le transport routier (19,3 %).**

Le tableau immédiatement ci-après indique les émissions en polluants atmosphériques des Hauts-de-Seine entre 2005 et 2018.

Tableau 5 : Émissions annuelles en polluants atmosphériques et GES du département des Hauts-de-Seine en 2005, 2010, 2015 et 2018 (source : Données Airparif)

	NOx t/an	PM10 t/an	PM2,5 t/an	COVNM t/an	SO_2 t/an	NH_3 t/an	GES kt/an
Émissions en 2005	9 440	1 259	995	10 918	1 823	173	5 371
Émissions en 2010	7 443	1 012	796	7 768	499	152	5 051
Émissions en 2015	5 671	846	612	6 017	392	120	4 144
Émissions en 2018	5 205	791	555	5 761	367	107	4 247
Variation entre 2005 et 2018	-44,9 %	-37,2 %	-44,3 %	-47,2 %	-79,9 %	-38,1 %	-20,9 %

Dans le département des Hauts-de-Seine, les émissions ont fortement diminué entre 2005 et 2018 pour chaque polluant retenu, ainsi que pour les GES.

Au sein du département des Hauts-de-Seine, les principaux secteurs émetteurs de polluants atmosphériques correspondent au transport routier (NOx, NH_3, PM10, PM2,5), au secteur résidentiel (PM10, PM2,5, COVNM, NOx, SO_2, NH_3), à l'industrie (COVNM, SO_2), et enfin aux chantiers (PM10, PM2,5, COVNM).

8.1.3. BILAN DES EMISSIONS DE L'ÉTABLISSEMENT PUBLIC TERRITORIAL VALLEE SUD GRAND PARIS

L'histogramme suivant illustre le bilan 2018 des émissions de polluants pour l'Établissement Public Territorial Vallée Sud Grand Paris (EPT VSGP) incluant 11 communes, dont Châtenay-Malabry.

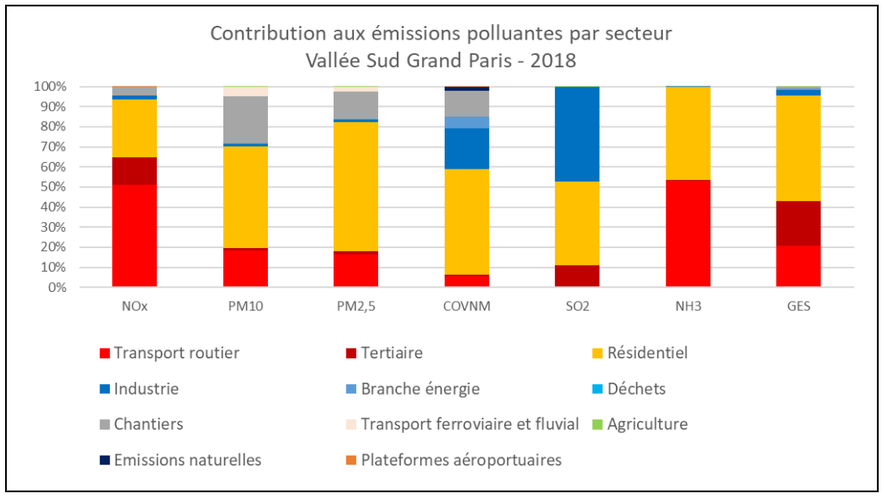


Figure 23: Bilan des émissions annuelles pour l'établissement public territorial « Vallée Sud Grand Paris » (estimations faites en 2020 pour l'année 2018) (source : Données Airparif)

En 2018, la répartition des émissions de polluants concernant l'EPT VSGP est la suivante :

- **Oxydes d'azote (NOx) : le transport routier est l'émetteur majoritaire (51,1 %), suivi par le résidentiel (28,7 %) et le tertiaire (13,6 %).**
- **Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM) : le résidentiel est le principal émetteur (52,9 %), suivi par l'industrie (20,1 %) et les chantiers (12,8 %).**
- **Particules PM10 : le principal émetteur est le secteur résidentiel (50,6 %), suivi par les chantiers (23,7 %) et le transport routier (18,3 %).**
- **Particules PM2,5 : le secteur résidentiel est l'émetteur majoritaire (64,4 %), suivi par le transport routier (16,4 %) et les chantiers (13,7 %).**
- **Dioxyde de soufre (SO_2) : le secteur de l'industrie est le principal contributeur (46,8 %), suivi par le résidentiel (41,8 %), et le tertiaire (10,5 %).**
- **Ammoniac (NH_3) : le transport routier est l'émetteur majoritaire (53,2 %), suivi par le résidentiel (46,5 %).**
- **Gaz à Effet de Serre (GES) : le secteur du résidentiel est le principal émetteur de GES (52,8 %), suivi par le tertiaire (22,8 %) et le transport routier (20,7 %).**

Le tableau ci-après reporte les émissions en polluants atmosphériques de l'EPT VSGP entre 2005 et 2018, et leurs évolutions.

Tableau 6 : Émissions annuelles de l'EPT Vallée Sud Grand Paris en polluants atmosphériques et GES, en 2005, 2010, 2015 et 2018 (source : Données Airparif)

	NOx t/an	PM10 t/an	PM2,5 t/an	COVNM t/an	SO_2 t/an	NH_3 t/an	GES kt/an
Émissions en 2005	1 776	303	245	2 427	235	42	1 017
Émissions en 2010	1 473	249	204	1 669	67	38	991
Émissions en 2015	1 153	207	158	1 320	91	31	811
Émissions en 2018	1 004	194	144	1 246	91	29	801
Variation entre 2005 et 2018	-43,5 %	-36,2 %	-41,3 %	-48,7 %	-61,5 %	-30,9 %	-21,2 %

Il est possible d'observer que pour l'EPT Vallée Sud Grand Paris, les émissions ont fortement diminué entre 2005 et 2018 pour chaque polluant donné, et pour les GES.

Sur le territoire de l'EPT Vallée Sud Grand Paris auquel appartient La commune de Châtenay-Malabry, les principaux secteurs émetteurs de polluants atmosphériques sont le transport routier (NOx, PM10, PM2,5, NH_3), le secteur résidentiel (NOx, PM10, PM2,5, COVNM, SO_2, NH_3), l'industrie (COVNM, SO_2), et les chantiers (PM10, PM2,5, COVNM).

8.2. RESEAUX DE TRANSPORTS

Le réseau routier est le principal point d'étude de la partie Air du projet.
Néanmoins, d'autres réseaux de transport (aérien, ferroviaire, fluvial) peuvent impliquer des rejets de polluants atmosphériques. Il convient donc de les analyser.

La planche suivante repère tous les types de réseaux de transport aux alentours du projet.

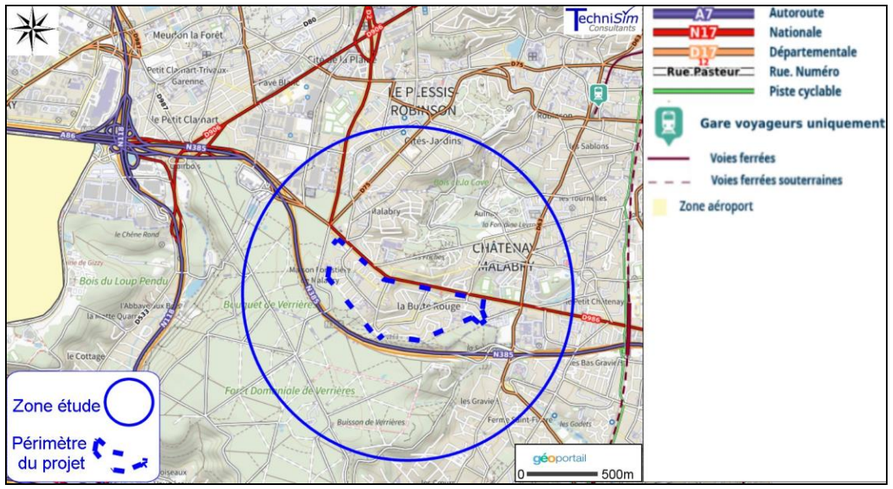


Figure 24 : Réseaux de transport aux environs du projet

Sur la zone d'étude, concernant les émissions de polluants liées aux transports, le transport routier contribue de manière prépondérante. Des routes sont présentes dans la zone d'étude (une nationale et plusieurs départementales).

- Transport routier

Le trafic automobile impacte la qualité de l'air par le rejet de polluants dus aux moteurs à combustion des véhicules, et aussi par l'abrasion induite par le roulage et le freinage : usure des équipements et de la route, etc.
Le trafic routier est générateur d'oxydes d'azote ; de particules PM10, PM2,5 et diesel ; de Gaz à Effet de Serre ; de composés organiques volatils ; de métaux, …

La planche en page suivante précise les axes routiers avec leur trafic respectif (TMJA), distingués autour du projet.

La zone d'étude englobe plusieurs routes départementales présentant de forts trafics :

- **N385 : 101 664 véh/j en 2019 ;**
- **D986 (Le Plessis Robinson – A 86 & Châtenay-Malabry) : 28 603 véh/j en 2012 ;**
- **D60 : 11 547 véh/j en 2018 ;**
- **D63 : 23 287 véh/j en 2011 ;**
- **D75 : 9 249 véh/j en 2019 ;**
- **D2 : 17 129 véh/j en 2013 ;**
- **D986 (Clamart – Châtenay-Malabry) : 18 432 véh/j en 2012.**

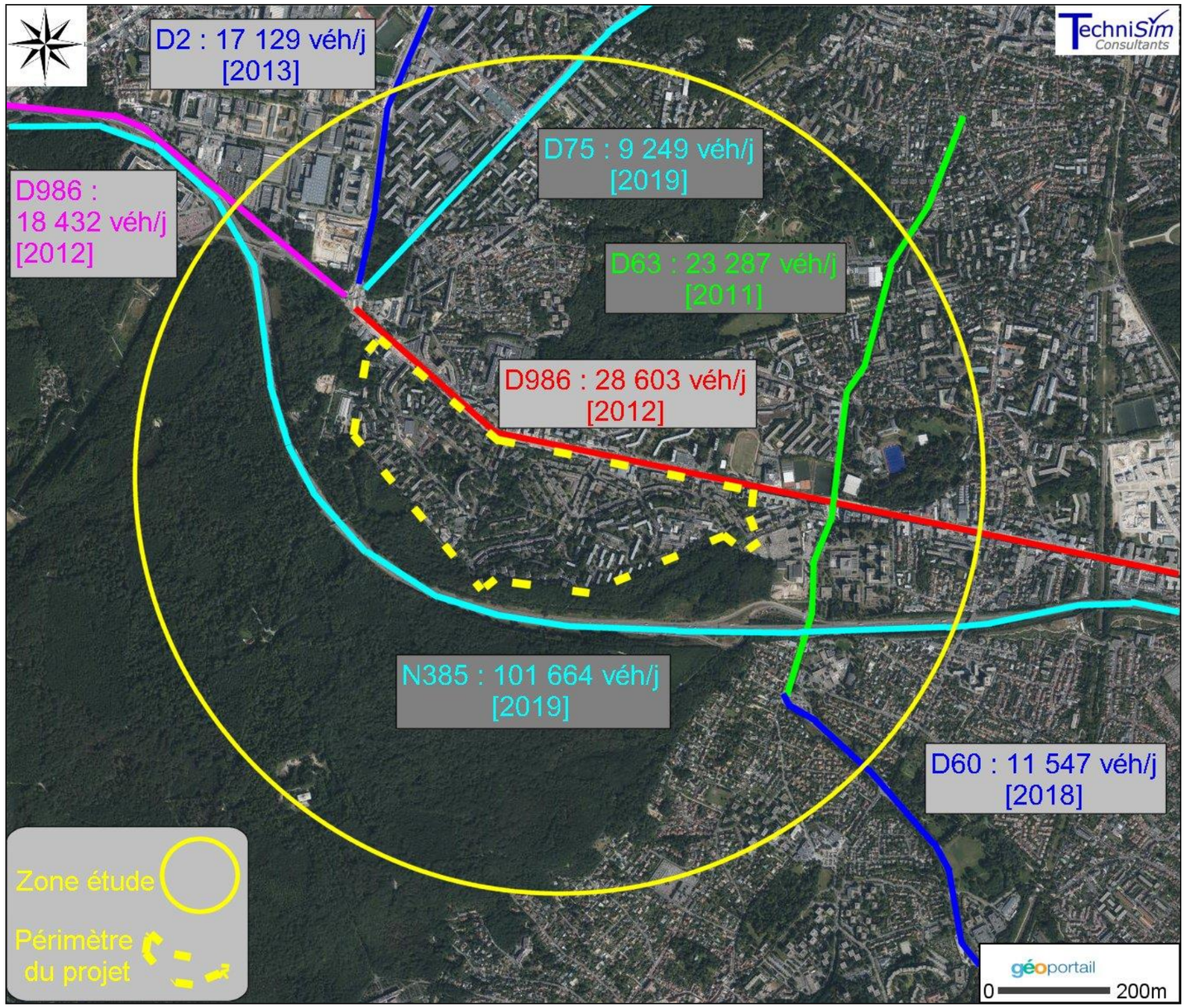


Figure 25 : Carte des Trafics Moyens Journaliers Annuels (TMJA) aux environs du projet (sources : Open Data des Hauts-de-Seine / TMJA 2018 Essonne / data.gouv.fr)

- Transport ferroviaire

Le réseau ferré est émetteur principalement de particules (PM10 et PM2,5) et de métaux (dont les principaux sont le fer, le cuivre et le zinc), notamment dus aux frottements des caténaires, des rails, et aux freinages lorsqu'il s'agit de voies électrifiées. Concernant les trains fonctionnant au diesel (très minoritaires sur le réseau ferré en France métropolitaine), des polluants liés à la combustion sont également émis.

Les voies ferrées les plus proches du projet sont situées à environ 1,3 km à l'est. Il s'agit de la ligne à grande vitesse 431 qui dessert l'Ouest (Bretagne et Pays de la Loire) de la France à partir de la gare de Paris-Montparnasse, en passant par Massy-TGV.
L'influence du transport ferroviaire (en termes de facteur d'émission de particules et nombre de passages par jour) peut être considérée comme négligeable en comparaison au transport routier (cf. figure suivante).

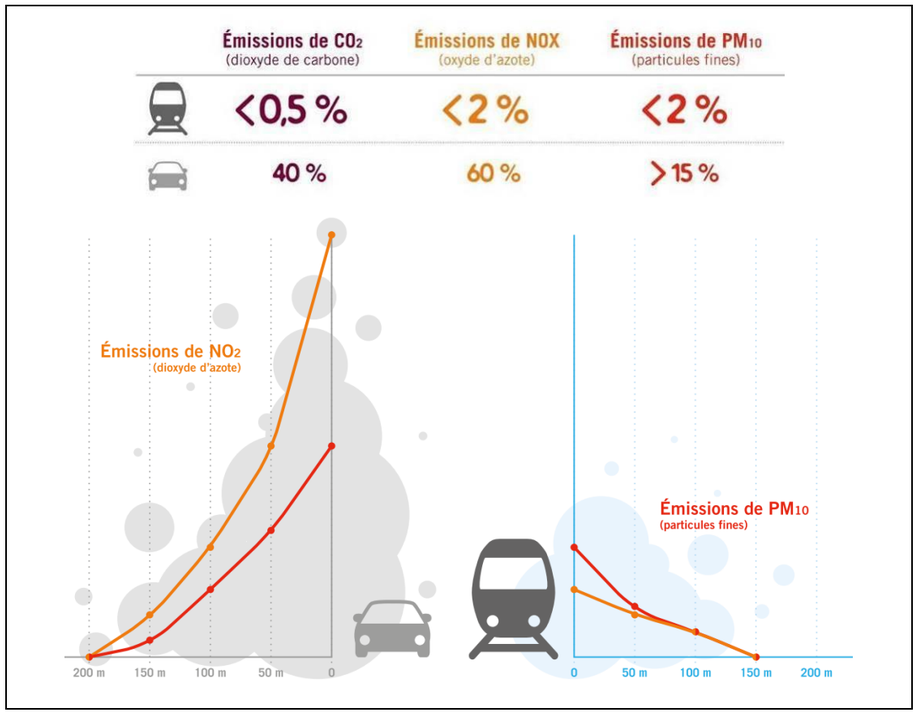


Figure 26 : Comparatif des émissions du transport routier et ferroviaire [Source : le train, un mode de transport bon pour l'air et le climat ; Air Rhône-Alpes, Atmo Auvergne 2015]

- Transport fluvial

Le transport fluvial est émetteur de NOx, particules, COVNM, SO_2.

Il n'existe aucune voie navigable au sein de la zone d'étude.

- Transport aérien

Les aéroports sont émetteurs de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone [CO_2] principalement, et dans une moindre mesure : méthane [CH_4] et protoxyde d'azote [N_2O]), d'hydrofluorocarbures [HFC] ; d'oxydes d'azote [NOx] ; de COV (Composés Organiques Volatils) et particules.
En outre, selon les données du Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA), le secteur du transport aérien est une source non négligeable de dioxyde de soufre [SO_2] et de plomb [Pb].

Aucun aéroport/aérodrome n'est compris au sein de la zone d'étude. La Base aérienne 107 Villacoublay est située à 2,3 km à l'ouest du projet.

8.3. SECTEURS RESIDENTIEL ET TERTIAIRE

Le secteur résidentiel/tertiaire se décompose en deux sous-secteurs : le résidentiel, majoritairement émetteur, et le tertiaire.
Les émissions proviennent principalement de la climatisation des bâtiments, des appareils de combustion fixes (chaudières, inserts, foyers fermés et ouverts, cuisinières, etc.), et de l'utilisation de peintures et de produits contenant des solvants[5].
D'autres sources mineures existent pour le secteur résidentiel, parmi lesquelles il est possible de citer les feux ouverts de déchets verts et autres, la consommation de tabac, l'utilisation de feux d'artifice et les engins mobiles non routiers (loisirs et jardinage).

Ce secteur est émetteur de NOx, PM10, PM2,5, COVNM, de métaux (As et Cr), HAP et dioxines/furanes.

[5] Données du CITEPA : centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique

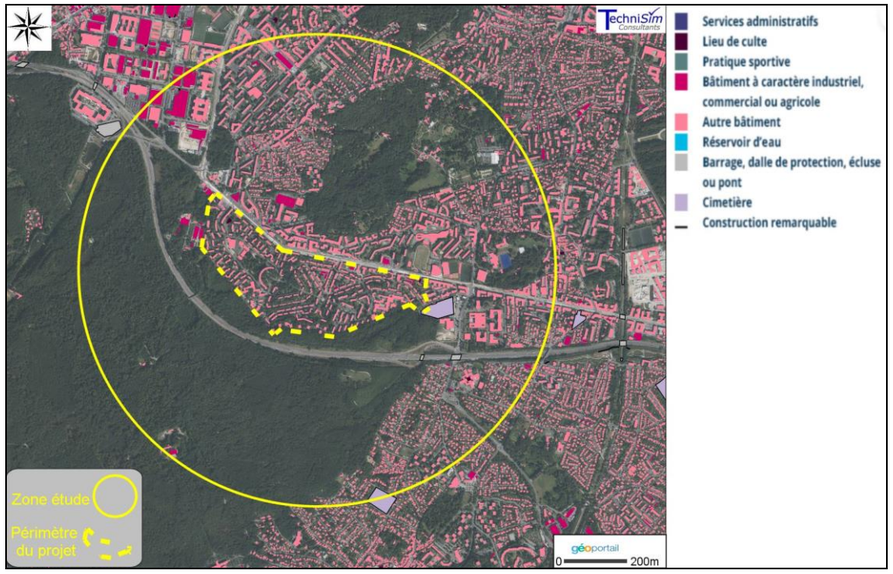


Figure 27 : Environnement du projet par typologie de bâtiments

En l'état actuel, l'emprise projet comporte deux lieux de cultes, des bâtiments à caractères industriels/commerciaux et des « autres bâtiments » notamment des habitations.
La zone d'étude, comporte en majorité des bâtiments d'habitation ainsi que d'autres bâtiments à caractère industriel/commercial, des lieux de culte et des cimetières.

D'après les données Energif/Rose, au sein de la commune de Châtenay-Malabry, les secteurs résidentiel et tertiaire ont consommé 311 GWh d'énergie à climat réel en 2018 répartis comme suit :

- **64,0 % gaz naturel (soit 199 GWh) ;**
- **29,3 % électricité (soit 91 GWh) ;**
- **4,8 % charbon et produits pétroliers (soit 15 GWh) ;**
- **1,9 % bois (soit 6 GWh).**

Les secteurs résidentiel & tertiaire peuvent constituer des émetteurs importants sur la zone d'étude, en fonction des types d'énergie utilisés (d'autant plus en cas d'utilisation du bois et/ou de produits pétroliers/charbon comme combustible).

8.4. REGISTRE DES EMISSIONS POLLUANTES (SECTEUR INDUSTRIEL)

Selon les données du Registre Français des Émissions Polluantes (IREP), aucun établissement déclarant des rejets de polluants atmosphériques n'est sis dans la zone d'étude, en 2020.

8.5. SECTEUR AGRICOLE

Le secteur agricole est émetteur de GES, NH_3, NOx, PM10, PM2,5, COVNM, SO_2.

Il n'existe pas de zone agricole au sein de la zone d'étude. Ce secteur ne contribue pas aux émissions sur la zone d'étude.

8.6. SYNTHESE

Sur le territoire de l'EPT Vallée Sud Grand Paris auquel appartient la ville de Châtenay-Malabry, les principaux secteurs émetteurs de polluants atmosphériques inventoriés en 2018 sont le transport routier (NOx, PM10, PM2,5, NH_3), le secteur résidentiel (NOx, PM10, PM2,5, COVNM, SO_2, NH_3), l'industrie (COVNM, SO_2), et les chantiers (PM10, PM2,5, COVNM).

-Les principales voies routières de la zone d'étude sont la N385 (101 664 véh. / jour en 2019), la D986 [Le Plessis Robinson – A86 & Châtenay-Malabry] (28 603 véh/j en 2012), la D60 (11 547 véh/j en 2018), la D63 (23 287 véh/j en 2011), la D75 (9 249 véh/j en 2019), la D2 (17 129 véh/j en 2013) et la D986 [Clamart – Châtenay-Malabry] (18 432 véh/j en 2012).

- Les voies ferrées les plus proches du projet sont situées à environ 1,3 km à l'est. Il s'agit de la ligne à grande vitesse 431 qui dessert l'Ouest (Bretagne et Pays de la Loire) de la France à partir de la gare de Paris-Montparnasse, en passant par Massy-TGV.

L'influence du transport ferroviaire peut être considérée comme négligeable en comparaison au transport routier

-Il n'y a aucune voie navigable dans la zone d'étude.

-Aucun aéroport/aérodrome n'est installé au sein de la zone d'étude.

-Les secteurs résidentiel & tertiaire peuvent constituer des émetteurs importants sur la zone d'étude et à proximité du projet, en fonction des types d'énergie utilisés, d'autant plus si utilisation du bois ou de produits pétroliers/charbon comme combustibles.

-Aucune zone agricole n'est présente sur la zone d'étude.

-Selon les données du Registre Français des Émissions Polluantes (IREP), aucun établissement déclarant des rejets de polluants atmosphériques n'est installé sur la zone d'étude.

À l'échelle de la zone d'étude, les secteurs émetteurs de polluants sont le transport routier et le résidentiel /tertiaire.

9. QUALITE DE L'AIR

La Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie, dite loi 'LAURE', reconnaît à chacun le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Aussi, l'État assure-t-il - avec le concours des collectivités territoriales - la surveillance de la qualité de l'air au moyen d'un dispositif technique dont la mise en œuvre est confiée à des organismes agréés.
Il s'agit des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Ces associations sont régies par la « Loi 1901 ».
La surveillance de la qualité de l'air (objectifs de qualité, seuils d'alerte et valeurs limites) est entrée en vigueur avec la mise en place du Décret n°98360 du 16 mai 1998.
Un autre décret datant lui aussi du 16 mai 1998 (n°98-361) porte sur l'agrément des organismes de la qualité de l'air.

Le rôle essentiel de ces organismes est l'information du public sur la qualité de l'air ambiant. Ces associations de surveillance de la qualité de l'air ont une compétence régionale, mais déployable à l'échelle locale.
Les AASQA mesurent également les incidences négatives de la pollution atmosphérique sur les écosystèmes, à la suite de l'arrêté du 16 avril 2021 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant.

Concernant la région Île-de-France, l'organisme en charge de cette mission est l'association Airparif.

9.1. ABAISSEMENT DES SEUILS OMS DE REFERENCE EN 2021

La pollution atmosphérique constitue l'une des principales menaces environnementales pour la santé. Améliorer la qualité de l'air, en réduisant notamment les émissions, permet d'atténuer les changements climatiques et préserve la santé des populations.
Au cours du mois de septembre 2021, les lignes directrices de l'organisation mondiale de la santé (OMS) ont été abaissées afin de réduire l'incidence de la pollution atmosphérique sur la santé[6].

Les lignes directrices mondiales sur la qualité de l'air ne sont pas juridiquement contraignantes. Elles accordent aux décideurs d'orienter la réglementation en vigueur au sein des États ainsi que les politiques publiques mises en œuvre. En France, les valeurs réglementaires pour la qualité de l'air sont une déclinaison des directives européennes. Elles devraient être revues prochainement. Ces valeurs réglementaires ne sont pas forcément calquées sur les seuils sanitaires définis par l'OMS. Ces préconisations rappellent l'importance d'une meilleure qualité de l'air pour la santé sans oublier que les changements climatiques et la pollution atmosphérique figurent parmi les principales menaces environnementales.

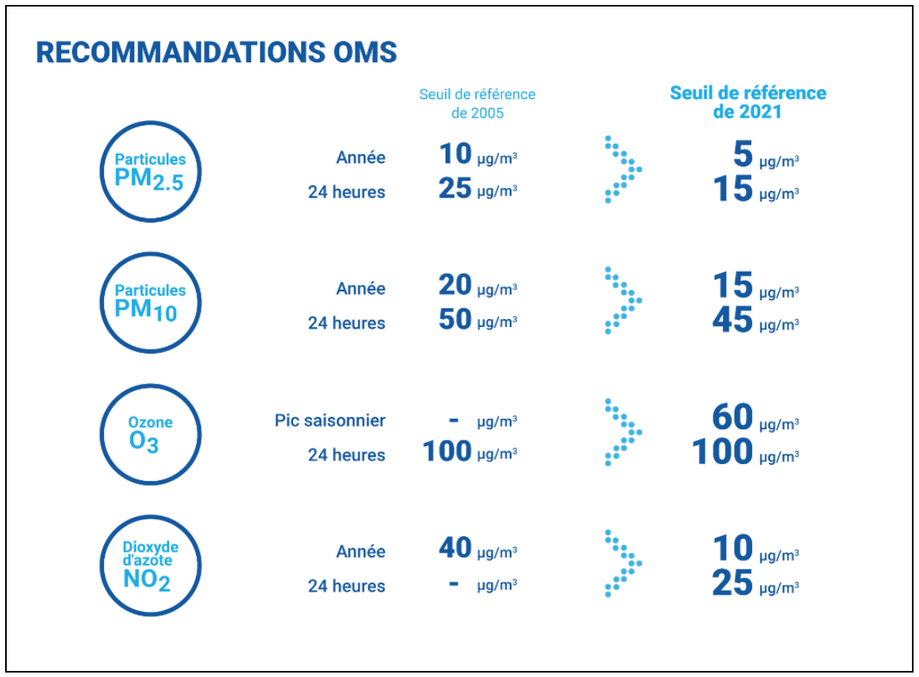


Figure 28 : Évolution des recommandations de l'OMS pour les PM10, PM2,5, le NO_2 et l'O_3 selon la référence OMS de 2005 et de 2021

[6] https://www.who.int/fr/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution

9.2. BILAN DE LA QUALITE DE L'AIR EN ÎLE-DE-FRANCE EN 2021

Depuis les années 1990, la qualité de l'air en Île-de-France va en s'améliorant.
L'année 2020 avait été très particulière, du fait de la crise sanitaire liée à la pandémie de Covid-19 et des mesures gouvernementales adoptées pour y faire face. Ces différentes mesures ont entrainé une réduction importante des émissions de polluants, notamment celles issues du trafic routier et aérien, et tout particulièrement pendant le confinement strict du printemps.

A l'exception de l'ozone, par rapport à l'année 2020, les niveaux de pollution enregistrés en 2021 ont augmenté sur l'ensemble des stations de mesure franciliennes, mais ils sont en baisse par rapport à 2019. Ce constat est essentiellement lié à une reprise des activités en 2021, sans être revenues à une activité normale, à la baisse tendancielle des émissions du secteur résidentiel et du trafic routier, et, à des conditions météorologiques dispersives avec des températures globalement clémentes en période hivernale qui ont limité les émissions du chauffage résidentiel.
Malgré cette amélioration entre 2019 et 2021, les concentrations en PM10 et NO_2 en Île-de-France restent problématiques, avec des dépassements récurrents des valeurs limites réglementaires et des recommandations de l'OMS. D'autant plus que ces recommandations ont été abaissées en 2021 compte-tenu de l'évolution des connaissances mettant en évidence des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique à des niveaux plus faibles. Les niveaux les plus élevés concernent le cœur de l'agglomération et les axes de circulation les plus fréquentés.

Le nombre d'épisodes de pollution est en baisse par rapport aux années précédentes sur la région Ile-de-France. Dix dépassements du seuil d'information pour les PM10 ont été enregistrés en période hivernale et une seule journée de dépassement du seuil d'information pour l'ozone lors de la période estivale, soit le nombre de jours d'épisodes le plus bas de ces dix dernières années.

Pour mémoire, concernant le NO_2 et les PM10, il existe un contentieux entre la France et la Commission Européenne pour non-respect des valeurs limites et insuffisance des actions mises en place.

- Dioxyde d'azote (NO_2)

La diminution des niveaux de dioxyde d'azote NO_2 dans l'agglomération parisienne observée ces dernières années (-30 % sur 10 ans en situation de fond) se poursuit en 2021. Ceci est cohérent avec la baisse des émissions franciliennes d'oxydes d'azote (trafic routier, industries, chauffage). À proximité du trafic routier, si sur les axes les plus chargés (Boulevard Périphérique, Autoroute A1, …), les niveaux moyens en NO_2 sont toujours largement supérieurs à la valeur limite annuelle (40 µg/m³), des axes routiers moins fréquentés passent sous ce seuil.
En 2021, environ 60 000 franciliens sont potentiellement exposés au dépassement de la valeur limite annuelle en NO_2. De plus, la quasi-totalité des Franciliens est exposée à un air qui ne respecte pas les nouvelles recommandations de l'OMS annuelle (10 µg/m³) et journalière (25 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an).

- Particules PM10

Malgré la baisse tendancielle conséquente de ces dernières années (-35 % sur 10 ans en situation de fond), les valeurs limites journalières et annuelles pour les PM10 sont toujours dépassées à proximité du trafic routier, sur certains axes de circulation majeurs.
En 2021, moins de 1 000 Franciliens, situés dans l'agglomération parisienne et résidant au voisinage de grands axes de circulation, sont potentiellement concernés par un dépassement de la valeur limite réglementaire journalière pour les PM10 (35 jours maximum supérieurs à 50 µg/m³).
En revanche, la moitié des franciliens est exposée à un dépassement des recommandations de l'OMS (3 jours maximum supérieurs à 45 µg/m³).

- Particules PM2,5

La valeur limite (25 µg/m³) et la valeur cible (20 µg/m³) sont respectées en 2021. En revanche, les niveaux moyens annuels sont largement supérieurs aux recommandations de l'OMS (5 µg/m³).
En 2021, la totalité des Franciliens est concernée par un dépassement des recommandations de l'OMS (5 µg/m³ pour la moyenne annuelle et 3 jours maximum supérieurs à 15 µg/m³ pour la moyenne journalière).

- Ozone (O_3)

L'objectif de qualité relatif à la protection de la santé (seuil de 120 µg/m³ sur une période de 8h, à ne pas dépasser dans l'année) est franchi dans toute l'Île-de-France en 2021. C'est également le cas du seuil recommandé de l'OMS (100 µg/m³ sur une période de 8h). L'intensité de ces dépassements est très fortement dépendante des conditions météorologiques estivales, notamment la température et l'ensoleillement. L'ozone apparaît comme le seul polluant pour lequel les tendances annuelles ne présentent pas d'amélioration.

- Benzène

Après une longue période de baisse amorcée à la fin des années 1990, les niveaux de benzène continuent de diminuer lentement sur l'ensemble de la région (tant en situation de fond qu'à proximité du trafic routier). La valeur limite annuelle (5 µg/m³) est respectée en tout point de l'Île-de-France depuis 2006.
Aucun Francilien n'est exposé à un dépassement de l'objectif de qualité en benzène (2 µg/m³). Toutefois, il peut exister un risque faible et ponctuel de dépassement.

- Arsenic

Depuis 2011, les concentrations en arsenic sont globalement en baisse. En 2021, le niveau moyen annuel d'arsenic relevé en site de fond urbain est légèrement supérieur à celui de 2019 qui constituait le plus faible de tout l'historique, mais reste inférieur à celui des années précédentes.
La station de Limay, implantée à proximité d'une installation émettrice de ce composé relève des niveaux plus élevés que ceux des dernières années mais toujours largement inférieurs à la valeur cible.

Pour la station de Bagneaux-sur-Loing, qui enregistrait des niveaux supérieurs à la valeur cible en 2019, les concentrations en arsenic ont diminué de plus de la moitié, repassant grandement sous la barre de la valeur cible.

- Nickel

Depuis 2011, les concentrations moyennes annuelles en fond baissent progressivement et sont comprises entre 1,53 et 0,90 ng/m³, soit des teneurs de 13 à plus de 20 fois inférieures à la valeur cible fixée à 20 ng/m³. En 2021, le site de Limay a enregistré des concentrations moyennes annuelles les plus fortes de l'historique (4,14 ng/m³) du fait de quelques semaines de très fortes émissions durant l'été. La concentration moyenne annuelle reste cependant près de 5 fois inférieure à la valeur cible.
Le site de Bagneaux-sur-Loing observe quant à lui une baisse progressive régulière.

- Benzo(a)pyrène

La valeur cible européenne fixée à 1 ng/m³ est largement respectée sur l'ensemble des stations de mesure d'Airparif.
Des différences de concentration peuvent être observées entre les sites de fond. Cela peut s'expliquer par certaines variations d'émissions locales (en particulier celles associées à la combustion du bois en chauffage individuel ou à des brûlages non contrôlés à l'air libre (feux de jardins, …) plus importantes en zone résidentielle de proche banlieue et en grande couronne francilienne que dans Paris et ses communes limitrophes.

- Monoxyde de carbone (CO)

Après une baisse constante enregistrée depuis le début des années 1990, les teneurs en monoxyde de carbone tendent à se stabiliser depuis 2014. Les niveaux de CO restent très inférieurs aux normes réglementaires.
Seule la station de mesure présentant les teneurs les plus élevées (Autoroute A1) est désormais conservée.
Des sources de monoxyde de carbone existent également à l'intérieur des locaux : les appareils de chauffage et de production d'eau chaude peuvent, lorsqu'ils sont défectueux ou mal utilisés, conduire à des niveaux très élevés à l'intérieur des logements et provoquer des intoxications sévères.

- Dioxyde de soufre (SO_2)

Comme c'est le cas depuis plusieurs années, les concentrations moyennes annuelles de SO_2 en 2021 sont inférieures à la limite de détection sur toutes les stations mesurant ce composé en Île-de-France. Ainsi, ces concentrations sont inférieures à l'objectif de qualité.
La surveillance en site fixe n'est plus obligatoire en Ile-de-France.
En 2021, seule la station de mesure Vitry-sur-Seine a été conservée.

- Retour sur l'impact sur la qualité de l'air en 2020 des confinements et des restrictions de déplacements en lien avec la lutte contre l'épidémie de Covid-19

Dans plusieurs communiqués de presse[7] , Airparif évalue que :

- **du 17 mars 2020 à fin avril 2020, la mise en place du confinement à induit une amélioration conséquente de la qualité de l'air liée à une baisse des émissions de NOx et PM10 de 70 %, soit :**
  - -20 % à -35 % de dioxyde s'azote dans l'air selon les semaines et jusqu'à -50 % le long du trafic (polluant local principalement émis par le transport routier)
  - L'impact est moindre pour les particules (PM10 et PM2,5) avec une diminution de 7 %. Cela s'explique par une influence forte de condition météorologiques défavorables et par des sources d'émissions plus nombreuses et pas uniquement locales.
- **Les premiers jours du second confinement s'accompagnent d'une diminution de 20 % des émissions d'oxydes d'azote et de particules fines PM10 liées au trafic routier, induisant seulement une faible baisse des concentrations relevées à proximité des axes routiers.**

[7] http://votreair.airparif.fr/_pdf/publications/communique_presse_evaluation-impact-confinement-sur-air_15052020.pdf
http://votreair.airparif.fr/_pdf/publications/communique_presse_impact%20reconfinement_10112020.pdf

9.3. ZONES SENSIBLES POUR LA QUALITE DE L'AIR

Le Schéma Régional Climat, Air et Énergie instauré par la Loi Grenelle II impose de cartographier des zones dites « sensibles » en termes de qualité de l'air. Ces zones se définissent par une forte densité de population (ou la présence de zones naturelles protégées) et par des dépassements des valeurs limites (VL) pour certains polluants (notamment PM10 et NO_2). Sur ces zones, les actions en faveur de la qualité de l'air sont qualifiées de prioritaires.

La zone sensible de l'Île-de-France correspond à la zone administrative de surveillance (ZAS) déclarée au niveau européen comprenant l'agglomération parisienne et l'agglomération de Meaux (cf. graphique ci-après).
Cette zone permet de représenter la totalité des habitants potentiellement impactés par un dépassement des valeurs limites en NO_2 et 99,9 % de la population potentiellement impactée par un risque de dépassement des valeurs limites en PM10.
Cette Zone Sensible pour la Qualité de l'Air (ZSQA) concerne plus de 10 millions d'habitants, soit presque 90 % de la population régionale et représente 24 % de la surface de l'Île de France et se distingue en tant que tissu urbain continu.

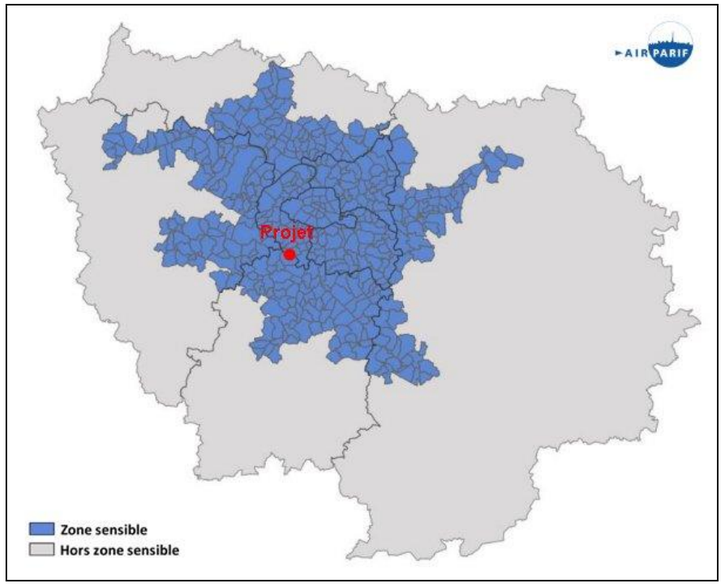


Figure 29 : Emplacement des zones sensibles pour la qualité de l'air en Île-de-France (Source : Bilan de la qualité de l'air 2021 Airparif)

La zone d'étude du projet est incluse dans la zone sensible pour la qualité de l'air en 2021 au sens du SRCAE.

9.4. ZONES COUVERTES PAR UN PPA

En Île-de-France, il n'existe qu'un seul PPA. Celui-ci concerne l'ensemble de la région.
Il s'agit du PPA Île-de-France.

La zone d'étude est couverte par un Plan de Protection de l'Atmosphère.

9.5. PROCEDURES D'INFORMATION ET D'ALERTE

9.5.1. FONCTIONNEMENT DE LA PROCEDURE – DISPOSITIF PREFECTORAL

En Île-de-France, une telle procédure d'alerte a été instituée dès 1994, avant même la publication de la loi dite 'LAURE'.
Par ailleurs, dans le cadre de l'amélioration des modalités de prévision et de gestion des pics de pollution atmosphérique, un arrêté interministériel du 26 mars 2014 propose un cadre national, permettant ainsi d'harmoniser les pratiques préfectorales en cas d'épisodes de pollution.
Cet arrêté, entré en vigueur le 1er juillet 2014, comprend de nouvelles dispositions, qu'il convenait d'intégrer à la procédure d'information-recommandation et d'alerte du public en cas de pointes de pollution atmosphérique dans la région Île-de-France, en modifiant l'arrêté interpréfectoral correspondant.

L'arrêté-cadre national prévoit les évolutions suivantes :

- **une harmonisation nationale des procédures préfectorales, en décrivant un déroulé que l'autorité préfectorale doit suivre, ainsi qu'une harmonisation nationale des critères de déclenchement ;**
- **la possibilité de déclencher des procédures préfectorales sur prévision, afin d'anticiper l'épisode de pollution ;**
- **la gestion des événements de grande ampleur en confiant au préfet de zone (avec le concours des préfets de département) l'organisation par arrêté du dispositif opérationnel, et l'établissement d'un document-cadre zonal ;**
- **la persistance d'un épisode de pollution aux particules PM10. Cela aura pour conséquence le passage automatique d'une procédure d'information-recommandation (aucune mesure prescriptive et sanctionnable) à une procédure d'alerte (mise en œuvre de mesures prescriptives et sanctionnables) dès lors que le seuil d'information-recommandation est dépassé durant 2 jours consécutifs et qu'il est prévu un dépassement le jour-même et le lendemain ;**
- **une liste d'actions d'informations et de recommandations et de mesures réglementaires de réductions des émissions.**

Ces évolutions ont été intégrées dans l'arrêté interpréfectoral du 7 juillet 2014 en Île-de-France.

Le dispositif national a de nouveau été révisé en 2016 et a fait l'objet de deux arrêtés :

- **l'arrêté interministériel du 07 avril 2016 ;**
- **l'arrêté interministériel modificatif du 26 août 2016.**

Les modifications apportées sont listées ci-après :

- **diminution de deux jours de la persistance ;**
- **extension de la persistance à l'ozone ;**
- **possibilité d'exclure le dioxyde de soufre des procédures ;**
- **nécessité de concertation préalable pour définir les mesures qui touchent les secteurs industriels et agricoles (prise en compte des impacts économiques, sociaux et d'organisation du travail) ;**
- **nécessité de consulter un comité d'experts en cas d'alerte ;**
- **présentation d'un bilan annuel en CODERST.**

Le nouvel arrêté interministériel a fait l'objet d'une déclinaison régionale en Île-de-France. Il s'agit de l'arrêté interpréfectoral n°2016-01383 relatif à la procédure d'information-recommandations et d'alerte du public en cas d'épisode de pollution en région d'Île-de-France du 19 décembre 2016 qui est paru au registre des actes administratifs (RAA) d'Île-de-France le 02 janvier 2017.

Les polluants visés sont les suivants :

- **Le dioxyde d'azote [NO_2] ;**
- **L'ozone [O_3] ;**
- **Les particules PM10.**

La procédure comporte deux niveaux de gravité croissante, c'est-à-dire :

Procédure d'information-recommandations
Elle est déclenchée, par le préfet et pour un polluant donné, sur la base du constat ou de la prévision par l'association Airparif du dépassement du seuil d'information et de recommandations correspondant à ce polluant.

Procédure d'alerte
Elle est déclenchée, par le préfet -pour un polluant donné- sur la base du constat ou de la prévision par l'association Airparif du dépassement du seuil d'alerte correspondant à ce polluant, ou en cas de « persistance » de l'épisode de pollution pour les PM10 ou l'ozone. On parle de « persistance » d'un épisode de pollution pour un polluant donné dès lors qu'il y a prévision d'un dépassement du seuil d'information-recommandation le jour même et qu'un dépassement de ce même seuil est prévu le lendemain. La procédure d'alerte est maintenue tant que les prévisions météorologiques ou les prévisions en matière de concentration de polluants montrent qu'il est probable que le seuil d'information et de recommandation soit dépassé le lendemain ou le surlendemain.

Note : Les critères de déclenchement diffèrent au regard des polluants examinés (cf. tableau suivant).

Procédure d'information-recommandations	Par dépassement du seuil réglementaire propre à chaque polluant et lorsque : soit une surface d'au moins 100 km² au total dans la région est concernée par un dépassement des seuils de dioxyde d'azote, d'ozone et/ou de particules PM10 estimé par modélisation en situation de fond ; soit au moins 10 % de la population d'un département de la région sont concernés par un dépassement de seuils de dioxyde d'azote, d'ozone et/ou de particules PM10 estimé par modélisation en situation de fond.
Procédure d'alerte	Par dépassement du seuil réglementaire propre à chaque polluant Ou par persistance du fait d'une prévision du dépassement du seuil d'information-recommandations pendant 2 jours (PM10, O_3). Les mêmes critères de surface ou de population décrits ci-dessus restent applicables.

Avertissement : les seuils d'information et de recommandations et les seuils d'alerte font référence aux niveaux de concentration dans l'air des polluants visés.
Ces seuils sont résumés dans le tableau ci-après.

Tableau 7 : Seuils de déclenchement des niveaux d'information et d'alerte

Seuils de déclenchement			Ozone Moyenne horaire	PM10 Moyenne journalière	NO_2 Moyenne horaire
Seuils d'information et de recommandations			180 µg/m³	50 µg/m³ en moyenne calculé sur la période entre 0 et 24 heures	200 µg/m³
Seuils d'alerte	*Pour la mise en œuvre progressive des mesures d'urgence*	*Niveau 1*	240 µg/m³ en moyenne horaire	80 µg/m³ en moyenne calculé sur la période entre 0 et 24 heures	400 µg/m³ ou 200 µg/m³ *(1)*
		Niveau 2	300 µg/m³ en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives		
		Niveau 3	360 µg/m³ en moyenne horaire		
(1)	À condition que la procédure d'information et de recommandation pour ce polluant ait été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions fassent craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain				

9.5.2. HISTORIQUE DES DEPASSEMENTS

Le graphe suivant illustre le nombre de jours de déclenchement des procédures d'information-recommandation et d'alerte pour les Hauts-de-Seine depuis 2018.

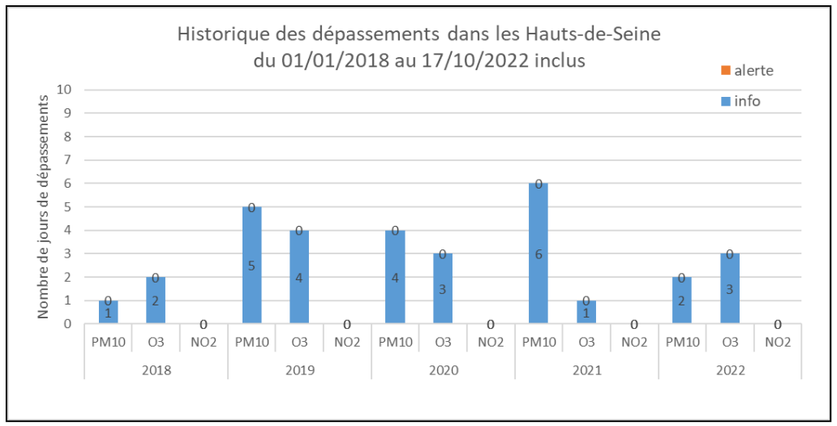


Figure 30 : Nombre de jours de déclenchement de procédures d'information et d'alerte dans les Hauts-de-Seine du 01/01/2018 au 17/10/2022 (Source : LCSQA)

Il est à retenir que les déclenchements concernent les **PM10** (période hivernale) et l'**ozone** (période estivale). Aucun dépassement des seuils en NO_2 n'est enregistré sur la période pour le département des Hauts-de-Seine.

Il n'y a pas eu de déclenchements du seuil d'alertes depuis 2018.
Les particules et le dioxyde d'azote apparaissent comme les polluants les plus problématiques pour le département en termes de dépassements des seuils réglementaires.

En 2021, 6 jours de déclenchement de la procédure d'information-recommandations se sont produits et concernaient tous les PM10. Tandis qu'une journée de dépassement du seuil d'information-recommandation concernait l'ozone.

Pour le département des Hauts-de-Seine, il n'y a pas eu de déclenchements du seuil d'alertes depuis 2018.

En 2021, 6 jours de déclenchement de la procédure d'information-recommandations se sont produits et concernaient tous les PM10. Tandis qu'une journée de dépassement du seuil d'information-recommandation concernait l'ozone.

9.6. DONNEES AIRPARIF

9.6.1. MESURES REALISEES PAR AIRPARIF

L'association Airparif ne dispose pas de station de mesure à proximité immédiate du projet. La localisation et les caractéristiques des stations les plus proches sont fournies en figure et tableau suivants.

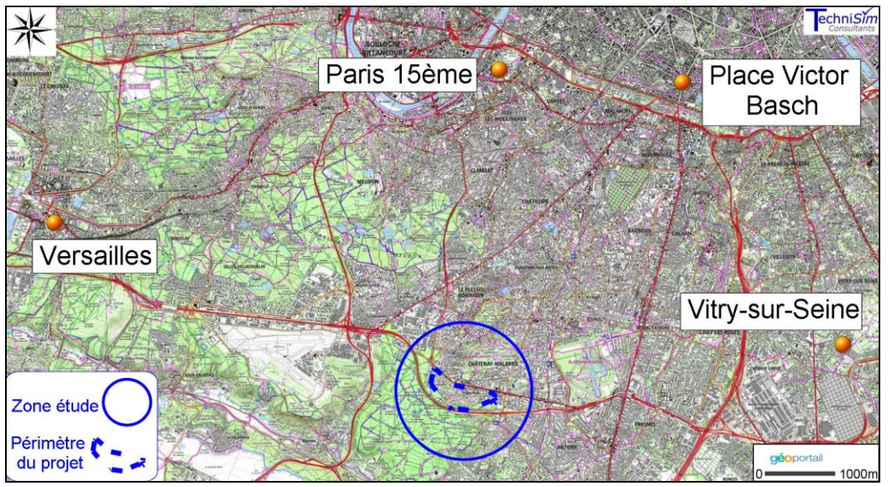


Figure 31 : Localisation des stations de mesure Airparif par rapport au projet

Tableau 8 : Caractéristiques des stations de mesure Airparif

STATIONS	Type station	Localisation	Distance projet	Polluants mesurés
VERSAILLES	Fond périurbain	8 rue de Limoges 78000 Versailles	9,8 km (nord-ouest)	NOx, NO, NO_2 O_3
PARIS 15EME	Fond urbain	1 boulevard des frères Voisin 75015 Paris 15eme	7,1 km (nord)	NOx, NO, NO_2 PM10
PLACE VICTOR BASCH	Trafic urbain	Avenue du Général Leclerc 75014 Paris 14eme	8,9 km (nord-est)	NOx, NO, NO_2 PM10 BTEX
VITRY-SUR-SEINE	Fond urbain	103 rue Paul Armangot 94400 Vitry-sur-Seine	9,0 km (est)	NOx, NO, NO_2 PM10, PM2,5 O_3 BTEX SO_2

Avertissement :

- **Les stations 'de fond' ne sont pas directement influencées par une source locale identifiée. Elles permettent une mesure d'ambiance générale de la pollution dite 'de fond' (pollution à laquelle la population est soumise en permanence), représentative d'un large secteur géographique autour d'elles.**

- **Les stations 'Trafic' mesurent la pollution dans des lieux proches des voies de circulation (voies rapides, carrefours, routes nationales, ...). Les niveaux mesurés à ces endroits correspondent au risque d'exposition maximum pour le piéton, le cycliste ou l'automobiliste. La représentativité des mesures est locale et est variable selon la configuration topographique et la nature du trafic.**

Ces stations ne permettent pas de renseigner sur la qualité de l'air de la zone d'étude. Nonobstant, elles informent des tendances prévalant dans le contexte francilien.

Note : Les résultats des mesures de l'Aasqa figurent dans les tableaux fournis en annexe 5.

D'après les mesures d'Airparif, il est observé que depuis 2017 :

-Les concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote (NO_2) sont inférieures chaque année au seuil réglementaire de 40 µg/m³, sauf pour la station trafic « Place Victor Basch ». La ligne directrice de l'OMS de 10 µg/m³ en moyenne annuelle est dépassée chaque année pour toutes les stations. Le seuil d'information-recommandations (200 µg/m³ en moyenne horaire) est dépassé pour la station trafic « Place Victor Basch » (sauf en 2021), et la recommandation journalière de l'OMS de 25 µg/m³ est dépassée pour toutes les stations.

-Les concentrations moyennes annuelles en oxyde d'azote (NOx) sont strictement supérieures au niveau critique annuel (30 µg/m³) pour la station trafic « Place Victor Basch » (en 2020 et 2021) et légèrement supérieur à la station « Vitry-sur-Seine » en 2021.

-Les concentrations moyennes annuelles en particules PM10 sont inférieures au seuil réglementaire (40 µg/m³) chaque année pour toutes les stations. Cependant, la ligne directrice de l'OMS (15 µg/m³) est dépassée chaque année. Le nombre de jours où les concentrations moyennes journalières sont supérieures au seuil journalier (50 µg/m³ en moyenne journalière) est inférieur à la valeur limite de 35 dépassements annuels chaque année. En revanche, la recommandation journalière de l'OMS (3 dépassements par an de 45 µg/m³ en moyenne journalière) est dépassée chaque année pour toutes les stations (sauf en 2018 pour la station « Paris 15eme »).

-Pour les particules PM2,5, la valeur limite en moyenne annuelle (25 µg/m³) est respectée pour toutes les stations chaque année, mais la ligne directrice de l'OMS (5 µg/m³) est systématiquement dépassée. Le nombre de dépassements de la valeur de 15 µg/m³ en moyenne journalière (recommandation de l'OMS) est systématiquement supérieur à la préconisation de 3 dépassements maximum par an.

-Le seuil d'information-recommandations pour l'ozone (180 µg/m³ en moyenne horaire) est dépassé chaque année (sauf en 2021), pour la station « Vitry-sur-Seine ». Pour la station « Versailles », ce seuil est respecté chaque année. De plus, le seuil d'alerte (240 µg/m³ en moyenne horaire) est toujours respecté, pour les deux stations.

-Les concentrations en dioxyde de soufre sont inférieures à la limite de détection.

-Les concentrations en BTEX sont très faibles. La valeur limite et l'objectif de qualité pour le benzène sont largement respectés.

9.6.2. INDICE ATMO

L'indice français de la qualité de l'air est l'indice « ATMO ». L'arrêté du 10 juillet 2020 (NOR : TRER2017892A) modifiant l'indice a été publié le 29/07/2020 et abroge l'arrêté de 2004. Ce texte et le nouvel indice sont entrés en vigueur le 1er janvier 2021.

Le nouveau calcul de l'indice ATMO tient compte des PM2,5[8] qui pénètrent plus facilement à travers les barrières physiques de l'organisme humain et impactent la santé, et non plus uniquement celles inférieures à 10 microns (PM10) comme auparavant. De plus, il permet de fournir une prévision calculée à l'échelle de chaque établissement public de coopération intercommunale (EPCI) (et non plus uniquement sur les agglomérations de 100 000 habitants), 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.

Le nouvel indice ATMO qualifie l'état de l'air selon 6 classes : Bon / Moyen / Dégradé / Mauvais / Très mauvais / Extrêmement mauvais.
Le code couleur s'étend du bleu (bon) au magenta (extrêmement mauvais).
Chaque indice est composé de 5 sous-indices étant respectivement représentatif d'un polluant de l'air :

- **Particules fines inférieures à 10 µm (PM10) ;**
- **Particules fines inférieures à 2,5 µm (PM2,5) ;**
- **Ozone (O_3) ;**
- **Dioxyde d'azote (NO_2) ;**
- **Dioxyde de soufre (SO_2).**

La figure suivante représente les seuils et les couleurs du nouvel indice.

		Bon	Moyen	Dégradé	Mauvais	Très mauvais	Extrêmement mauvais
Moyenne journalière	PM2.5	0-10	10-20	20-25	25-50	50-75	>75
Moyenne journalière	PM10	0-20	20-40	40-50	50-100	100-150	>150
Max horaire journalier	NO2	0-40	40-90	90-120	120-230	230-340	>340
Max horaire journalier	O3	0-50	50-100	100-130	130-240	240-380	>380
Max horaire journalier	SO2	0-100	100-200	200-350	350-500	500-750	>750

Figure 32 : Seuils et couleurs du nouvel indice ATMO entré en vigueur le 1er janvier 2021

L'indice caractérisant la qualité globale de l'air de la journée considérée est égal au sous-indice le plus dégradé.

Cet indice agit comme un thermomètre, avec une nouvelle graduation : il procure une représentation différente de la qualité de l'air. La prise en compte des particules fines PM2,5 et les changements de seuils permettent de mieux décrire la qualité de l'air.
Nonobstant, le nouvel indice ATMO considère les polluants individuellement et ne tient pas compte des effets cocktails de plusieurs polluants. Il s'agit d'une représentation simplifiée de la qualité de l'air qui se fonde sur des prévisions journalières et comporte une marge d'incertitude (à l'image des bulletins météorologiques).
En corollaire, ce qui peut apparaître comme une augmentation du nombre de jours avec une qualité de l'air moyenne, dégradée, mauvaise ou très mauvaise, découle du changement de la méthode de calcul, de l'intégration des PM2,5, et de nouveaux seuils.
Cela ne résulte pas en l'occurrence d'une dégradation de la qualité de l'air qui tend à s'améliorer depuis vingt ans.

L'historique[9] du nouvel indice ATMO pour la commune de Châtenay-Malabry en 2022 (jusqu'au 17 octobre inclus) est fourni dans le tableau suivant.

Tableau 9 : Évolution et répartition des indices ATMO pour la commune de Châtenay-Malabry jusqu'au 17 octobre 2022 (source Airparif)

Indice ATMO 2022	Nombre de jours en 2022*	Pourcentage de la période*
Bon	2	0,7 %
Moyen	194	66,9 %
Dégradé	62	21,4 %
Mauvais	32	11,0 %
Très Mauvais	0	0,0 %
Extrêmement Mauvais	0	0,0 %

*jusqu'au 17 octobre 2022 inclus

Selon l'indice ATMO, la qualité de l'air en 2022 (au 17 octobre inclus) peut être qualifiée de « Bon » 0,7 % de la période, « Moyenne » 66,9 % de la période, « Dégradée » 21,4 % de la période et « Mauvaise » 11,0 % de la période.

[8] https://atmo-france.org/un-nouvel-indice-atmo-plus-clair-et-precis/

[9] https://www.airparif.asso.fr/surveiller-la-pollution/historique-des-indices

9.6.3. MODELISATIONS AIRPARIF AU NIVEAU DE LA ZONE D'ETUDE

Les planches qui vont suivre (page suivante) présentent les modélisations d'Airparif, de 2018 à 2021, des concentrations moyennes annuelles pour les particules (PM10 et PM2,5), le dioxyde d'azote et le benzène, ainsi que du nombre de jours où la concentration en ozone est supérieure à 120 µg/m³ sur 8 heures et du nombre de jours où la concentration journalière en PM10 dépasse 50 µg/m³ au niveau de la zone d'étude.

Le tableau suivant récapitule les résultats numériques des modélisations Airparif en 2021 (2020 pour le benzène) au cœur de l'emprise projet.

Tableau 10 : Résultats numériques des modélisations Airparif au sein du périmètre projet en 2021 (benzène données 2020) (source : Airparif)

Paramètres	Valeur réglementaire Objectif de qualité Recommandation OMS	Valeurs au sein de l'emprise projet en 2021
Dioxyde d'azote Moyenne annuelle	Valeur limite : 40 µg/m³ Objectif de qualité : 40 µg/m³ Recommandation OMS : 10 µg/m³	20 à 24 µg/m³
PM10 Moyenne annuelle	Valeur limite : 40 µg/m³ Objectif de qualité : 30 µg/m³ Recommandation OMS : 15 µg/m³	17 à 18 µg/m³
PM10 Nombre de jours dépassant 50 µg/m³ en moyenne journalière	Valeur limite : 35 dépassements max	1 jour
PM2,5 Moyenne annuelle	Valeur limite : 25 µg/m³ Objectif de qualité : 10 µg/m³ Recommandation OMS : 5 µg/m³	9 à 10 µg/m³
Benzène Moyenne annuelle (données 2020)	Valeur limite : 5 µg/m³ Objectif de qualité : 2 µg/m³	0 µg/m³
Ozone Nombre de jours supérieurs à 120 µg/m³ pour 8 heures	Valeur cible : 25 dépassements max en moyenne sur 3 ans Objectif de qualité : 0 jour	5 jours

Selon les modélisations 2020/2021 d'Airparif, à l'échelle de l'emprise projet, il apparait que les seuils réglementaires annuels (NO_2, PM10, PM2,5 et benzène) sont respectés ainsi que le nombre maximum de dépassements autorisés du seuil journalier en PM10.

Les objectifs de qualité annuels sont respectés sur l'ensemble de l'emprise projet (NO_2, PM10, PM2,5, benzène).

Les recommandations de l'OMS pour le NO_2 (10 µg/m³), les PM10 (15 µg/m³) et les PM2,5 (5 µg/m³) en moyenne annuelle sont toutes dépassées sur l'emprise projet.

L'objectif de qualité en ozone correspondant au seuil de protection de la santé est dépassé. La formation de ce polluant est fortement dépendante des conditions météorologiques. L'ensoleillement et les épisodes de fortes chaleurs, de plus en plus fréquents et intenses sur le territoire, favorisent sa production.

En tout état de cause, la qualité de l'air sur le *périmètre projet* peut être qualifiée de plutôt moyenne, compte tenu des recommandations OMS non respectées.

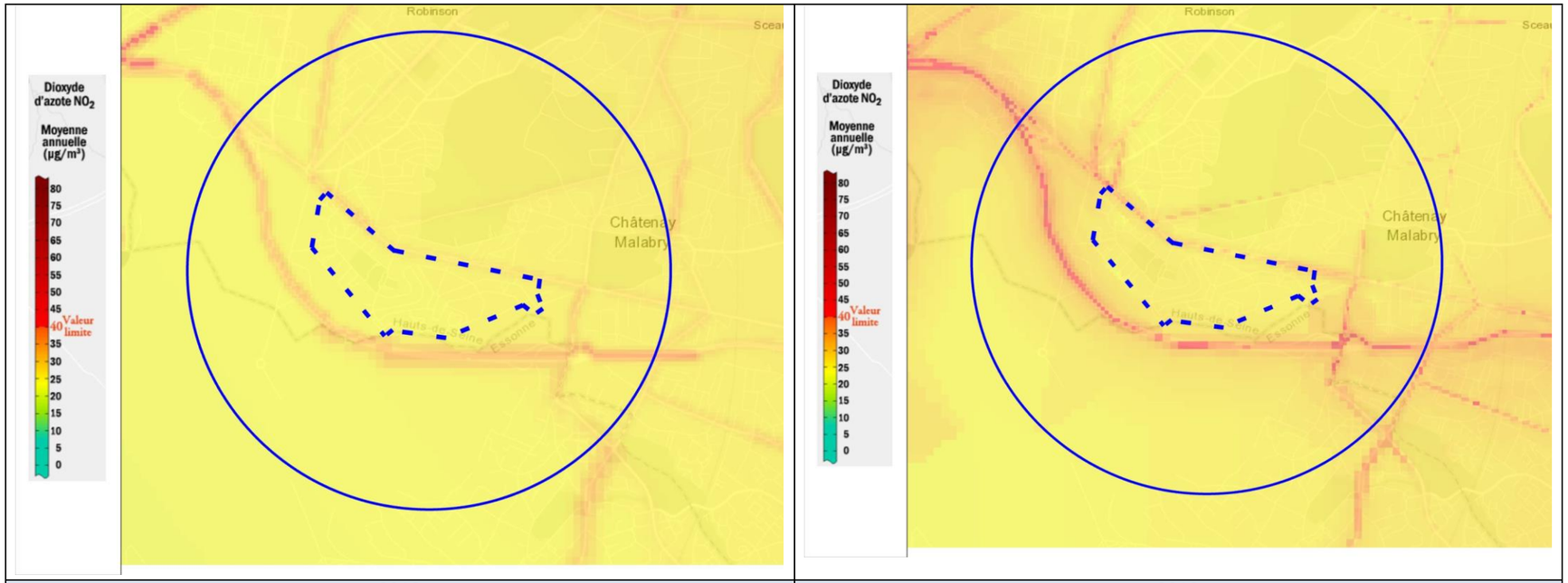


Figure 33 : Modélisations réalisées par Airparif – Concentrations moyennes annuelles en NO_2, de 2018 à 2021

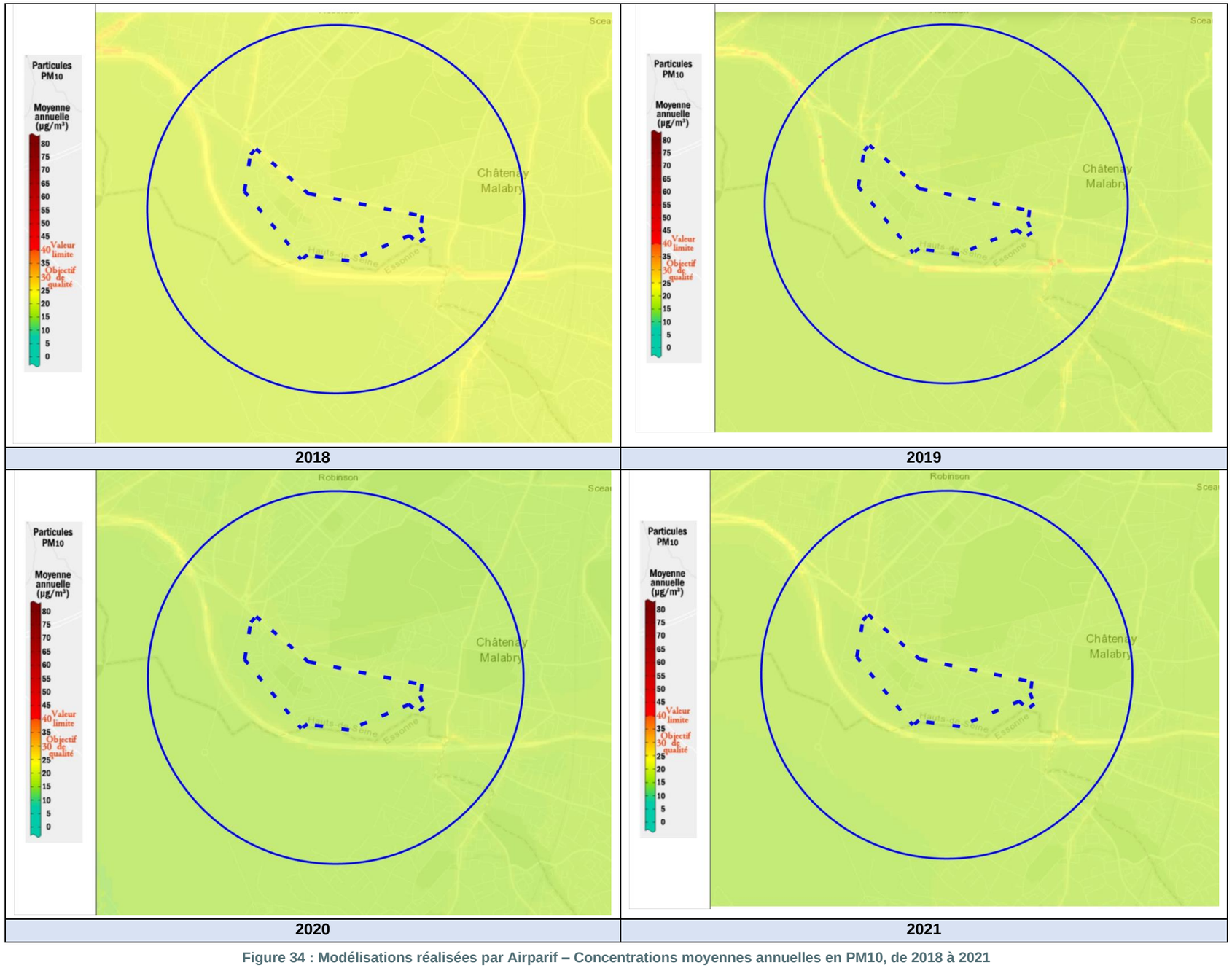


Figure 34 : Modélisations réalisées par Airparif – Concentrations moyennes annuelles en PM10, de 2018 à 2021

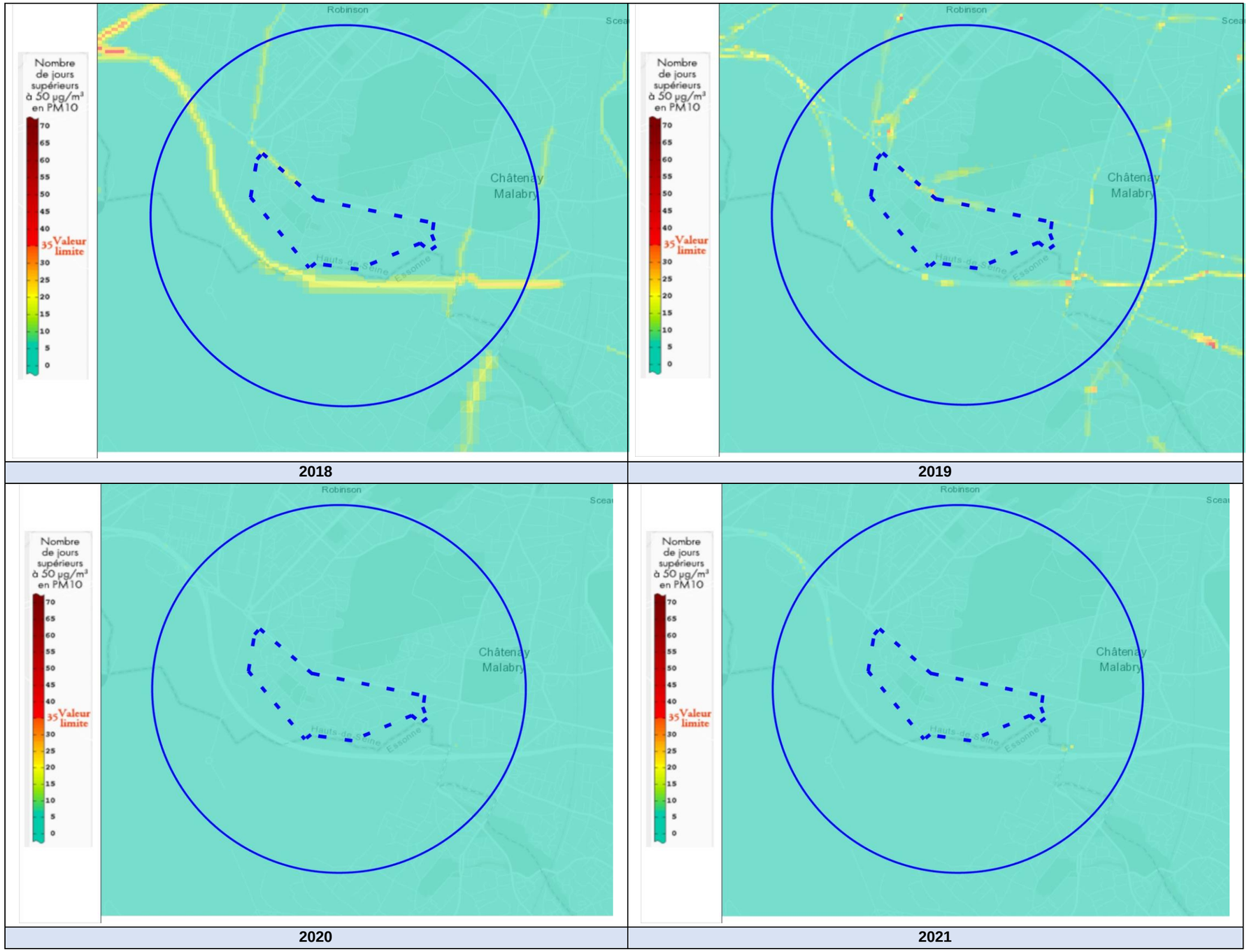


Figure 35 : Modélisations réalisées par Airparif – Nombre de jours où la concentration en PM10 est supérieure à 50 µg/m³, de 2018 à 2021

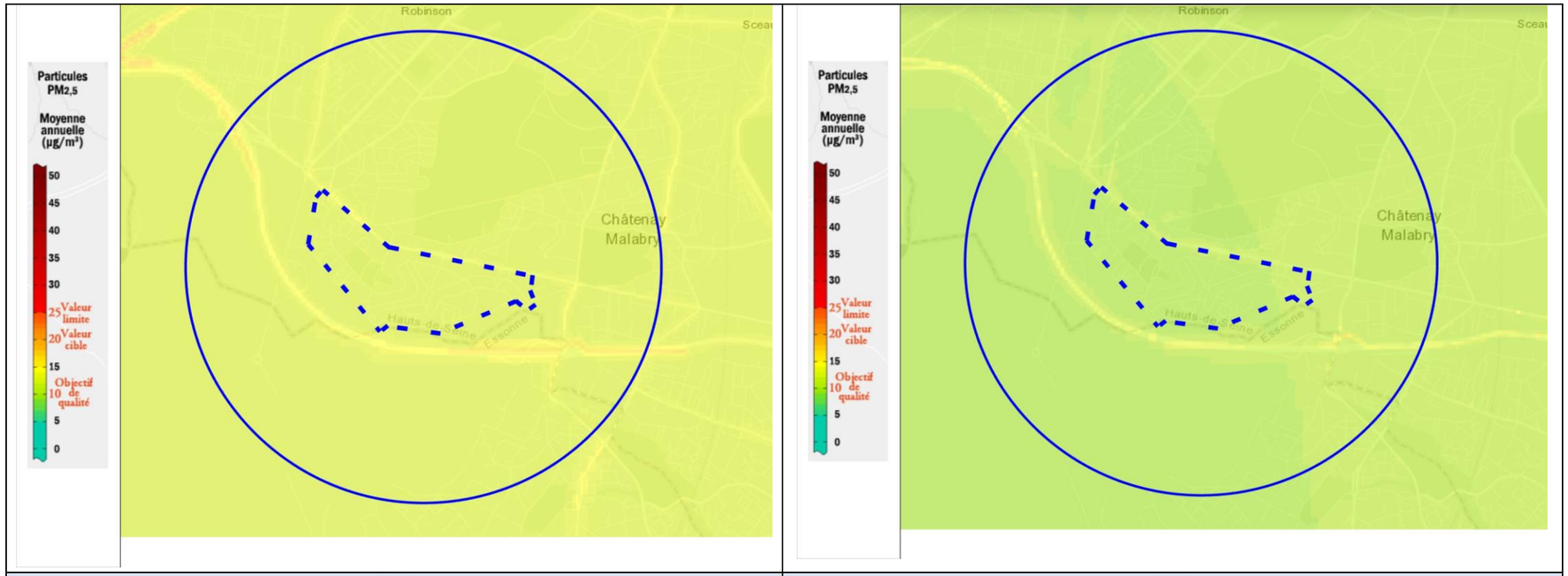


Figure 36 : Modélisations réalisées par Airparif – Concentrations moyennes annuelles en PM2,5, de 2018 à 2021

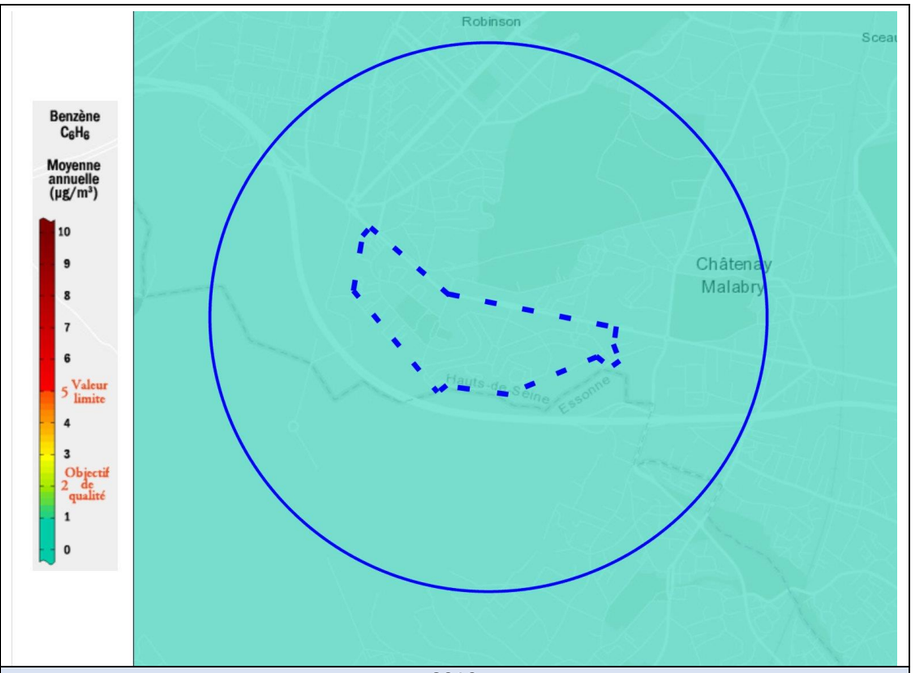
2018	2019
	
2020	2021
	Non disponible

Figure 37 : Modélisations réalisées par Airparif – Concentrations moyennes annuelles pour le benzène, de 2018 à 2021

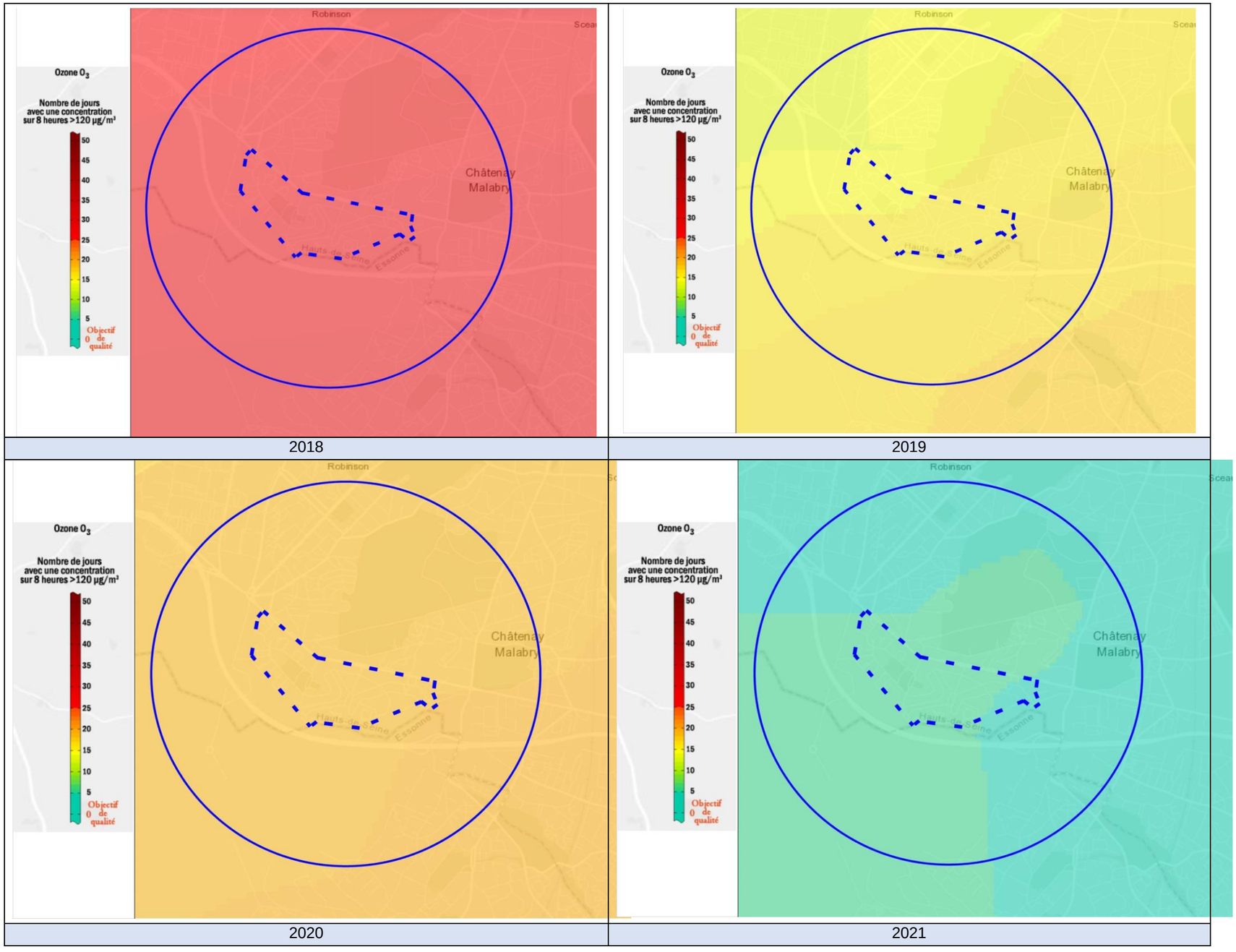


Figure 38 : Modélisations réalisées par Airparif – Nombre de jours où la concentration en ozone est supérieure au seuil de protection de la santé : 120 µg/m³ sur 8 heures, de 2018 à 2021

9.7. EXPOSITION DE LA POPULATION

9.7.1. EXPOSITION AUX DIFFERENTES NUISANCES ENVIRONNEMENTALES

L'application Cartoviz[10] de l'institut Paris Région permet d'observer les cumuls de nuisances environnementales en 2012 à l'échelle de mailles de 500 m x 500 m de côté.

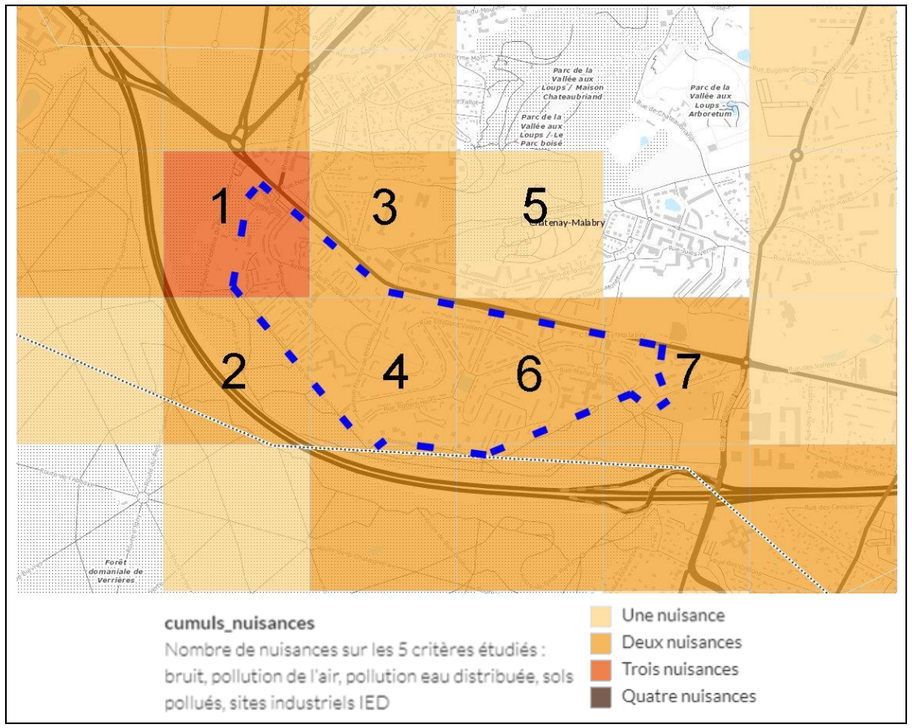


Figure 39 : Cumul des nuisances environnementales en 2012 (Source : Institut Paris Région)

Tableau 11 : Exposition des mailles d'appartenance du projet aux diverses nuisances environnementales en 2012

	Surface de la maille exposée à la / au :				
	Pollution de l'air	Bruit	Pollution des sols	Pollution de l'eau	Pollution industrielle
Maille 1	16,0 %	6,3 %	1,6 %	0,0 %	0,0 %
Maille 2	12,0 %	31,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Maille 3	7,0 %	4,8 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Maille 4	3,0 %	1,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Maille 5	0,0 %	0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Maille 6	12,0 %	5,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Maille 7	8,0 %	6,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %

D'après cet examen, l'emprise projet appartient à 7 mailles exposées, pour partie de leurs surfaces, à la pollution des sols, au bruit et/ou à la pollution de l'air.

L'institut Paris Région a publié la situation 2021[11] du cumul des nuisances environnementales sous format non interactif en y intégrant un indicateur supplémentaire à savoir le cadre de vie (figure suivante).

[10] https://cartoviz.institutparisregion.fr/

[11] https://www.institutparisregion.fr/nos-travaux/publications/les-cumuls-de-nuisances-environnementales-en-ile-de-france/

La taille du symbole est proportionnelle à la surface cumulée des nuisances

Figure 40 : Cumul des nuisances environnementales en 2021 (Source : Institut Paris Région)

Il est possible de constater qu'en 2021, les mailles d'appartenance au projet de rénovation à la Cité Jardin de Châtenay-Malabry sont exposées pour partie de leurs surfaces à 4 nuisances environnementales (qualité de l'air, bruit des transports, pollution des sols d'origine industrielle et présentent un cadre de vie dégradé).

9.7.2. EXPOSITION DE LA POPULATION A LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

L'exposition chronique correspond à la qualité de l'air à laquelle les populations sont exposées tout au long de l'année.

Les données figurant dans les paragraphes suivants concernent la commune de Châtenay-Malabry, le département des Hauts-de-Seine et la région Île-de-France (année 2020).

- Exposition aux PM10

Le tableau suivant reporte les indicateurs d'exposition aux PM10 à diverses échelles.

Tableau 12 : Indicateurs d'exposition aux particules PM10 – 2020 (source : Airparif)

PM10 – Dépassement 35 jours supérieurs à 50 µg/m³	Nombre d'habitants affectés	Superficie cumulée (km²)	Longueur de voirie concernée (km)
Châtenay-Malabry	0	0	0
Hauts-de-Seine	0	Non significatif*	1
Ile-de-France	Non significatif*	Non significatif*	19
PM10 – Dépassement valeur limite annuelle 40 µg/m³	**Nombre d'habitants affectés**	**Superficie cumulée (km²)**	**Longueur de voirie concernée (km)**
Châtenay-Malabry	0	0	0
Hauts-de-Seine	0	0	0
Ile-de-France	Non significatif*	Non significatif*	3
PM10 - Dépassement 3 jours supérieurs à 50 µg/m³ Ancienne recommandation OMS	**Nombre d'habitants affectés**	**Superficie cumulée (km²)**	**Longueur de voirie concernée (km)**
Châtenay-Malabry	2 000	1	9
Hauts-de-Seine	1 400 000	150	626
Ile-de-France	6 000 000	734	3 390
PM10 - Dépassement ancienne recommandation OMS annuelle 20 µg/m³	**Nombre d'habitants affectés**	**Superficie cumulée (km²)**	**Longueur de voirie concernée (km)**
Châtenay-Malabry	0	Non significatif*	1
Hauts-de-Seine	100 000	9	174
Ile-de-France	1 100 000	89	1 330

* Les indicateurs de dépassement sont très faibles. Compte-tenu des incertitudes de la méthode d'estimation employée, les chiffres ne sont pas significatifs.

À Châtenay-Malabry, en 2020, aucun habitant n'est exposé à des concentrations en PM10 supérieures aux normes réglementaires.
Aucune personne n'est exposée à des dépassements de la nouvelle recommandation annuelle de l'OMS pour les PM10 (15 µg/m³). En revanche, 2 000 habitants étaient exposés au dépassement de la nouvelle recommandation journalière de l'OMS pour les PM10 (3 jours pouvant dépasser 45 µg/m³).

- Exposition aux PM2,5

Le tableau suivant reporte les indicateurs d'exposition aux PM2,5, à diverses échelles.

Tableau 13 : Indicateurs d'exposition aux particules PM2,5 – 2020 (source : Airparif)

PM2,5 - Dépassement valeur limite annuelle 25 µg/m³	Nombre d'habitants affectés	Superficie cumulée (km²)	Longueur de voirie concernée (km)
Châtenay-Malabry	0	0	0
Hauts-de-Seine	0	0	0
Ile-de-France	0	0	0
PM2,5 - Dépassement ancienne recommandation OMS annuelle 10 µg/m³	Nombre d'habitants affectés	Superficie cumulée (km²)	Longueur de voirie concernée (km)
Châtenay-Malabry	n.d.**	n.d.**	n.d.**
Hauts-de-Seine	200 000	16	196
Ile-de-France	2 500 000	201	1 880

* Les indicateurs de dépassement sont très faibles. Compte-tenu des incertitudes de la méthode d'estimation employée, les chiffres ne sont pas significatifs.
** non disponible

L'évaluation des concentrations annuelles en PM2,5 ne met pas en évidence de personnes exposées à des concentrations supérieures au seuil réglementaire annuel, à Châtenay-Malabry en 2020.

- Exposition au NO_2

Le tableau suivant présente les indicateurs d'exposition au NO_2 à diverses échelles.

Tableau 14 : Indicateurs d'exposition au dioxyde d'azote – 2020 (source : Airparif)

NO_2 - Dépassement valeur limite de 40 µg/m³ (= ancienne recommandation OMS)	Nombre d'habitants affectés	Superficie cumulée (km²)	Longueur de voirie concernée (km)
Châtenay-Malabry	0	Non significatif*	1
Hauts-de-Seine	< 1%	< 1%	43
Ile-de-France	< 1%	17	494

* Les indicateurs de dépassement sont très faibles. Compte-tenu des incertitudes de la méthode d'estimation employée, les chiffres ne sont pas significatifs.

En 2020, à Châtenay-Malabry, aucun habitant n'est exposé à des concentrations supérieures au seuil réglementaire annuel (ancienne recommandation de l'OMS) en NO_2.

- Exposition au benzène

Le tableau immédiatement suivant précise les indicateurs d'exposition au benzène à diverses échelles.

Tableau 15 : Indicateurs d'exposition au benzène – 2020 (source : Airparif)

Benzène - Dépassement valeur limite annuelle 5 µg/m³	Nombre d'habitants affectés	Superficie cumulée (km²)	Longueur de voirie concernée (km)
Châtenay-Malabry	0	0	0
Hauts-de-Seine	0	0	0
Ile-de-France	0	0	0
Benzène – Dépassement objectif de qualité annuel 2 µg/m³	Nombre d'habitants affectés	Superficie cumulée (km²)	Longueur de voirie concernée (km)
Châtenay-Malabry	0	0	0
Hauts-de-Seine	0	0	0
Ile-de-France	0	0	0

L'évaluation des concentrations annuelles en benzène n'identifie pas de personnes exposées à des concentrations supérieures au seuil réglementaire annuel et à la recommandation de l'OMS au niveau de la commune de Châtenay-Malabry en 2020.

- Impact de l'abaissement des seuils OMS sur l'exposition de la population en Île-de-France

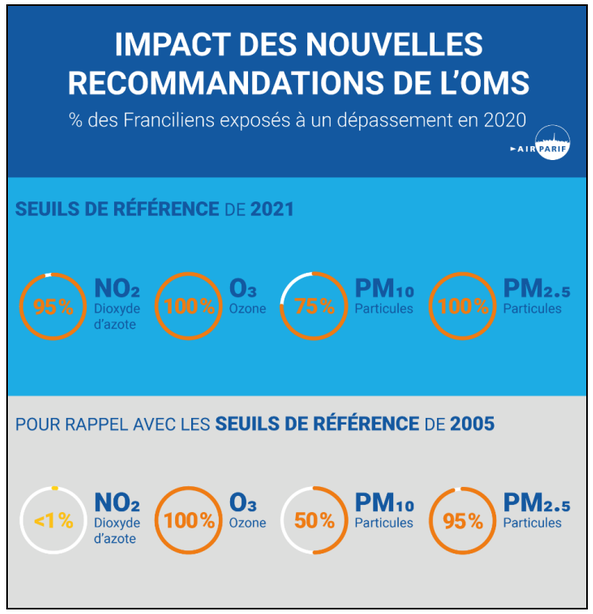


Figure 41 : Évolution des recommandations de l'OMS pour les PM10, PM2,5, le NO_2 et l'O_3 - comparaison de la proportion de franciliens exposés aux dépassements des seuils OMS en 2020 selon la référence OMS de 2005 et de 2021

En 2020, l'ensemble des Franciliens est exposé à des niveaux de pollution en ozone et en particules fines PM2,5 qui dépassent les nouveaux seuils OMS. C'est également le cas de 9 habitants d'Île-de-France sur 10 pour le dioxyde d'azote et de 3 sur 4 pour les particules PM10. Ce constat met l'emphase sur l'urgence d'améliorer la qualité de l'air, malgré les progrès accomplis depuis plus de 20 ans.

À l'échelle de la région Île-de-France[12], en 2021, Airparif évalue que :

- **Le nombre de personnes exposées aux PM10 au-delà de la valeur limite réglementaire annuelle (40 µg/m³) est très faible. De plus, moins de 10 000 franciliens sont exposés à un dépassement de l'objectif de qualité (30 µgPM10/m³ en moyenne annuelle) et moins de 1 000 personnes subissent des concentrations moyennes journalières supérieures à 50 µg/m³ plus de 35 jours par an. Cependant, plus de 9 millions de Franciliens (environ 80 % de la population) sont exposés à des teneurs en PM10 supérieures à la recommandation annuelle de l'OMS (15 µg/m³) et les deux tiers de la population à un dépassement de la recommandation journalière de l'OMS (45 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an).**

- **60 000 Franciliens étaient exposés au NO_2 au-delà de la valeur limite réglementaire annuelle (40 µg/m³). Aucun Francilien n'était exposé à un dépassement du seuil horaire (200 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 fois dans l'année). En revanche, la quasi-totalité des Franciliens (95 % de la population) était exposée à un air qui ne respecte pas les recommandations de l'OMS annuelle (10 µg/m³) et journalière (25 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an).**

- **Aucun francilien n'est exposé à des teneur en PM2,5 en moyenne annuelle supérieures à la valeur seuil réglementaire (25 µg/m³) ni à la valeur cible (20 µg/m³). En revanche, 6 millions de Franciliens (soit environ 50 % de la population) sont concernés par un dépassement de l'objectif de qualité annuel (10 µg/m³). La totalité des Franciliens est exposée à des teneurs en PM2,5 dépassants les recommandations de l'OMS annuelle 5 µg/m³) et journalière (15 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an).**

- **La totalité des franciliens est exposée à des teneurs en ozone dépassant la recommandation de l'OMS (100 µg/m³ sur 8h).**

- **Aucun habitant n'est exposé à des teneurs en benzène dépassant le seuil réglementaire annuel (5 µg/m³) ou l'objectif de qualité (2 µg/m³).**

L'emprise projet appartient à 7 mailles concernées en 2021, pour partie de leurs surfaces par 4 nuisances environnementales (qualité de l'air, bruit des transports, pollution des sols d'origine industrielle et présentent un cadre de vie dégradé).

En 2020, à Châtenay-Malabry, les estimations d'Airparif indiquent qu'aucun habitant n'était exposé ni à des teneurs dépassant les seuils réglementaires en PM10, PM2,5, dioxyde d'azote et benzène, ni à des teneurs dépassant les anciennes recommandations annuelles de l'OMS (référence 2005) en NO_2, PM10 et PM2,5.

En revanche, 2 000 habitants étaient exposés à des concentrations en PM10 dépassant l'ancienne recommandation journalière de l'OMS (référence OMS 2005).

En considérant les nouvelles recommandations de l'OMS (seuils de référence OMS 2021) sans distinction des recommandations journalières et annuelles, l'ensemble des Franciliens était exposé en 2021 à un dépassement des seuils pour l'ozone et les PM2,5. 95 % étaient exposés à un dépassement pour le NO_2 et 80 % étaient concernés par un dépassement pour les PM10.

[12] Bilan de la qualité de l'air – Année 2021 ; Airparif, avril 2022

9.8. SYNTHESE

Région Île-de-France :

Depuis les années 1990, la qualité de l'air en Île-de-France va en s'améliorant.

L'année 2020 est apparue comme une année très singulière, du fait de la pandémie de Covid-19 et des mesures gouvernementales adoptées pour faire face à cette crise sanitaire. Ces mesures ont entrainé une réduction importante des émissions de polluants, notamment celles issues du trafic routier et aérien, et tout particulièrement pendant le confinement strict du printemps.

En 2021, comparativement à 2019, la baisse des niveaux de pollution chronique se poursuit, à l'exception de l'ozone qui continue d'augmenter.

En considérant les nouvelles recommandations de l'OMS (seuils de référence OMS 2021) sans distinction des recommandations journalières et annuelles, l'ensemble des Franciliens était exposé en 2021 à un dépassement des seuils pour l'ozone et les PM2,5. 95 % étaient exposés à un dépassement pour le NO_2 et 80 % étaient concernés par un dépassement pour les PM10.

Département des Hauts-de-Seine :

En 2021, 6 jours de déclenchement de la procédure d'information-recommandations se sont produits et concernaient tous les PM10. Tandis qu'une journée de dépassement du seuil d'information-recommandation concernait l'ozone.

Il n'y a pas eu de déclenchements du seuil d'alertes depuis 2018.

En fonction des années et des conditions météorologiques, les concentrations fluctuent.

Il demeure que des déclenchements de procédures pour les PM10 et l'ozone se produisent encore au niveau départemental.

Il est intéressant de retenir que les déclenchements concernent uniquement les PM10 (période hivernale) et l'ozone (période estivale).

Commune de Châtenay-Malabry :

-Selon l'indice ATMO, la qualité de l'air en 2022 (au 17 octobre inclus) peut être qualifiée de « Bon » 0,7 % de la période, « Moyenne » 66,9 % de la période, « Dégradée » 21,4 % de la période et « Mauvaise » 11,0 % de la période.

-En 2020, à Châtenay-Malabry, les estimations d'Airparif indiquent qu'aucun habitant n'était exposé ni à des teneurs dépassant les seuils réglementaires en PM10, PM2,5, dioxyde d'azote et benzène, ni à des teneurs dépassant les anciennes recommandations annuelles de l'OMS (référence 2005) en NO_2, PM10 et PM2,5.

En revanche, 2 000 habitants étaient exposés à des concentrations en PM10 dépassant l'ancienne recommandation journalière de l'OMS (référence OMS 2005).

Zone d'étude et Périmètre projet :

-L'emprise projet appartient à 7 mailles concernées en 2021, pour partie de leurs surfaces par 4 nuisances environnementales (qualité de l'air, bruit des transports, pollution des sols d'origine industrielle et présentent un cadre de vie dégradé).

-Selon les modélisations 2020/2021 d'Airparif, à l'échelle de l'emprise projet, il apparait que les seuils réglementaires annuels (NO_2, PM10, PM2,5 et benzène) sont respectés ainsi que le nombre maximum de dépassements autorisés du seuil journalier en PM10.

Les objectifs de qualité annuels sont respectés sur l'ensemble de l'emprise projet (NO_2, PM10, PM2,5, benzène).

Les recommandations de l'OMS pour le NO_2 (10 µg/m^3), les PM10 (15 µg/m^3) et les PM2,5 (5 µg/m^3) en moyenne annuelle sont toutes dépassées sur l'emprise projet.

L'objectif de qualité en ozone correspondant au seuil de protection de la santé est dépassé. La formation de ce polluant est fortement dépendante des conditions météorologiques. L'ensoleillement et les épisodes de fortes chaleurs, de plus en plus fréquents et intenses sur le territoire, favorisent sa production.

En tout état de cause, la qualité de l'air sur le *périmètre projet* peut être qualifiée de plutôt moyenne, compte tenu des recommandations OMS non respectées.

10. ANALYSE DE LA ZONE D'ETUDE

Après l'examen des données disponibles sur la qualité de l'air, il convient de s'intéresser à la population et à la composition géographique de la zone d'étude.
Cette démarche a pour objectif principal d'identifier les lieux vulnérables et de définir la fragilité de la population vis-à-vis des effets sanitaires imputables à la pollution atmosphérique (sachant que les enfants et les personnes âgées sont les plus fragiles).

10.1. RECENSEMENT DES PROJETS POUVANT INDUIRE DES EFFETS CUMULES

Des projets immobiliers et d'infrastructures de transport (routes / transports en commun) susceptibles d'avoir des effets cumulés avec l'aménagement de la Cité jardin de Châtenay-Malabry seront pris en compte dans la partie analyse des impacts en s'appuyant sur l'étude trafic.

Ces opérations d'aménagement vont modifier les flux de déplacements et les choix modaux sur le secteur et sont donc susceptibles d'induire des effets cumulés avec le projet objet de la présente étude.

10.2. DONNEES METEOROLOGIQUES ET TOPOGRAPHIQUES

- Normales climatiques

Les données présentées (excepté les données concernant les vents et l'ensoleillement) proviennent de la station météorologique de Villacoublay-Vélizy[13] (48,77°N I 2,21°E) sise à environ 3,3 km du projet.
Les données de l'ensoleillement proviennent de la station météorologique d'Orly-Athis-Mons[14] (48,72°N I 2,38°E) sise à environ 8,0 km du projet.
Il s'agit des normales annuelles officielles [1991-2020].

Tableau 16 : Valeurs climatologiques à la station Météo-France « Villacoublay-Vélizy » et données de l'ensoleillement à la station Météo-France « Orly-Athis-Mons »

Paramètre	Normales 1991-2020 Données officielles
Température moyenne annuelle [Moyenne minimale : Moyenne maximale]	11,7°C [8,0 : 15,3°C]
Ensoleillement annuel [Moyenne mensuelle]	1 831,6 heures [153 h/mois]
Cumul des précipitations annuelles	697,2 mm
Nombre de jours de précipitations supérieures à 1 mm [% de jours pluvieux par an]	125,9 jours [34,5 %]
Intervalle de pression atmosphérique	
Pression minimale enregistrée	901,1 hPa le 2 avril 1973
Pression maximale enregistrée	1 089,9 hPa le 27 février 1989

Les figures suivantes[15] présentent la rose des vents et la fréquence mensuelle des vents en fonction de leur vitesse (Nota : ces données sont issues de modélisations et non d'observations).

Les vents dominants soufflent préférentiellement du sud-ouest au nord-est. Les vents contraires sont également fréquents.
La dispersion des polluants par le vent est efficace à partir d'une vitesse de 20 km/h. Les vents présentant de telles vitesses sont assez fréquents sur le secteur (entre 13,3 et 22,9 jours/mois). La période hivernale est celle produisant le plus fréquemment des vents forts.
Le projet apparaît ainsi localisé majoritairement dans un secteur où la dispersion des polluants atmosphériques est fréquemment favorisée par les vents.

[13] https://www.infoclimat.fr/climatologie/normales-records/1991-2020/villacoublay-velizy/valeurs/07147.html
[14] https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/archives/16/decembre/2022/orly-athis-mons/07149.html
[15] https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/ch%c3%a2tenay-malabry_france_3026108

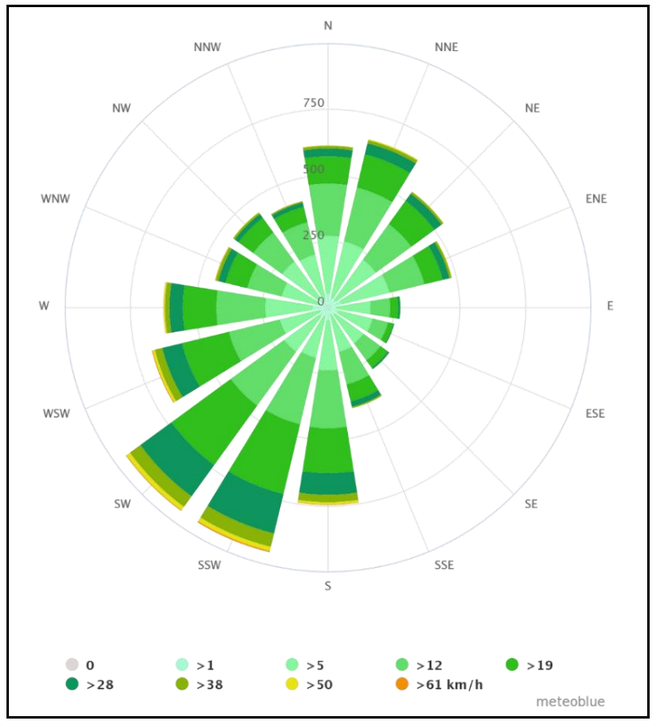


Figure 42 : Rose des vents (source : meteoblue.com)

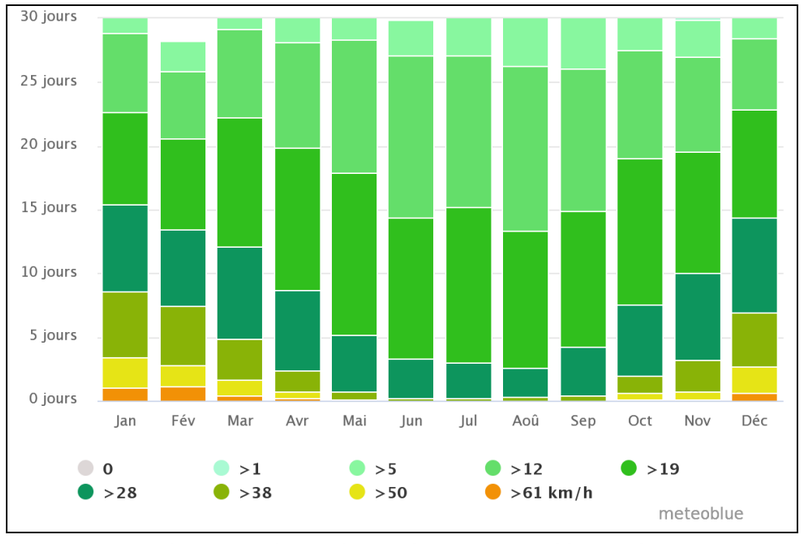


Figure 43 : Vitesse du vent (source : meteoblue.com)

- Topographie

La planche ci-après illustre la topographie existante autour du projet.

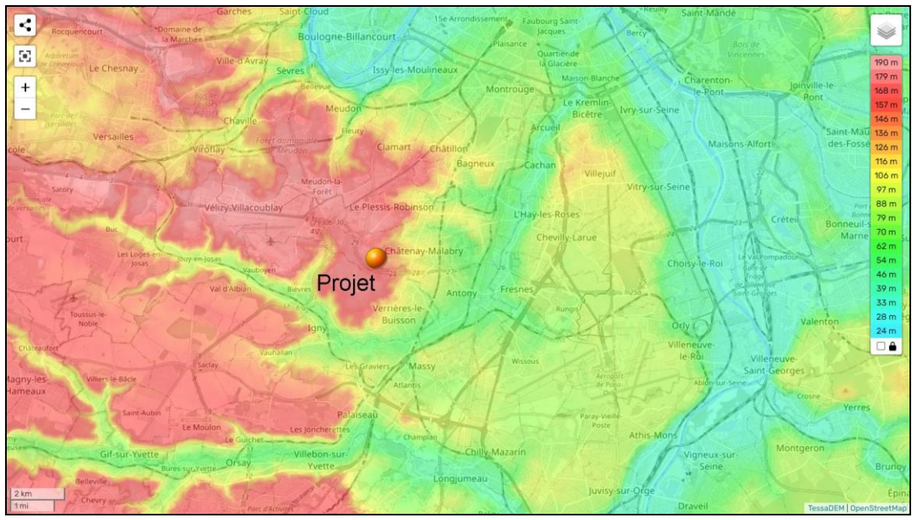


Figure 44 : Topographique autour du projet (source : topographic-map.com)

Le projet est situé dans des reliefs très modérés. Ces reliefs diminuent en direction de l'est. Cette configuration peut favoriser l'accumulation des polluants lorsque les conditions météorologiques sont défavorables à la dispersion. Notamment si le vent souffle en direction opposée (vers l'ouest), entrainant une accumulation des polluants.

Compte-tenu de l'orientation des vents annuels et de leur fréquence en fonction de leur vitesse, la dispersion des polluants atmosphériques semble plutôt neutre.

Il demeure que la pluviométrie annuelle est faible, avec une occurrence de jours pluvieux sur environ 34,5 % de l'année. L'ensoleillement est lui aussi assez faible, ce qui minimise la production de polluants photochimiques (ozone).

Le secteur projet est de ce fait soumis à des conditions météorologiques plutôt neutres à la dispersion des polluants.

Des conditions d'accumulation sont présentes, notamment avec l'incidence de vents forts du sud-ouest et du nord-ouest empêchant la dispersion des polluants émis par la circulation de la D986 et de la N385 à proximité du projet. Le projet est situé dans des reliefs très modérés. Ces reliefs s'étendent en direction ouest.

10.3. OCCUPATION DES SOLS

Le projet est sis sur la commune de Châtenay-Malabry. La zone d'étude s'étend en sus en partie sur les territoires des communes de Verrières-le-Buisson et Le Plessis-Robinson.

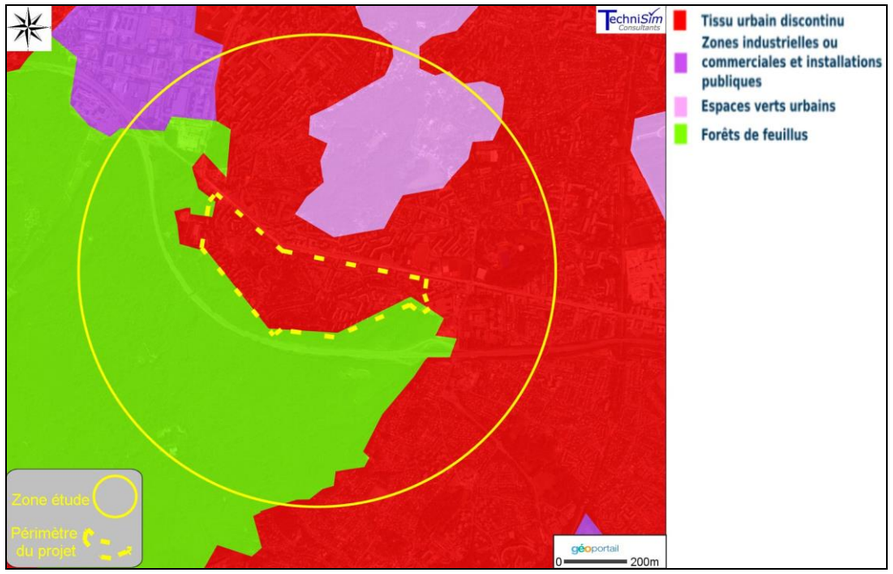


Figure 45 : Composition de la zone d'étude (Corine Land Cover 2018)

Selon le Corine Land Cover 2018, l'emprise projet est située sur du tissu urbain discontinu. La zone d'étude comporte en sus une zone industrielle/commerciale (nord-ouest), un espace vert urbain (nord) et une forêt de feuillus (sud-ouest).

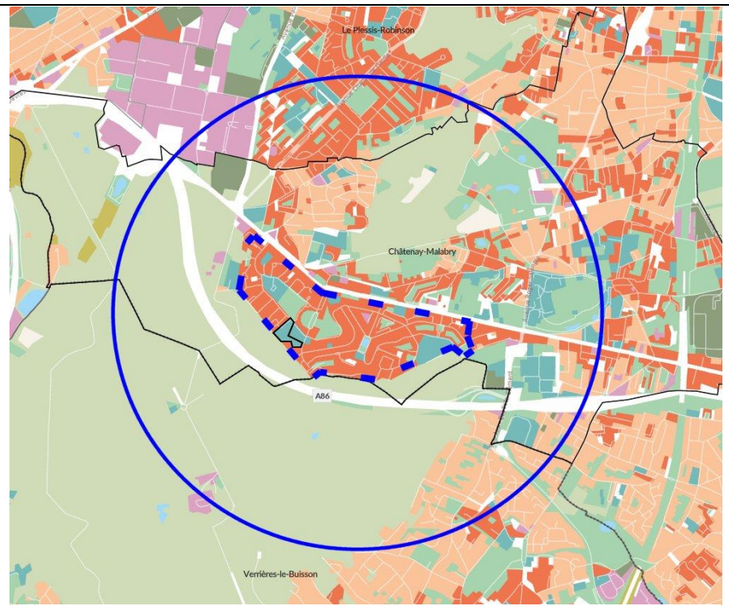
L'occupation des sols plus détaillée à l'échelle communale, fournie par l'Institut Paris Région, est présentée sur la planche en page suivante.

Sur le territoire de la commune de Châtenay-Malabry, en 2021, les forêts représentent 26 % de la superficie communale ; les espaces ouverts artificialisés 16 % ; les habitats individuels et collectifs 35 % ; les équipements 7 % ; les transports 9 % ; les carrières, décharges et chantiers 4 % et le reste (activités, milieux semi-naturels, espaces agricoles et eau) 3 %.

En l'état actuel (2021) :

L'emprise projet est constitué de tissu urbain discontinu (habitats collectifs) et d'espaces ouverts artificialisés, d'équipements (lieux de cultes, écoles, sportifs…), des parkings et d'un commerce.

La zone d'étude comporte en plus une zone d'activités économiques, des bois ou forêts, des espaces ouverts à vocation de sport, des équipements d'enseignement et des voies de transports.



Châtenay-Malabry — **Surfaces en hectares**

Type d'occupation du sol	2012	2017	2021
Bois et forêts	170.68	169.76	165.71
Milieux semi-naturels	4.36	4.36	4.36
Espaces agricoles	4.94	4.64	4.47
Eau	2.33	2.33	2.33
Total espaces naturels agricoles et forestiers	**182.32**	**181.1**	**176.88**
Espace ouverts artificialisés	115.92	114.29	103.58
Habitat individuel	96.68	93.66	92.63
Habitat collectif	119.95	124.58	129.87
Activités	11.8	10.69	9.11
Équipements	48.76	48.51	42.05
Transport	58.93	59.68	56.83
Carrières, décharges et chantiers	2.49	4.34	25.89
Total espaces artificialisés	**454.52**	**455.74**	**459.96**
Total communal	**636.84**	**636.84**	**636.84**

Figure 46 : Occupation du sol détaillée en 2021 et évolution par rapport à 2012 (source : Institut Paris Région)

10.4. IDENTIFICATION DES ZONES A ENJEUX SANITAIRES PAR INGESTION

Les zones de culture à même de présenter un enjeu sanitaire par ingestion ont été recherchées dans la zone d'étude, c'est-à-dire :

- **Production alimentaire : jardins potagers, vergers, zones maraichères, terres cultivées à forte valeur ajoutée (vignes AOC, cultures biologiques, etc.), …**
- **Zones de jeux avec terrains meubles susceptibles d'être ingérés par les enfants : aires de jeux, cours d'école, …**
- **Jardins familiaux, partagés et collectifs.**

D'après la carte d'occupation des sols détaillée et la carte du registre parcellaire agricole 2020, aucune parcelle agricole n'est présente sur la zone d'étude.

Il n'y a pas de zones à enjeux sanitaire par ingestion dans la zone d'étude.

10.5. ANALYSE DE LA POPULATION DE LA ZONE D'ETUDE

La planche suivante représente la population aux abords du projet, définie en carreaux de 200 mètres de côté (données carroyées de l'INSEE 2017 publiées en 2022).

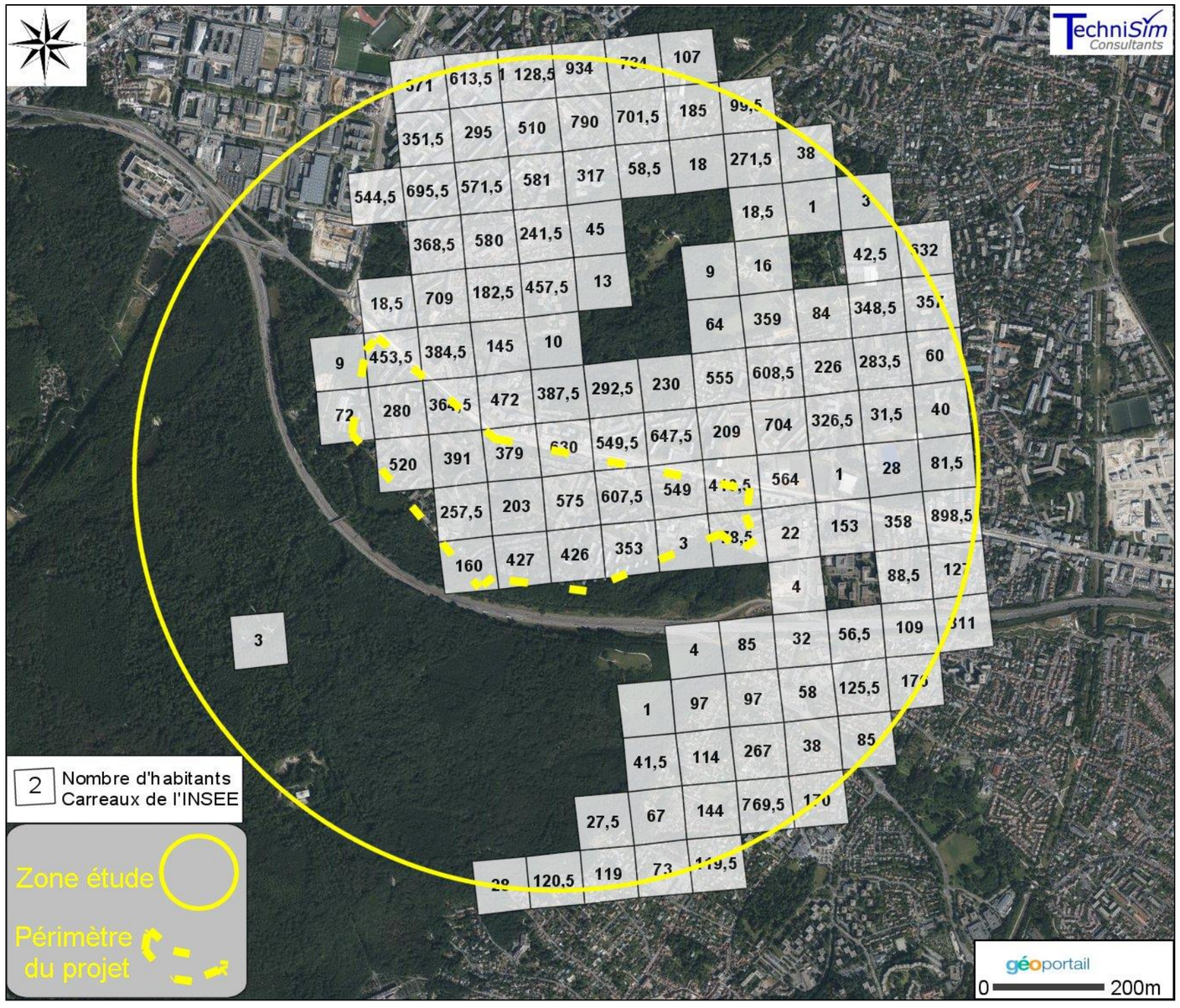


Figure 47 : Population dans la zone d'étude répartie en carreaux de 200m de côté (données carroyées INSEE 2017 publiées en 2022)

La zone d'étude compte 33 442 habitants, soit une densité moyenne de population estimée à 6 853 hab./km² pour l'ensemble de la zone d'étude (cercle de 1 km de rayon) et à 10 645 hab./km² si l'on ne considère que les parties habitées (carreaux = superficie de 4,88 km²).

Tableau 17 : Caractéristiques des ménages de la zone d'étude en 2017 (données carroyées INSEE 2017 publiées en 2022)

Paramètres	Valeur
Nombre de ménages résidant dans la zone	14 187
Nombre moyen de personnes par ménage dans la zone d'étude	2,4
Nombre total de ménages propriétaires	4 516
Surface cumulée des résidences principales [m²]	987 922
Nombre de ménages en logement collectif	12 481
Nombre de ménages de 5 personnes et plus	1 056
Nombre de ménages de 1 personne	4 889
Nombre de ménages pauvres au seuil de 60 % de la médiane du niveau de vie	1 609

Tableau 18 : Population de la zone d'étude par tranches d'âges en 2017 (données carroyées INSEE 2017 publiées en 2022)

	Ensemble	0 à 3 ans	4 à 5 ans	6 à 10 ans	11 à 17 ans	Moins de 11 ans
Effectif	**33 442**	1 917	975	2 376	2 996	**5 268**
Proportion	**100 %**	5,7 %	2,9 %	7,1 %	9,0 %	**15,8 %**
	18 à 24 ans	**25 à 39 ans**	**40 à 54 ans**	**55 à 64 ans**	**65 ans et +**	**Inconnu**
Effectif	2 507	6 967	7 213	3 857	**4 590**	43
Proportion	7,5 %	20,8 %	21,6 %	11,5 %	**13,7 %**	0,1 %

Populations les plus vulnérables à la pollution atmosphérique = 9 858 personnes (soit 29,5 %)

88,0 % des ménages sont logés en habitat collectif. Le nombre moyen de personnes par ménage est de 2,4.

Les deux classes d'âges les plus vulnérables aux effets de la pollution atmosphérique sont les enfants (moins de 11 ans) et les personnes âgées (65 ans ou plus).
Ces catégories représentent respectivement 15,8 % (5 268 individus) et 13,7 % (4 590 individus) de la population de la zone d'étude.

La zone d'étude comporte 33 442 habitants dont 9 858 (soit 29,5 %) dits vulnérables à la pollution atmosphérique.

La densité de population de la zone d'étude s'élève à 6 853 hab./km²

10.6. IDENTIFICATION DES ETABLISSEMENTS VULNERABLES

Les personnes vulnérables à la pollution atmosphérique sont, d'après la *Note Technique NOR:TRET1833075N du 22 février 2019* :

- **Les jeunes enfants (dont l'appareil respiratoire n'est pas encore mature) ;**
- **Les personnes âgées, plus vulnérables de manière générale à une mauvaise qualité de l'air ;**
- **Les personnes adultes ou enfants présentant des problèmes pulmonaires et cardiaques chroniques.**

Ces populations dites 'vulnérables' ont un risque plus important de présenter des symptômes en lien avec la pollution atmosphérique.

D'après le ministère des Solidarités et de la Santé[16], l'âge à partir duquel le système respiratoire peut être considéré comme mature varie d'un enfant à un autre. La vitesse de multiplication alvéolaire au cours de la première année de la vie est très rapide, encore rapide jusqu'à l'âge de 3 ans, puis plus lente jusqu'à 8 ans environ. Après cela, il y a une augmentation continue du diamètre des voies aériennes et un remodelage des alvéoles jusqu'à ce que la croissance physique soit terminée, vers l'adolescence.
L'OMS[17] considère que l'adolescence est la période de croissance et de développement humain qui se situe entre l'enfance et l'âge adulte, entre les âges de 10 et 19 ans. Elle représente une période de transition critique dans la vie et se caractérise par un rythme important de croissance et de changements qui n'est supérieur que pendant la petite enfance.

Il a été recherché la présence d'établissements dits 'vulnérables' à la pollution atmosphérique sur la zone d'étude. Par lieux 'vulnérables', on entend toutes les structures fréquentées par des personnes considérées vulnérables aux effets de la pollution atmosphérique, c'est-à-dire :

- **Établissements accueillant des enfants : les maternités, les crèches, les écoles maternelles et élémentaires, les établissements accueillant des enfants handicapés, etc. ;**
- **Établissements accueillant des personnes âgées : maisons de retraite, etc. ;**
- **Hôpitaux, cliniques, centres de soins.**

Au total, 24 établissements vulnérables à la pollution atmosphérique (crèches, écoles, EHPAD et hôpitaux) sont recensés en l'état actuel sur la zone d'étude.

16 https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/qr_air_et_sante.pdf
17 https://www.who.int/maternal_child_adolescent/topics/adolescence/dev/fr/

Ces lieux sont reportés dans le tableau et la figure ci-après.

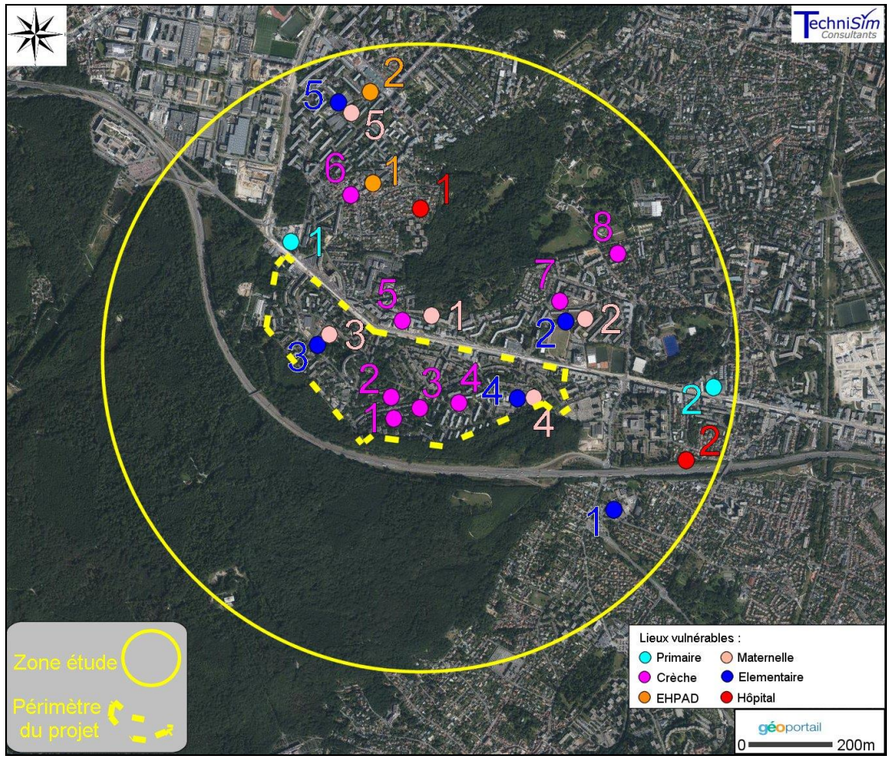


Figure 48 : Localisation des établissements vulnérables à la pollution atmosphérique présents en l'état actuel

Tableau 19 : Liste des établissements vulnérables de la zone d'étude présents en l'état actuel

	N°	Nom	Effectif	Adresse	Coordonnées GPS
Crèche	1	Jardin d'enfants de Chatenay « les Coquelicots »	20 places	2 Square Bassompierre 92290 Châtenay-Malabry	48.76219 2.25658
	2	Crèche familial Tony Laine	50 places	18 – 20 Rue Benoît Malon 92290 Châtenay-Malabry	48.76297 2.25639
	3	Crèche collective Magdelaine Rendu	50 places	10 Place François Simiand 92290 Châtenay-Malabry	48.76248 2.25855
	4	Multi-accueil Mirabelle	30 places	6 Place Léon Blum 92290 Châtenay-Malabry	48.76280 2.26106
	5	Multi-accueil Kid's Up Colchique	42 places	386 Avenue de la Division Leclerc 92290 Châtenay-Malabry	48.76608 2.25732
	6	Multi-accueil Les P'tits Loups	40 places	22 Avenue du Bois 92290 Châtenay-Malabry	48.77206 2.25378
	7	Crèche collective le Petit Poucet	60 places	34 rue Jules Verne 92290 Châtenay-Malabry	48.76722 2.26784
	8	Crèche collective Les coccinelles	60 places	135-137 Avenue Jean Jaurès 92290 Châtenay-Malabry	48.76964 2.27201
École Maternelle	1	École maternelle privée Montessori 21 de Chatenay-Malabry	n.d.	42 chemin de la Justice 92290 Châtenay-Malabry	48.76656 2.25891
	2	École maternelle publique Jules Verne	345 élèves	17 rue Jules Verne 92290 Châtenay-Malabry	48.76690 2.26912
	3	École maternelle Publique Suzanne Buisson	127 élèves	6 avenue Saint-Exupéry 92290 Châtenay-Malabry	48.76609 2.25236
	4	École maternelle publique Thomas Masaryk	185 élèves	4 rue Marie Bonnevial 92290 Châtenay-Malabry	48.76340 2.26472
	5	École maternelle publique Joliot-Curie	114 élèves	3 allée Robert Debré - 92350 Le Plessis-Robinson	48.77543 2.25330
École Élémentaire	1	École élémentaire privée Sophie Barat	362 élèves	50 rue des Grillons 92290 Châtenay-Malabry	48.75904 2.27166
	2	École élémentaire publique Jules Verne	374 élèves	19 rue Jules Verne 92290 Châtenay-Malabry	48.76652 2.26784
	3	École élémentaire publique Léonard De Vinci	206 élèves	Place Léonard de Vinci 92290 Châtenay-Malabry	48.76508 2.25177
	4	École élémentaire publique Thomas Masaryk	234 élèves	4 rue Marie Bonnevial 92290 Châtenay-Malabry	48.76340 2.26472
	5	École élémentaire publique Joliot Curie	203 élèves	3 allée du Docteur Lamaze - 92350 Le Plessis-Robinson	48.77565 2.25314
École Primaire	1	École primaire publique Jean Jaurès	221 élèves	21 chemin du Loup Pendu 92290 Châtenay-Malabry	48.77042 2.25035
	2	École primaire publique Pierre Mendès France	474 élèves	37 rue des Vallées 92290 Châtenay-Malabry	48.76400 2.27742
EHPAD	1	EHPAD Résidence Thémis Jean Rostand	106 lits	8 avenue du Bois 92290 Châtenay-Malabry	48.77253 2.25513
	2	EHPAD Les 4 Saisons	101 lits	9 Avenue de la Libération - 92290 Châtenay-Malabry	48.77655 2.25523
Hôpitaux	1	Centre Denis Croissant	n.d.	7 Allée des Verrières- 92290 Châtenay-Malabry	48.77182 2.25840
	2	MAS La source	46 lits	27 rue Joseph Lahuec 92290 Châtenay-Malabry	48.76079 2.27595

10.7. SYNTHESE

L'emprise projet est située sur la commune de Châtenay-Malabry et est constituée, en 2021, de tissu urbain discontinu (habitats collectifs) et d'espaces ouverts artificialisés, d'équipements (lieux de cultes, écoles, sportifs…), des parkings et d'un commerce.

La zone d'étude s'étend en sus en partie sur les territoires des communes de Verrières-le-Buisson et Le Plessis-Robinson, et comporte en sus, en 2021, une zone d'activités économiques, des bois ou forêts, des espaces ouverts à vocation de sport, des équipements d'enseignement et des voies de transports.

La densité de population de la zone d'étude s'élève à 10 645 hab./km².

Compte-tenu de l'orientation des vents annuels et de leur fréquence en fonction de leur vitesse, la dispersion des polluants atmosphériques semble plutôt neutre.

Il demeure que la pluviométrie annuelle est faible, avec une occurrence de jours pluvieux sur environ 34,5 % de l'année. L'ensoleillement est lui aussi assez faible, ce qui minimise la production de polluants photochimiques (ozone).

Le secteur projet est de ce fait soumis à des conditions météorologiques plutôt neutres à la dispersion des polluants.

Des conditions d'accumulation sont présentes, notamment avec l'incidence de vents forts du sud-ouest et du nord-ouest empêchant la dispersion des polluants émis par la circulation de la D986 et de la N385 à proximité du projet. Le projet est situé dans des reliefs très modérés. Ces reliefs s'étendent en direction ouest.

Enjeux sanitaires par inhalation

-La zone d'étude comporte 33 442 habitants dont 9 858 (soit 29,5 %) dits vulnérables à la pollution atmosphérique.

-Au total, 24 établissements vulnérables à la pollution atmosphérique (crèches, écoles, EHPAD et hôpitaux) sont recensés en l'état actuel sur la zone d'étude.

Enjeux sanitaires par ingestion

D'après la carte d'occupation des sols détaillée et la carte du registre parcellaire agricole 2020, aucune parcelle agricole n'est présente sur la zone d'étude.

Il n'y a pas de zones à enjeux sanitaire par ingestion dans la zone d'étude.

11. MESURES IN SITU

Afin de qualifier la qualité de l'air à l'échelle du projet, Technisim Consultants a réalisé une campagne de mesures pour les polluants suivants :

- **Le dioxyde d'azote (NO_2) ;**
- **Les poussières PM10 et PM2,5.**

Les prélèvements sont effectués à l'aide d'échantillonneurs passifs pour le NO_2.
Les tubes passifs sont des méthodes alternatives aux méthodes de référence des directives européennes, lourdes et coûteuses à mettre en œuvre (généralement les analyseurs). Néanmoins, leurs performances sont encadrées par les directives-filles de la Directive européennes 96/62/CE et reprise par celle de mai 2008.

La quantification des teneurs en NO_2 dans l'air ambiant s'effectue en deux temps :

- **Échantillonnage sur site via les tubes à diffusion passive (sans utilisation de pompe ou tout autre système d'aspiration) exposés dans l'air ambiant ;**
- **Analyse en laboratoire accrédité (où il est procédé à l'extraction et à l'analyse des produits d'absorption).**

Les mesures de PM10 et PM2.5 sont réalisées par micro-capteurs laser autonomes. Les micro-capteurs laser relèvent les concentrations toutes les 5 minutes.

Le matériel utilisé au cours de la campagne est illustré ci-dessous.

Figure 49 : Tube passif et boite pour NO_2 et micro-capteur laser

Note : Les descriptifs techniques des appareils de mesure et d'analyse sont disponibles en détail en annexe.

11.1. DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE DE MESURE

Les emplacements des points de mesure ont été choisis de manière à couvrir et caractériser au mieux le secteur projet.
Chaque point de mesure est repéré sur une carte géoréférencée (GPS WGS84) et fait l'objet d'une documentation importante et précise : localisation, dates et heures de pose/dépose des tubes de prélèvement et capteurs ; hauteur de prélèvement, distances aux sources de pollution (axes routiers, parkings, …), description de l'environnement immédiat du point de mesure (habitations, …).
L'ensemble de ces renseignements est regroupé dans les fiches jointes en annexe.

Au-delà des critères de choix des sites, tous les tubes sont installés sur des poteaux, lampadaires ou autres mobiliers publics dégagés de tout obstacle, afin de permettre une libre circulation de l'air autour du point d'échantillonnage. La hauteur de mesure est choisie de manière à caractériser le mieux possible l'exposition des personnes au sol, en se préservant toutefois des risques de vol et de vandalisme (soit environ 2,5 m du sol).

La campagne de mesure s'est déroulée en période hivernale du 17 novembre 2022 au 16 décembre 2022.

Les prélèvements de NO_2 ont été effectués sur 10 points. Afin de s'assurer de la répétabilité des mesures, des réplicats ont été réalisés pour tous les points. Un 'blanc' a été réalisé pour vérifier la non-contamination des échantillons pendant le transport (point n°10).

Les mesures de PM10 et PM2,5 ont été réalisées au niveau des points n°1 et 10.

Le tableau et la carte suivants indique la typologie et la localisation de chaque point de mesures. Le projet est localisé en milieu urbain.

Tableau 20 : Typologie des points de mesure

POINTS	Remarque Typologie
N°1	Trafic
N°2	Trafic
N°3	Trafic
N°4	Trafic
N°5	Trafic
N°6	Trafic
N°7	Trafic
N°8	Trafic
N°9	Trafic
N°10	Trafic

Avertissement important : les résultats sont valables exclusivement à proximité des points de mesures.

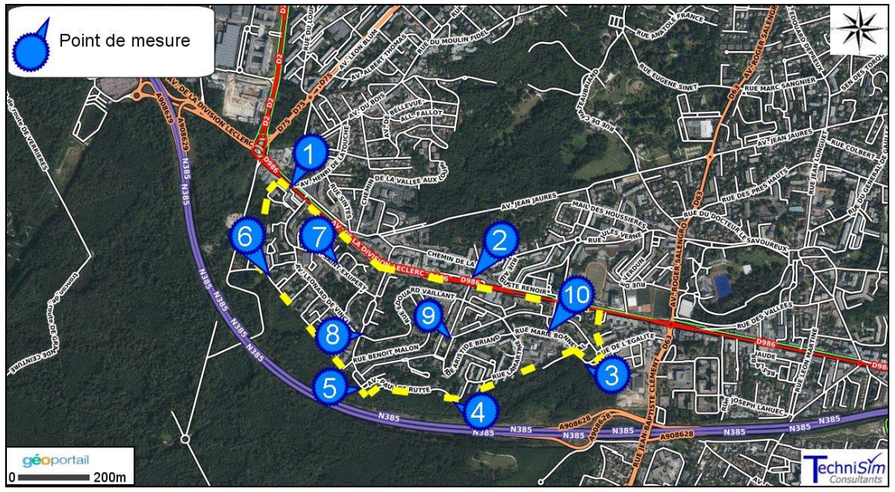


Figure 50 : Localisation des points de mesure in situ

11.2. CONDITIONS METEOROLOGIQUES PENDANT LA CAMPAGNE DE MESURE

Les données météorologiques proviennent de :

- **La station météorologique de Villacoublay-Vélizy (48,77°N | 2,21°E), située à environ à 3,3 km au nord-ouest du projet ;**
- **La station météorologique d'Orly-Athis-Mons (48,72°N I 2,38°E), située à environ 8,0 km au sud-est du projet.**

Les conditions météorologiques détaillées relatives aux périodes des mesures sont disponibles en annexe.
Rappel : Le vent est favorable à la dispersion des polluants, notamment à partir de 20 km/h et les fortes précipitations rabattent les polluants les plus solubles ainsi que les particules vers le sol. Ces paramètres sont liés par des conditions dépressionnaires. Par conséquent, ceux-ci permettent une amélioration de la qualité de l'air.

Durant cette campagne de mesure, les précipitations ont été très inférieures aux normales de saison proratisées (en termes de hauteurs comme de nombre de jours présentant des précipitations supérieures ou égales à 1 mm) et les vents ont été majoritairement faibles (environ 90 % de la période). Les températures et l'ensoleillement ont été également plus faibles que les normales saisonnières proratisées.

Les conditions météorologiques lors de la campagne de mesures ont été favorables à l'accumulation des polluants, notamment en seconde moitié de période.

11.3. RESULTATS DES MESURES

11.3.1. PARTICULES PM10 ET PM2,5

Les mesures ont été réalisées :
Du 17 novembre 2022 à 11h16 au 16 décembre 2022 à 11h51 pour le point n°1 ;
Du 17 novembre 2022 à 11h59 au 9 décembre 2022 à 17h54 pour le point n°10.

Les graphiques suivants illustrent l'évolution des concentrations ponctuelles en PM10 et PM2,5 pour chaque point de mesure.

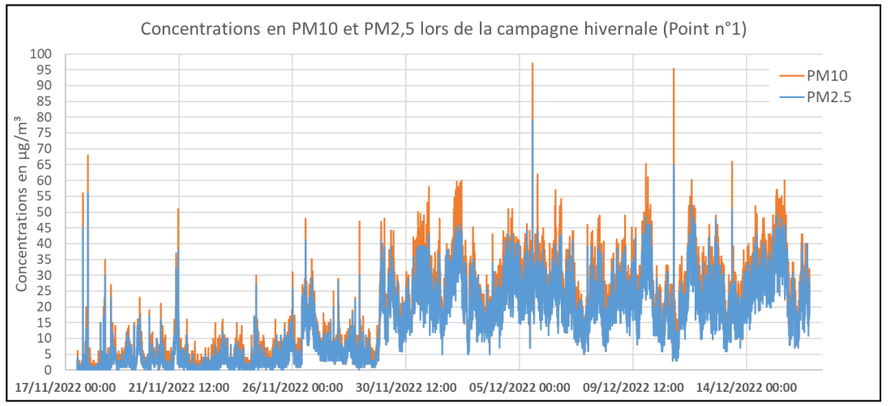


Figure 51 : Résultats des mesures de particules PM10 et PM2,5 au point n°1 (fréquence de mesure : toutes les 5 minutes)

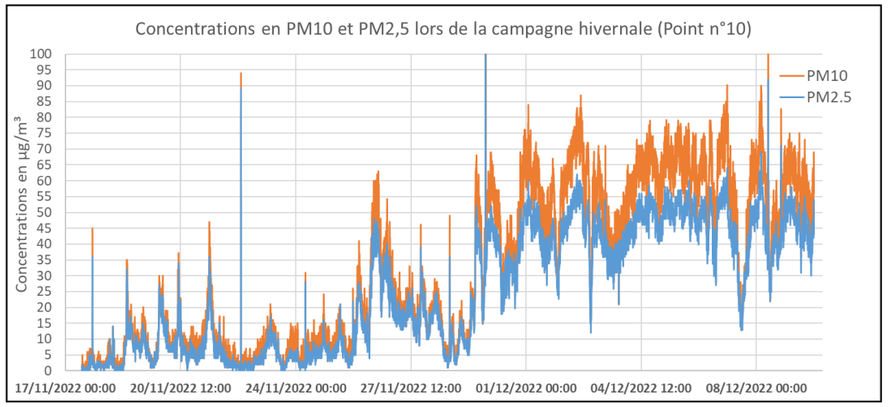


Figure 52 : Résultats des mesures de particules PM10 et PM2,5 au point n°10 (fréquence de mesure : toutes les 5 minutes)

Note : Les pics fins et intenses peuvent provenir du passage d'un véhicule polluant (diesel) et/ou de piétons en train de fumer.

Les résultats en moyennes journalières et sur la période de mesure sont disponibles dans les tableaux et les graphiques ci-après.
La dernière ligne du tableau présente les concentrations moyennes en particules PM10 et PM2,5, le pourcentage de couverture des données et le rapport PM2,5/PM10 moyens pour l'ensemble de la campagne de mesures.

Point n°1

Tableau 21 : Résultats des mesures en continu des particules PM10 et PM2,5 pour le point n°1

DATE	Pourcentage de couverture journalière des mesures	Moyenne PM10 (µg/m³)	Moyenne PM2,5 (µg/m³)	Rapport PM2,5/PM10
17/11/2022	53,1 %	2,3	1,7	74,6 %
18/11/2022	100 %	2,5	2,0	77,9 %
19/11/2022	100 %	4,3	3,6	84,3 %
20/11/2022	100 %	3,9	3,0	77,3 %
21/11/2022	100 %	5,0	3,8	76,4 %
22/11/2022	100 %	1,7	0,9	54,7 %
23/11/2022	100 %	3,9	2,8	71,3 %
24/11/2022	100 %	3,4	2,3	66,7 %
25/11/2022	100 %	5,1	4,0	78,0 %
26/11/2022	100 %	13,6	11,6	85,1 %
27/11/2022	100 %	7,8	6,5	83,6 %
28/11/2022	100 %	6,5	5,3	81,1 %
29/11/2022	100 %	16,2	14,0	86,8 %
30/11/2022	100 %	21,5	18,7*	87,0 %
01/12/2022	100 %	27,3	23,7*	86,9 %
02/12/2022	100 %	32,1	27,3*	85,2 %
03/12/2022	100 %	20,8	18,5*	88,6 %
04/12/2022	100 %	29,7	26,2*	88,3 %
05/12/2022	100 %	29,7	26,2*	88,1 %
06/12/2022	100 %	27,2	23,9*	87,8 %
07/12/2022	100 %	20,0	17,4*	86,8 %
08/12/2022	100 %	23,0	20,2*	87,9 %
09/12/2022	100 %	27,9	24,6*	88,3 %
10/12/2022	100 %	23,4	20,5*	87,9 %
11/12/2022	100 %	25,2	21,8*	86,6 %
12/12/2022	100 %	26,6	23,3*	87,6 %
13/12/2022	100 %	20,6	17,8*	86,4 %
14/12/2022	100 %	31,0	27,3*	88,1 %
15/12/2022	100 %	32,6	28,5*	87,6 %
16/12/2022	49,7 %	24,5	21,5*	87,6 %
Période	**96,8 %**	**17,4**	**15,1**	**86,5 %**

* : Dépassement de la valeur guide de l'OMS (45 µgPM10/m³ et 15 µgPM2,5/m³ en moyenne journalière) à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an.

Le pourcentage de couverture des mesures en continu au point n°1 est de 96,8 % sur 30 jours (28 jours complets, 2 journées partielles).

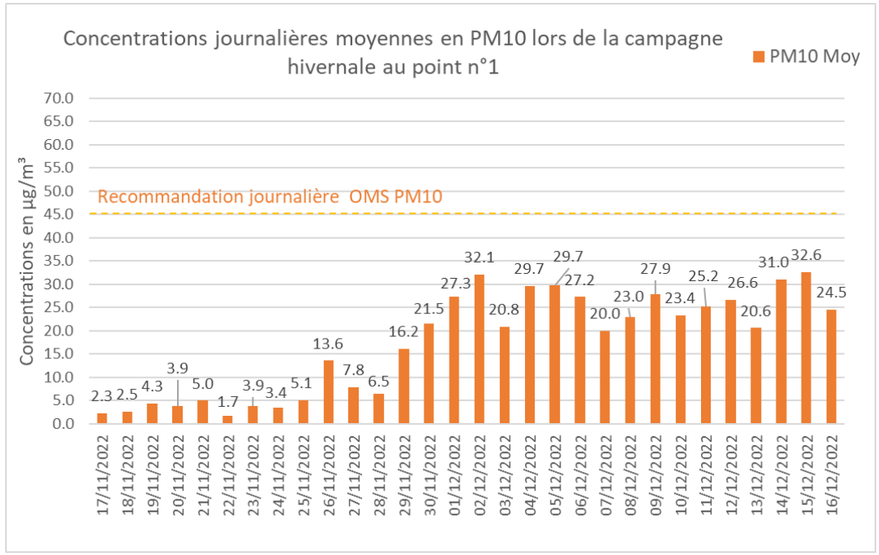


Figure 53 : Concentrations moyennes journalières en PM10 au point n°1

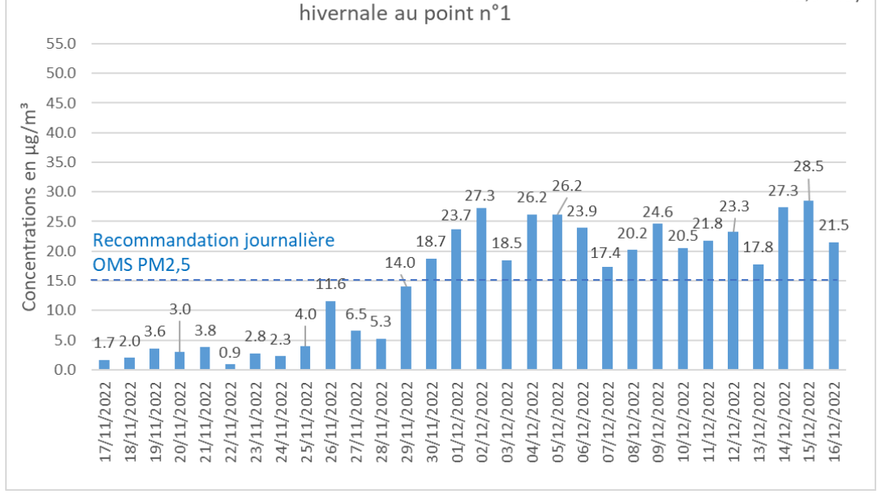


Figure 54 : Concentrations moyennes journalières en PM2,5 au point n°1

Point n°10

Tableau 22 : Résultats des mesures en continu des particules PM10 et PM2,5 pour le point n°10

DATE	Pourcentage de couverture journalière des mesures	Moyenne PM10 (µg/m³)	Moyenne PM2,5 (µg/m³)	Rapport PM2,5/PM10
17/11/2022	50,3 %	2,5	1,7	67,3 %
18/11/2022	100 %	5,4	4,3	78,8 %
19/11/2022	100 %	10,2	8,8	86,1 %
20/11/2022	100 %	9,6	7,8	81,5 %
21/11/2022	100 %	11,6	8,7	74,6 %
22/11/2022	100 %	3,8	2,2	58,5 %
23/11/2022	100 %	7,7	5,6	73,5 %
24/11/2022	100 %	7,8	5,1	64,5 %
25/11/2022	100 %	11,7	8,9	75,9 %
26/11/2022	100 %	32,3	26,7*	82,8 %
27/11/2022	100 %	19,6	17,2*	88,1 %
28/11/2022	100 %	12,6	10,8	85,2 %
29/11/2022	100 %	33,1	27,3*	82,4 %
30/11/2022	100 %	43,3	35,5*	81,9 %
01/12/2022	100 %	53,4*	42,1*	78,8 %
02/12/2022	100 %	61,9*	47,0*	76,0 %
03/12/2022	100 %	47,3*	39,1*	82,7 %
04/12/2022	100 %	62,0*	48,3*	77,9 %
05/12/2022	100 %	65,2*	50,2*	77,0 %
06/12/2022	100 %	62,3*	48,0*	77,0 %
07/12/2022	100 %	49,4*	39,9*	80,7 %
08/12/2022	100 %	56,3*	45,1*	80,1 %
09/12/2022	74,7 %	57,3*	45,4*	79,1 %
10/12/2022	0 %	n.d.	n.d.	n.d.
11/12/2022	0 %	n.d.	n.d.	n.d.
12/12/2022	0 %	n.d.	n.d.	n.d.
13/12/2022	0 %	n.d.	n.d.	n.d.
14/12/2022	0 %	n.d.	n.d.	n.d.
15/12/2022	0 %	n.d.	n.d.	n.d.
16/12/2022	0 %	n.d.	n.d.	n.d.
Période	**74,2 %**	**31,9**	**25,3**	**79,3 %**

n.d. = non disponible

* : Dépassement de la valeur guide de l'OMS (45 µgPM10/m³ et 15 µgPM2,5/m³ en moyenne journalière) à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an.

Le pourcentage de couverture des mesures en continu au point n°10 est de 74,2 % sur 30 jours (23 jours complets, 2 journées partielles et 5 journées de données indisponibles).

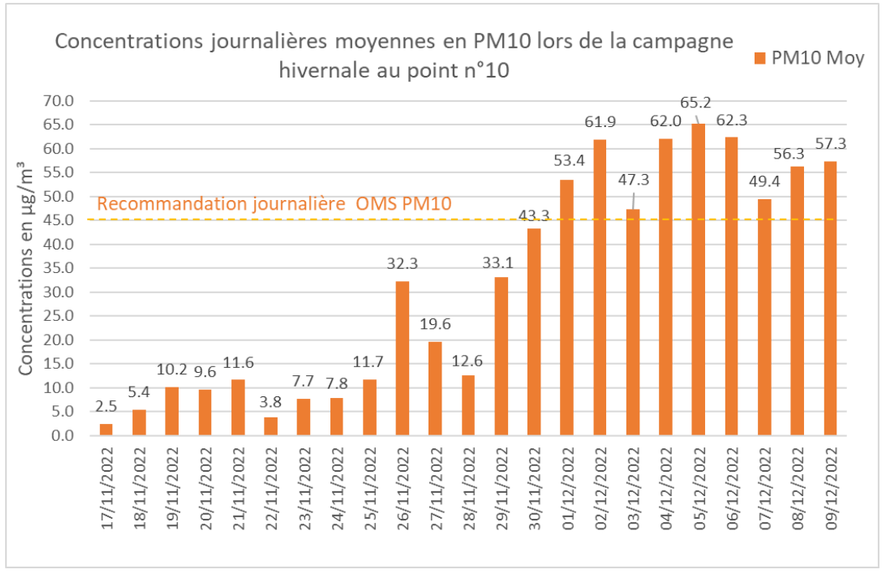


Figure 55 : Concentrations moyennes journalières en PM10 au point n°10

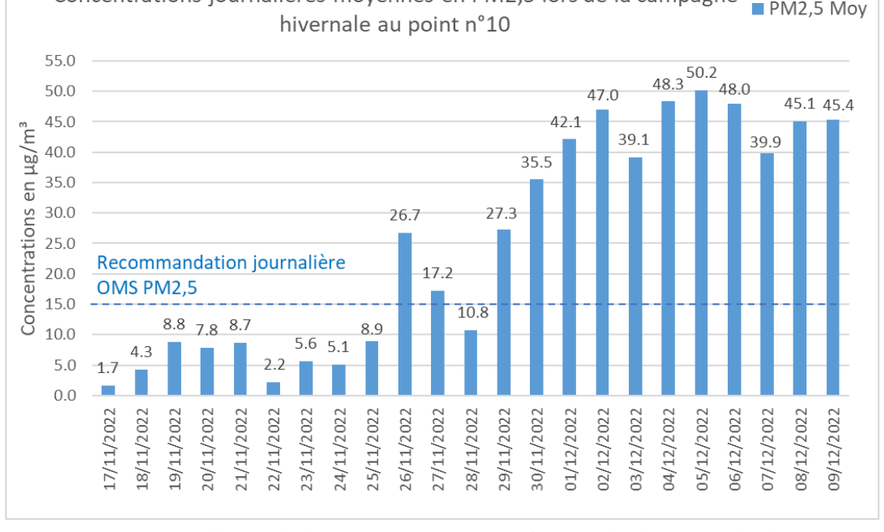


Figure 56 : Concentrations moyennes journalières en PM2,5 au point n°10

Interprétation des résultats

Sur la période de mesure effective des particules pour chaque point de mesure, les teneurs moyennes en PM10 et PM2,5 sont de :

- Point n°1 : 17,4µgPM10/m³ et 15,1 µgPM2,5/m³ (fraction PM2,5=86,5 % PM10).
- Point n°10 : 31,9 µgPM10/m³ et 25,3 µgPM2,5/m³ (fraction PM2,5=79,3 % PM10).

Note : Compte-tenu de la durée de la campagne de mesures, ces concentrations moyennes ne sont bien entendu pas comparables à une moyenne annuelle.

Les concentrations moyennes journalières en PM10 et PM2,5 ont été comprises :

- Point n°1 :
  - entre 1,7 µgPM10/m³ (le 22/11/2022) et 32,6 µgPM10/m³ (le 15/12/2022) ;
  - entre 0,9 µgPM2,5/m³ (le 22/11/2022) et 28,5 µgPM2,5/m³ (le 15/12/2022).
- Point n°10 :
  - entre 2,5 µgPM10/m³ (le 17/11/2022) et 65,2 µgPM10/m³ (le 05/12/2022) ;
  - entre 1,7 µgPM2,5/m³ (le 02/07/2022) et 50,2 µgPM2,5/m³ (le 22/07/2022).

Selon les recommandations de l'OMS, le seuil de 45 µg/m³ en moyenne journalière ne doit pas être dépassé plus de 3 à 4 jours par an pour **les particules PM10**.
Remarque : la réglementation française autorise quant à elle 35 jours par an de dépassement du seuil de 50 µgPM10/m³.

- Point n°1 : Aucun jour de dépassement de la valeur guide OMS et du seuil réglementaire journalier n'est constaté sur la période de mesure.
- Point n°10 : 9 jours de dépassements de la valeur guide de l'OMS, dont 7 également supérieurs au seuil réglementaire journalier, sont constatés sur la période effective de mesure.

Pareillement, l'OMS recommande de ne pas dépasser le seuil de 15 µg/m³ en moyenne journalière plus de 3 à 4 jours par an **pour les particules PM2,5.**
Remarque : La réglementation française n'impose pas de seuil journalier pour les PM2,5.

- Point n°1 : 17 jours de dépassements de la valeur guide de l'OMS pour les PM2,5 sont constatés sur la période de mesure.
- Point n°10 : 13 jours de dépassements de la valeur guide de l'OMS pour les PM2,5 sont constatés sur la période effective de mesure.

Comparaison avec les mesures des stations Airparif

À titre purement informatif, les résultats des concentrations journalières des stations Airparif pour les particules ; les rapports PM2,5/PM10 et la concentration moyenne globale sur les mêmes laps de temps que les mesures in situ sont indiqués dans le tableau et le graphique ci-après.

Tableau 23 : Résultats de mesures Airparif en particules PM10 et PM2,5, du 17 novembre au 16 décembre 2022 en moyennes journalières et en moyenne sur la période correspondant aux mesures pour chaque point

Airparif	Paris 15e	Place Victor Basch	Vitry-sur-Seine		
	Fond urbain	Trafic urbain	Fond urbain		
DATE	Moy PM10 (µg/m³)	Moy PM10 (µg/m³)	Moy PM10 (µg/m³)	Moy PM2,5 (µg/m³)	Rapport PM2,5/PM10
17/11/2022	12,0	16,0	10,0	5,4	54,0 %
18/11/2022	14,0	19,0	9,0	5,4	60,0 %
19/11/2022	13,0	20,0	9,0	6,1	67,8 %
20/11/2022	13,0	16,0	11,0	7,8	70,9 %
21/11/2022	16,0	18,0	13,0	8,3	63,8 %
22/11/2022	13,0	19,0	11,0	6,0	54,5 %
23/11/2022	16,0	24,0	13,0	7,9	60,8 %
24/11/2022	17,0	26,0	13,0	8,2	63,1 %
25/11/2022	20,0	29,0	18,0	11,0	61,1 %
26/11/2022	20,0	30,0	19,0	15,0*	78,9 %
27/11/2022	12,0	18,0	12,0	9,6	80,0 %
28/11/2022	13,0	21,0	13,0	8,7	66,9 %
29/11/2022	22,0	29,0	22,0	16,0*	72,7 %
30/11/2022	21,0	27,0	18,0	15,0*	83,3 %
01/12/2022	24,0	28,0	24,0	21,0*	87,5 %
02/12/2022	30,0	36,0	29,0	26,0*	89,7 %
03/12/2022	17,0	20,0	16,0	15,0*	93,8 %
04/12/2022	20,0	27,0	24,0	23,0*	95,8 %
05/12/2022	22,0	29,0	23,0	21,0*	91,3 %
06/12/2022	27,0	33,0	26,0	22,0*	84,6 %
07/12/2022	27,0	35,0	24,0	19,0*	79,2 %
08/12/2022	27,0	36,0	26,0	22,0*	84,6 %
09/12/2022	28,0	35,0	24,0	20,0*	83,3 %
10/12/2022	21,0	28,0	22,0	20,0*	90,9 %
11/12/2022	19,0	27,0	20,0	19,0*	95,0 %
12/12/2022	24,0	33,0	23,0	21,0*	91,3 %
13/12/2022	26,0	33,0	25,0	21,0*	84,0 %
14/12/2022	34,0	49,0*	34,0	28,0*	82,4 %
15/12/2022	39,0	52,0*	41,0	30,0*	73,2 %
16/12/2022	29,0	38,0	28,0	24,0*	85,7 %
Période équivalente point n°1	**21,2**	**28,4**	**20,0**	**16,1**	**80,4 %**
Période équivalente point n°10	**19,3**	**25,7**	**17,7**	**13,9**	**78,5 %**

* : Dépassement de la valeur guide de l'OMS (45 µgPM10/m³ et 15 µgPM2,5/m³ en moyenne journalière) à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an.

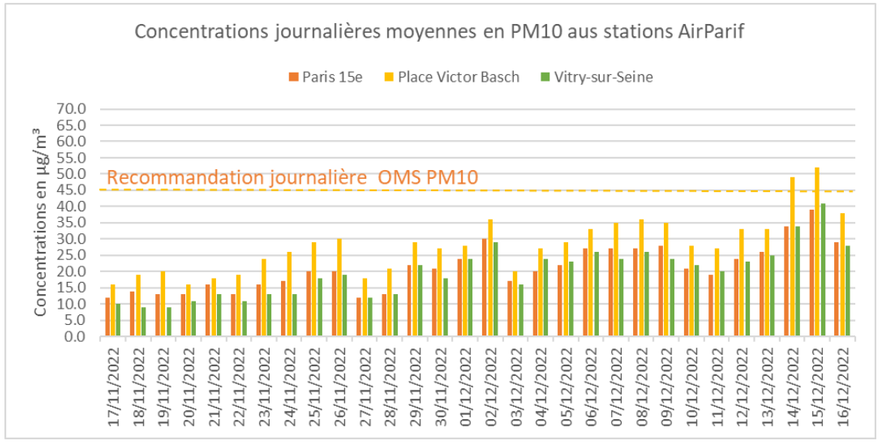


Figure 57 : Concentrations moyennes journalières en PM10 aux stations d'Airparif

Les concentrations moyennes en PM10 et PM2,5 déterminées par AirParif, sur la période correspondant aux mesures in situ du point n°1 (du 17/11 au 16/12/2022) sont :

- **Paris 15e :** 21,2 µgPM10/m³.
- **Place Victor Basch :** 28,4 µgPM10/m³.
- **Vitry-sur-Seine :** 20,0 µgPM10/m³ et 16,1 µgPM2,5/m³ (fraction PM2,5=80,4 % PM10).

Les concentrations moyennes en PM10 et PM2,5 déterminées par AirParif, sur la période correspondant aux mesures in situ du point n°10, du 17/11 au 09/12, sont :

- **Paris 15e :** 19,3 µgPM10/m³.
- **Place Victor Basch :** 25,7 µgPM10/m³.
- **Vitry-sur-Seine :** 17,7 µgPM10/m³ et 13,9 µgPM2,5/m³ (fraction PM2,5=78,5 % PM10).

Pour les PM10, la concentration moyenne au niveau du point de mesure *in situ* **n°1** est inférieure aux concentrations mesurées en condition de fond urbain (Paris 15e et Vitry-sur-Seine) et de trafic urbain (Place Victor Basch) par Airparif (pour la période équivalente au point n°1). La concentration moyenne au point **n°10** est supérieure aux concentrations des stations d'Airparif (pour la période équivalente au point n°10)
Pour les PM2,5, la concentration moyenne au niveau du point de mesure *in situ* **n°1** est légèrement inférieure à la concentration mesurée au niveau de la station **Vitry-sur-Seine** (fond urbain) tandis que la concentration en PM2,5 relevée au niveau du point de mesure n°10 est supérieure à celle mesurée par Airparif au niveau de la station de fond urbain Vitry-sur-Seine.

Les concentrations moyennes journalières en PM10 et PM2,5 au niveau des stations Airparif ont été comprises :

- **Paris 15e** : entre 12,0 µgPM10/m³ (17 et 27/11/2022) et 39,0 µgPM10/m³ (15/12/2022) ;
- **Place Victor Basch** : entre 16,0 µgPM10/m³ (17 et 20/11/2022) et 52,0 µgPM10/m³ (15/12/2022) ;
- **Vitry-sur-Seine** : entre 9,0 µgPM10/m³ (18 et 19/11/2022) et 41,0 µgPM10/m³ (15/07/2022) ; entre 5,4 µgPM2,5/m³ (17 et 18/11/2022) et 30,0 µgPM2,5/m³ (15/12/2022).

Durant toute la période de campagne (17/11 au 16/12/2022), 2 dépassements de la recommandation journalière de l'OMS (45 µg/m³) pour les PM10 sont observés au niveau de la station de mesure **Place Victor Basch** (trafic urbain) et 19 dépassements de la recommandation journalière de l'OMS (15 µg/m³) pour les PM2,5 sont constatés au niveau de la station de fond urbain **Vitry-sur-Seine.**

Il est possible de conclure que, pendant la période effective de mesure pour chaque point, la qualité de l'air du secteur d'étude est plus impactée par les particules PM2,5 que par les particules PM10.

En effet, 17 et 13 dépassements de la recommandation journalière en PM2,5 sont constatés respectivement aux points de mesures n°1 et n°10 ainsi que 9 dépassements de la recommandation journalière OMS pour le PM10 au niveau du point n°10 (aucun dépassement journalier pour les PM10 n'est observé au niveau du point n°1).

Dans l'ensemble, les conditions météorologiques lors de la campagne de mesure ont plutôt favorisé l'accumulation des polluants (notamment en seconde moitié de période).

11.3.2. DIOXYDE D'AZOTE

Les collecteurs passifs ont été exposés du 17 novembre au 16 décembre 2022 avant d'être ensuite transmis au laboratoire accrédité pour analyse.
Les résultats des mesures sont synthétisés dans le tableau ci-après.

Tableau 24 : Résultats des mesures de dioxyde d'azote [µg/m³]

Points	Durée d'exposition	Moyenne [µg/m³]	Coefficient de variation des réplicats
Point 1	696,7 h	34,5	3,6 %
Point 2	696,2 h	36,4	6,5 %
Point 3	696,5 h	31,6	2,2 %
Point 4	696,5 h	34,1	0,2 %
Point 5	696,5 h	32,1	2,3 %
Point 6	696,6 h	31,5	1,0 %
Point 7	696,7 h	29,6	2,1 %
Point 8	696,6 h	32,1	0,4 %
Point 9	696,3 h	30,5	1,6 %
Point 10	696,3 h	30,2	1,2 %
Point 10 (blanc)	696,3 h	< 0,3	-

LD (Limite Détection) = 0,3 µg/m³

Validité des mesures

Les écarts relatifs entre les réplicats de mesure de NO_2 sont calculés selon la formule suivante :

$$ER[\%] = 100 \times \left| \frac{m-a}{m} \right|$$

avec :

$$m = \frac{a+b}{2}$$

a : Concentration mesurée pour l'échantillonneur A
b : Concentration mesurée pour l'échantillonneur B

Ces écarts relatifs informent de la dispersion des résultats.

Pour les points de mesure ayant été doublés, l'écart relatif est inférieur à 5 % (à l'exception du point n°2 pour lequel la variation demeure inférieure à l'incertitude relative de la méthode), ce qui confirme une répétabilité correcte de la méthode de mesure.
La valeur du blanc (n°10) est inférieure à la limite de détection.

Interprétation des résultats

À titre informatif, les seuils réglementaires sont les suivants :

- 40 µgNO_2/m³ en moyenne annuelle ;
- 200 µgNO_2/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 heures/an.

Le graphe suivant illustre les teneurs mesurées en dioxyde d'azote pendant la campagne. Compte-tenu de la durée de la campagne de mesure, les résultats ne sont pas directement comparables à une teneur annuelle, ils informent toutefois de la répartition spatiale de la pollution en NO_2 entre les différents points de mesures.

Les teneurs relevées sont comprises entre 29,6 µg/m³ au point n°7 et 36,4 µg/m³ au point n°2. Les points à proximité de la route départementale D986 (n°1 et 2) présentent les concentrations plus élevées. Néanmoins, les concentrations en NO_2 sont assez homogènes sur l'ensemble des points.

Ces résultats sont en adéquation avec le contexte géographique du projet (bordé par la N385/A86 et la D986), la typologie des points de mesure (situation trafic) et les conditions météorologiques lors de la campagne.

Rappel : dans l'ensemble, les conditions météorologiques lors de la campagne de mesure ont plutôt favorisé l'accumulation des polluants.

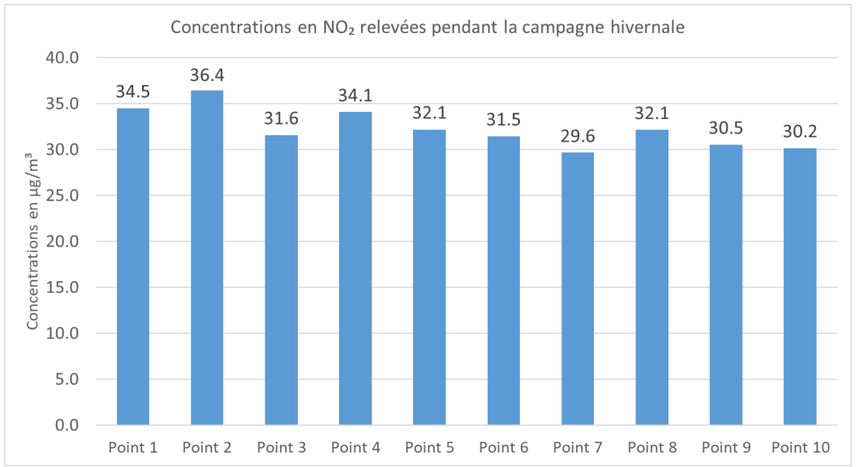


Figure 58 : Résultats des mesures du dioxyde d'azote

Comparaison avec les données Airparif

Le tableau ci-dessous recense les données Airparif en NO_2 sur la même période de mesure.

Tableau 25 : Données Airparif disponibles sur les concentrations en NO_2 mesurées du 17 novembre au 16 décembre 2022

Données NO_2 des stations d'Airparif	Paris 15e	Place Victor Basch	Versailles	Vitry-sur-Seine
	Fond urbain	Trafic urbain	Fond périurbain	Fond urbain
Concentration moyenne	28,4	41,0	24,6	27,4
Concentration maximum horaire sur la période	75,7	83,1	64,2	65,9
Nombre de dépassements du seuil de recommandation et d'information (200 µg/m³ en moyenne horaire)	0	0	0	0
Nombre de dépassements du seuil d'alerte (200 µg/m³ en moyenne horaire si dépassement la veille et risque de dépassement le lendemain)	0	0	0	0
Nombre de dépassements du seuil d'alerte (400 µg/m³ en moyenne horaire dépassé pendant 3h consécutives)	0	0	0	0

Au niveau des stations de mesures Airparif, aucun dépassement du seuil horaire en NO_2 n'est enregistré sur la période correspondant à la campagne de mesure in situ.

Tous les points de mesure *in situ* présentent des concentrations légèrement supérieures à celles mesurées par les stations Airparif de fond urbain et périurbain et légèrement inférieures à celle relevée par Airparif à la station de trafic urbain **Place Victor Basch**.

Les résultats des mesures in situ en NO_2 font ressortir l'influence du trafic routier sur la qualité de l'air (concentrations d'autant plus élevées le long des voies routières que les volumes de trafic sont importants).

11.4. SYNTHESE DES RESULTATS

De manière à compléter les diverses informations de l'association Airparif et évaluer la qualité de l'air à l'échelle locale du projet, une campagne de mesure du dioxyde d'azote sur 10 points à l'aide de tubes passifs et des particules sur 2 points par micro-capteurs laser, a été réalisée.

Durant cette campagne de mesure, les précipitations ont été inférieures aux normales de saison proratisées et les vents ont été majoritairement faibles. Les températures et l'ensoleillement ont été également plus faibles que les normales saisonnières proratisées.

Les conditions météorologiques lors de la campagne de mesures ont donc été favorables à l'accumulation des polluants, notamment en seconde moitié de période.

<u>Particules PM10 et PM2,5 :</u> la qualité de l'air du secteur d'étude est plus impactée par les particules PM2,5 que par les particules PM10. En effet, 17 et 13 dépassements de la recommandation journalière en PM2,5 sont constatés respectivement aux points de mesures n°1 et n°10 ainsi que 9 dépassements de la recommandation journalière OMS pour le PM10 au niveau du point n°10 (aucun dépassement journalier pour les PM10 n'est observé au niveau du point n°1).

<u>Dioxyde d'azote NO_2 :</u> Les concentrations en NO_2 sont comprises entre 29,6 µg/m³ au point n°7 et 36,4 µg/m³ au point n°2. Les points à proximité de la route départementale D986 (n°1 et 2) présentent les concentrations les plus élevées. Néanmoins, les concentrations en NO_2 sont assez homogènes sur l'ensemble des points.

Ces résultats sont en adéquation avec le contexte géographique du projet (bordé par la N385 et la D986), la typologie des points de mesure (situation trafic) et les conditions météorologiques lors de la campagne.

Le secteur projet est entouré par les routes N385 (au sud) et D986 (au nord). Les résultats des mesures confirment que la qualité de l'air est directement influencée par les émissions de polluants liées au trafic routier, au regard des teneurs en dioxyde d'azote.

Concernant les particules, la situation est plus complexe, les concentrations proviennent non seulement des émissions locales, mais aussi des émissions départementales, voire régionales. Également -en période hivernale/froide- les particules proviennent aussi du secteur résidentiel/tertiaire (chauffage) en sus des émissions des véhicules (abrasion + échappement).

Il faut garder à l'esprit que ces résultats sont donnés à titre informatif, compte tenu de la durée des mesures et ne sont pas comparables à la réglementation en moyenne annuelle. En outre, les valeurs sont valables exclusivement à proximité des points de mesure.

Les concentrations des polluants pour les mesures in situ relevées au niveau des différents points répertoriés précédemment sont reportées sur la planche en page suivante.

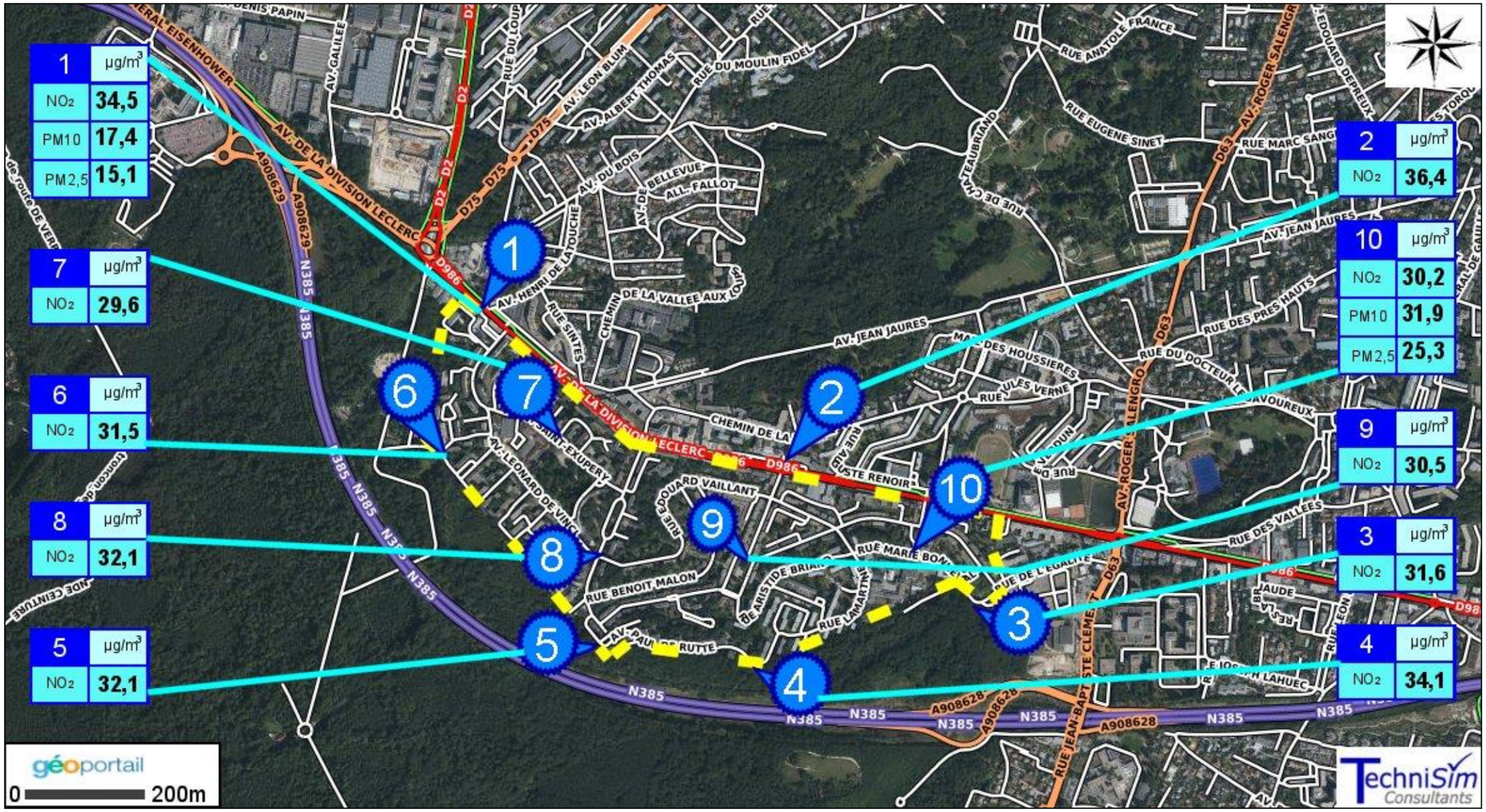


Figure 59 : Résultats des mesures in situ – Campagne du 17 novembre au 16 décembre 2022

12. PERSPECTIVE D'EVOLUTION DE L'ETAT ACTUEL

La commune de Châtenay-Malabry présente une qualité de l'air qualifiée de plutôt « moyenne » selon l'indice ATMO.

Concernant le secteur résidentiel et tertiaire et les activités, de nombreux projets d'aménagement sont recensés dans les environs du projet. La population supplémentaire (résidents/travailleurs/utilisateurs des équipements publiques) et les visiteurs et approvisionnements supplémentaires induits par la réalisation de ces programmes vont nécessairement générer une augmentation des déplacements sur le secteur et donc vraisemblablement des trafics. Les émissions liées au bâti devraient quant à elles être restreintes en fonction du recours aux énergies renouvelables ainsi que des normes énergétiques constructives mises en place (qui plus est si la RE2020 est applicable à ces projets).

Regardant l'augmentation du trafic potentiellement induite (si les projets d'infrastructures de transports en commun ne compensent pas l'intégralité de déplacements supplémentaires liés aux projets résidentiel/tertiaire/d'activités du territoire), les émissions supplémentaires devraient être compensées (au moins partiellement) par l'amélioration technologique des véhicules et le renouvellement du parc automobile.

De plus, des projets d'infrastructures routières sont également recensés sur le territoire, ces projets peuvent engendrés des modifications des conditions de circulation et des reports d'itinéraires pouvant modifier l'exposition de la population à la pollution générée par le transport routier.

Par ailleurs, la qualité de l'air a tendance à s'améliorer graduellement ces dernières années et devrait conserver cette évolution, d'autant plus que les années à venir vont voir se généraliser les améliorations technologiques des véhicules routiers, le développement des nouveaux types de mobilité (vélos électriques, …), l'abandon progressif du carburant diesel et l'arrêt des ventes de véhicules fonctionnant aux carburants fossiles en 2040 (loi LOM). Cette dernière mesure pourrait être ramenée à échéance 2035 par application du projet de la Commission européenne présenté le 14 juillet 2021 (Pacte vert pour l'Europe).
Pour l'ozone en revanche, les concentrations ne devraient pas expérimenter la même trajectoire dans le futur, étant donné que la formation de ce polluant est largement dépendante des conditions météorologiques. En effet, les rayonnements ultra-violets solaires et les températures élevées liées aux vagues de chaleur de plus en plus fréquentes que l'on retrouve en région Île-de-France (à l'instar de la France métropolitaine) favorisent des teneurs importantes en ozone en saison estivale.

13. CONCLUSION DE L'ETAT ACTUEL

Le présent état actuel s'inscrit dans le cadre du volet Air et Santé du projet de rénovation de la cité jardin à Châtenay-Malabry dans les Hauts-de-Seine [92].

L'état actuel a été mené en prenant pour cadre la *Note technique NOR : TRET1833075N du 22 février 2019* relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières et en l'adaptant à une opération d'aménagement urbain.

Les zones à enjeux au regard de la pollution atmosphérique sont les voies routières à circulation importante et leurs abords proches (notamment la N385) [cf. Carte Airparif modélisation NO_2].

Les zones à enjeux en termes de population sont les habitants (actuels et futurs) de la zone d'étude, ainsi que les populations fréquentant les établissements vulnérables à la pollution atmosphérique [zones habitées en dépassement des recommandations de l'OMS, nombre et localisation des habitants de la zone d'étude par carreaux INSEE de 200m x 200m résidant dans les zones en dépassement des recommandations de l'OMS ; localisation des lieux vulnérables, actuels et futurs résidents de la cité jardin de Châtenay-Malabry).

Les jardins potagers/collectifs/partagés ne sont pas présents dans l'emprise ou à proximité de la cité jardin de Châtenay-Malabry. Il n'existe pas de zones à enjeux par ingestion.

Le tableau qui suit synthétise l'état actuel du projet et ses enjeux.

Tableau 26 : Synthèse de l'état actuel

DOMAINES		Sensibilité
COMPATIBILITÉ DU PROJET AVEC LES DOCUMENTS DE PLANIFICATION		
En l'état actuel de la définition et des connaissances des intentions de projet, ce dernier s'inscrit en cohérence avec les documents de planification en lien avec la qualité de l'air.		
COMPOSITION DE LA ZONE D'ÉTUDE		
Caractéristiques de la zone d'étude	L'emprise projet est située sur la commune de Châtenay-Malabry et est constituée, en 2021, de tissu urbain discontinu (habitats collectifs) et d'espaces ouverts artificialisés, d'équipements (lieux de cultes, écoles, sportifs…), des parkings et d'un commerce.	
	La zone d'étude s'étend en sus en partie sur les territoires des communes de Verrières-le-Buisson et Le Plessis-Robinson, et comporte en sus, en 2021, une zone d'activités économiques, des bois ou forêts, des espaces ouverts à vocation de sport, des équipements d'enseignement et des voies de transports.	
	La population de la zone d'étude, était, en 2017 (dernières données disponibles à l'échelle géographique adéquate – données carroyées de l'INSEE), de 33 442 individus soit une densité moyenne de population estimée à 6 853 hab./km² pour l'ensemble de la zone d'étude.	
	La zone d'étude est sous couvert du PPA Île-de-France et est incluse dans la Zone Sensible pour la Qualité de l'Air en Île-en-France au sens du SRCAE.	
QUALITÉ DE L'AIR DE LA ZONE D'ÉTUDE		
État actuel de la qualité de l'air	Niveau régional : Depuis les années 1990, la qualité de l'air en Île-de-France va en s'améliorant. L'année 2020 est apparue comme une année très singulière, du fait de la crise sanitaire liée à la pandémie de Covid-19 et des mesures gouvernementales adoptées pour y faire face. Ces différentes mesures ont entrainé une réduction importante des émissions de polluants, notamment celles issues du trafic routier et aérien, et tout particulièrement pendant le confinement strict du printemps. En 2021, comparativement à 2019, la baisse des niveaux de pollution chronique se poursuit, à l'exception de l'ozone qui continue d'augmenter.	**Moyenne**
	Niveau départemental : En 2021, 6 jours de déclenchement de la procédure d'information-recommandations se sont produits et concernaient tous les PM10. Tandis qu'une journée de dépassement du seuil d'information-recommandation concernait l'ozone. Il n'y a pas eu de déclenchements du seuil d'alertes depuis 2018. En fonction des années et des conditions météorologiques, les concentrations fluctuent. Il demeure que des déclenchements de procédures pour les PM10 et l'ozone se produisent encore au niveau départemental. Il est intéressant de retenir que les déclenchements concernent uniquement les PM10 (période hivernale) et l'ozone (période estivale).	
	Stations de mesures Airparif : D'après les mesures d'Airparif, il est observé que depuis 2017 : -Les concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote (NO_2) sont inférieures chaque année au seuil réglementaire de 40 µg/m³, sauf pour la station trafic « Place Victor Basch ». La ligne directrice de l'OMS de 10 µg/m³ en moyenne annuelle est dépassée chaque année pour toutes les stations. Le seuil d'information-recommandations (200 µg/m³ en moyenne horaire) est dépassé pour la station trafic « Place Victor Basch » (sauf en 2021), et la recommandation journalière de l'OMS de 25 µg/m³ est dépassée pour toutes les stations. -Les concentrations moyennes annuelles en oxyde d'azote (NOx) sont strictement supérieures au niveau critique annuel (30 µg/m³) pour la station trafic « Place Victor Basch » (en 2020 et 2021) et légèrement supérieur à la station « Vitry-sur-Seine » en 2021. -Les concentrations moyennes annuelles en particules PM10 sont inférieures au seuil réglementaire (40 µg/m³) chaque année pour toutes les stations. Cependant, la ligne directrice de l'OMS (15 µg/m³) est dépassée chaque année. Le nombre de jours où les concentrations moyennes journalières sont supérieures au seuil journalier (50 µg/m³ en moyenne journalière) est inférieur à la valeur limite de 35 dépassements annuels chaque année. En revanche, la recommandation journalière de l'OMS (3 dépassements par an de 45 µg/m³ en moyenne journalière) est dépassée chaque année pour toutes les stations (sauf en 2018 pour la station « Paris 15eme »). -Pour les particules PM2,5, la valeur limite en moyenne annuelle (25 µg/m³) est respectée pour toutes les stations chaque année, mais la ligne directrice de l'OMS (5 µg/m³) est systématiquement dépassée. Le nombre de dépassements de la valeur de 15 µg/m³ en moyenne journalière (recommandation de l'OMS) est systématiquement supérieur à la préconisation de 3 dépassements maximum par an. -Le seuil d'information-recommandations pour l'ozone (180 µg/m³ en moyenne horaire) est dépassé chaque année (sauf en 2021), pour la station « Vitry-sur-Seine ». Pour la station « Versailles », ce seuil est respecté chaque année. De plus, le seuil d'alerte (240 µg/m³ en moyenne horaire) est toujours respecté, pour les deux stations. -Les concentrations en dioxyde de soufre sont inférieures à la limite de détection. -Les concentrations en BTEX sont très faibles. La valeur limite et l'objectif de qualité pour le benzène sont largement respectés.	
	Indice ATMO : Selon l'indice ATMO, la qualité de l'air en 2022 (au 17 octobre inclus) peut être qualifiée de « Bon » 0,7 % de la période, « Moyenne » 66,9 % de la période, « Dégradée » 21,4 % de la période et « Mauvaise » 11,0 % de la période.	

DOMAINES		Sensibilité
	Modélisations Airparif : Selon les modélisations 2020/2021 d'Airparif, à l'échelle de l'emprise projet, il apparait que les seuils réglementaires annuels (NO_2, PM10, PM2,5 et benzène) sont respectés ainsi que le nombre maximum de dépassements autorisés du seuil journalier en PM10. Les objectifs de qualité annuels sont respectés sur l'ensemble de l'emprise projet (NO_2, PM10, PM2,5, benzène). Les recommandations de l'OMS pour le NO_2 (10 µg/m³), les PM10 (15 µg/m³) et les PM2,5 (5 µg/m³) en moyenne annuelle sont toutes dépassées sur l'emprise projet. L'objectif de qualité en ozone correspondant au seuil de protection de la santé est dépassé. La formation de ce polluant est fortement dépendante des conditions météorologiques. L'ensoleillement et les épisodes de fortes chaleurs, de plus en plus fréquents et intenses sur le territoire, favorisent sa production. En tout état de cause, la qualité de l'air sur le *périmètre projet* peut être qualifiée de plutôt moyenne, compte tenu des recommandations OMS non respectées.	
Mesures *in situ*	Mesures in situ sur la zone d'étude : De manière à compléter les diverses informations de l'association Airparif et évaluer la qualité de l'air à l'échelle locale du projet, une campagne de mesure du dioxyde d'azote sur 10 points à l'aide de tubes passifs et des particules sur 2 points par micro-capteurs laser, a été réalisée (17 novembre au 16 décembre 2022). Durant cette campagne de mesure, les précipitations ont été inférieures aux normales de saison proratisées et les vents ont été majoritairement faibles. Les températures et l'ensoleillement ont été également plus faibles que les normales saisonnières proratisées. Les conditions météorologiques lors de la campagne de mesures ont donc été favorables à l'accumulation des polluants, notamment en seconde moitié de période. **Particules PM10 et PM2,5 :** la qualité de l'air du secteur d'étude est plus impactée par les particules PM2,5 que par les particules PM10. En effet, 17 et 13 dépassements de la recommandation journalière en PM2,5 sont constatés respectivement aux points de mesures n°1 et n°10 ainsi que 9 dépassements de la recommandation journalière OMS pour le PM10 au niveau du point n°10 (aucun dépassement journalier pour les PM10 n'est observé au niveau du point n°1). **Dioxyde d'azote NO_2 :** Les concentrations en NO2 sont comprises entre 29,6 µg/m³ au point n° 7 et 36,4 µg/m³ au point n° 2. Les points à proximité de la route départementale D986 (n° 1 et 2) présentent les concentrations les plus élevées. Néanmoins, les concentrations en NO_2 sont assez homogènes sur l'ensemble des points. Ces résultats sont en adéquation avec le contexte géographique du projet (bordé par la N385 et la D986), la typologie des points de mesure (situation trafic) et les conditions météorologiques lors de la campagne. Le secteur projet est entouré par les routes N385 (au sud) et D986 (au nord). Les résultats des mesures confirment que la qualité de l'air est directement influencée par les émissions de polluants liées au trafic routier, au regard des teneurs en dioxyde d'azote. Concernant les particules, la situation est plus complexe, les concentrations proviennent non seulement des émissions locales, mais aussi des émissions départementales, voire régionales. Également -en période hivernale/froide- les particules proviennent aussi du secteur résidentiel/tertiaire (chauffage) en sus des émissions des véhicules (abrasion + échappement). Il faut garder à l'esprit que ces résultats sont donnés à titre informatif, compte tenu de la durée des mesures et ne sont pas comparables à la réglementation en moyenne annuelle. En outre, les valeurs sont valables exclusivement à proximité des points de mesure.	
Sources d'émission de polluants atmosphériques	Sur le territoire de l'EPT Vallée Sud Grand Paris auquel appartient Châtenay-Malabry, en 2018, les principaux secteurs émetteurs de polluants atmosphériques sont le transport routier (NOx, PM10, PM2,5, NH_3), le secteur résidentiel (NOx, PM10, PM2,5, COVNM, SO_2, NH_3), l'industrie (COVNM, SO_2), et les chantiers (PM10, PM2,5, COVNM).	
	À l'échelle de la zone d'étude, les secteurs émetteurs de polluants atmosphériques sont le transport routier et le résidentiel/tertiaire.	
	Les principales voies routières de la zone d'étude sont la N385 (101 664 véh. / jour en 2019), la D986 [Le Plessis Robinson – A86 & Châtenay-Malabry] (28 603 véh/j en 2012), la D60 (11 547 véh/j en 2018), la D63 (23 287 véh/j en 2011), la D75 (9 249 véh/j en 2019), la D2 (17 129 véh/j en 2013) et la D986 [Clamart – Châtenay-Malabry] (18 432 véh/j en 2012).	
	Les voies ferrées les plus proches du projet sont situées à environ 1,3 km à l'est. Il s'agit de la ligne à grande vitesse 431 qui dessert l'Ouest (Bretagne et Pays de la Loire) de la France à partir de la gare de Paris-Montparnasse, en passant par Massy-TGV. L'influence du transport ferroviaire peut être considérée comme négligeable en comparaison au transport routier	
	Aucun aéroport/aérodrome et aucune voie navigable ne sont présent sur la zone d'étude.	

DOMAINES		Sensibilité
	Les secteurs résidentiel & tertiaire peuvent constituer des émetteurs importants sur la zone d'étude et à proximité du projet, en fonction des types d'énergie utilisés, notamment si utilisation du bois ou de produits pétroliers/charbon comme combustibles.	
	Selon les données du Registre Français des Émissions Polluantes (IREP), aucun établissement déclarant des rejets de polluants atmosphériques n'est implanté au sein de la zone d'étude.	
	Aucune zone agricole n'est présente sur la zone d'étude.	
SANTÉ		
Exposition de la population	L'emprise projet appartient à 7 mailles concernées en 2021, pour partie de leurs surfaces par 4 nuisances environnementales (qualité de l'air, bruit des transports, pollution des sols d'origine industrielle et présentent un cadre de vie dégradé).	**Moyenne**
	En considérant les nouvelles recommandations de l'OMS (seuils de référence OMS 2021) sans distinction des recommandations journalières et annuelles, l'ensemble des Franciliens était exposé en 2021 à un dépassement des seuils pour l'ozone et les PM2,5. 95 % étaient exposés à un dépassement pour le NO_2 et 80 % étaient concernés par un dépassement pour les PM10.	
	En 2020, à Châtenay-Malabry, les estimations d'Airparif indiquent qu'aucun habitant n'était exposé ni à des teneurs dépassant les seuils réglementaires en PM10, PM2,5, dioxyde d'azote et benzène, ni à des teneurs dépassant les anciennes recommandations annuelles de l'OMS (référence 2005) en NO_2, PM10 et PM2,5. En revanche, 2 000 habitants étaient exposés à des concentrations en PM10 dépassant l'ancienne recommandation journalière de l'OMS (référence OMS 2005).	
	Compte-tenu de l'orientation des vents annuels et de leur fréquence en fonction de leur vitesse, la dispersion des polluants atmosphériques semble plutôt neutre. Il demeure que la pluviométrie annuelle est faible, avec une occurrence de jours pluvieux sur environ 34,5 % de l'année. L'ensoleillement est lui aussi assez faible, ce qui minimise la production de polluants photochimiques (ozone). Le secteur projet est de ce fait soumis à des conditions météorologiques plutôt neutres à la dispersion des polluants. Des conditions d'accumulation sont présentes, notamment avec l'incidence de vents forts du sud-ouest et du nord-ouest empêchant la dispersion des polluants émis par la circulation de la D986 et de la N385 à proximité du projet. Le projet est situé dans des reliefs très modérés. Ces reliefs s'étendent en direction ouest.	
Populations et lieux vulnérables	Sur la zone d'étude, la population réside principalement en habitat collectif (88,0 % des ménages) et le nombre moyen de personnes par ménage est de 2,4.	
	Concernant les enjeux sanitaires par inhalation : -La zone d'étude comporte 33 442 habitants dont 9 858 (soit 29,5 %) dits vulnérables à la pollution atmosphérique. -Au total, 24 établissements vulnérables à la pollution atmosphérique (crèches, écoles, EHPAD et hôpitaux) sont recensés en l'état actuel sur la zone d'étude.	
	Il n'y a pas de zones à enjeux sanitaires par ingestion	

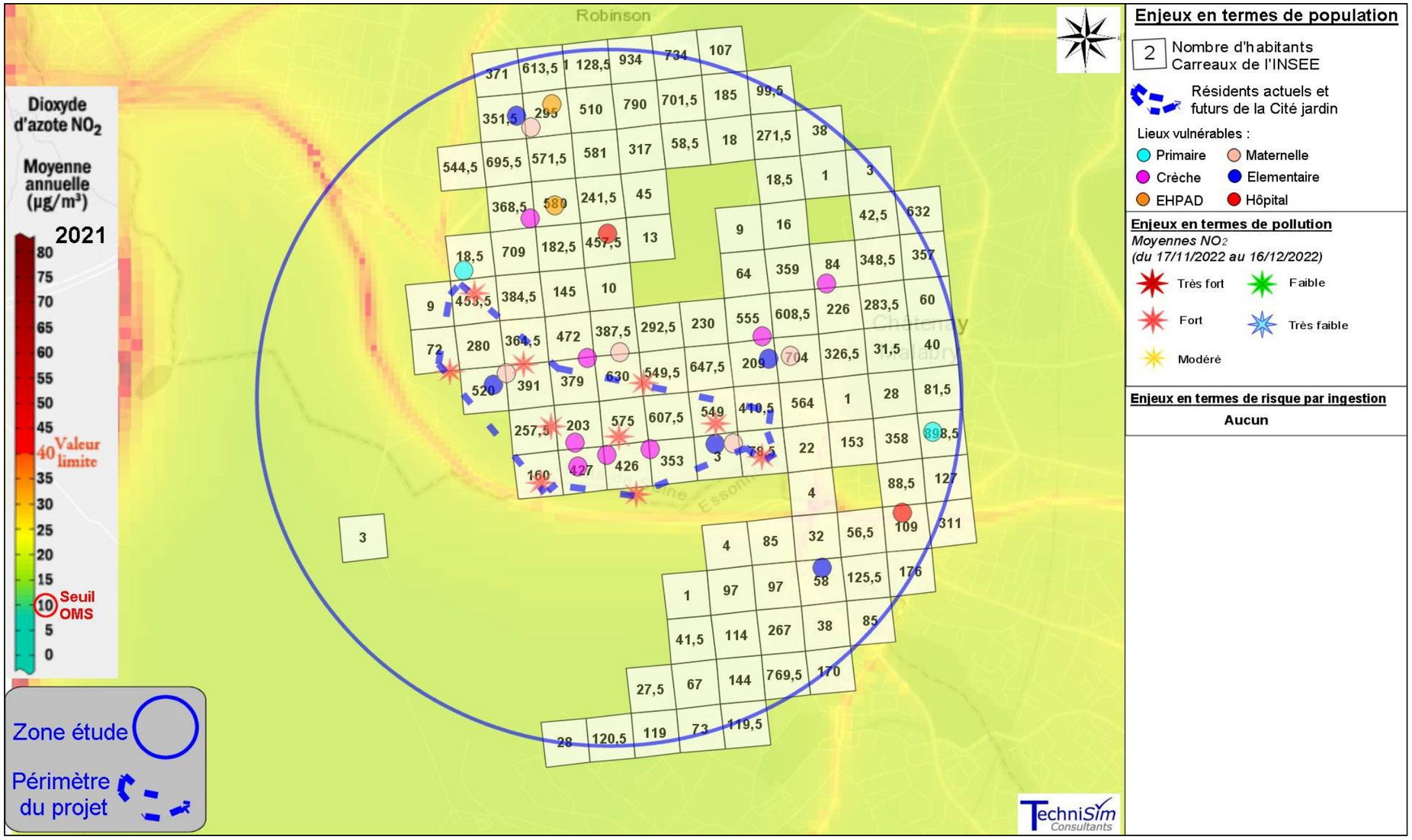


Figure 60 : Synthèse des enjeux

Analyse des Impacts

14. CONTENU DE L'ANALYSE DES IMPACTS

La réalisation du projet de rénovation urbaine de la Cité Jardin de Châtenay-Malabry va induire la modification des flux de déplacement sur la zone d'étude (flux des habitants) et donc des trafics, dont les conséquences sur la qualité de l'air sont diverses :

- **Lors de la phase chantier, les machines, l'utilisation de solvants et les opérations de construction sont autant de sources de pollution.**

- **Lors de la phase exploitation :**
  - Émissions des véhicules liées aux modifications des trafics sur le secteur ;
  - Émissions des bâtiments résidentiels et tertiaires corrélées avec les systèmes de chauffage utilisés.

Le contenu de l'analyse des impacts du projet de rénovation urbaine de la Cité Jardin de Châtenay-Malabry, est **basé** et **adapté** à partir de la Note technique du 22 février 2019 concernant les études routières de niveau I, c'est-à-dire :

- **Estimation de la consommation énergétique ;**
- **Estimation des émissions de polluants (cf. tableau ci-après, *a minima*) ;**
- **Estimation des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) ;**
- **Estimation des concentrations pour les polluants prenant part à l'évaluation des risques sanitaires ;**
- **Cartographies des estimations des concentrations modélisées pour le NO_2, les PM10 et PM2,5, sur la zone d'étude ;**
- **Présentation bibliographique des effets sanitaires de la pollution automobile sur la population ;**
- **Monétarisation et analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances ;**
- **Mesures d'évitement, de réduction et de compensation des impacts ;**
- **Impacts en phase chantier ;**
- **Évaluation de l'impact de la pollution atmosphérique sur la faune, la flore, le sol et les bâtiments ;**
- **Évaluation des Risques Sanitaires (ERS) au droit des lieux vulnérables existants, des riverains actuels de la zone d'étude et des futurs et actuels riverains du projet.**

Tableau 27 : Polluants à prendre en compte pour une étude de niveau I selon la note technique du 22 février 2019

Polluants à considérer pour une étude de niveau I		
Polluants servant à évaluer l'impact du projet sur les émissions de polluants		
Oxydes d'azote (NOx) Monoxyde de carbone (CO) Dioxyde de soufre (SO_2) Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)		Particules PM10 et PM2,5 Benzène Arsenic Nickel Benzo(a)pyrène
Polluants servant à l'Évaluation des Risques Sanitaires (Impacts du projet sur la santé)		
Voie respiratoire	Effets aigus	Particules PM10 et PM2,5 Dioxyde d'azote (NO_2)
	Effets chroniques	Particules PM10 et PM2,5 Dioxyde d'azote (NO_2) Benzène 16 HAP* dont le benzo(a)pyrène 1,3-Butadiène Chrome Nickel Arsenic
Voie orale (*Si le risque par ingestion est présent*)	Effets chroniques	16 HAP* dont le benzo(a)pyrène

*****16 HAP = acénaphtène, acénaphtylène, anthracène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène, fluorène, fluoranthène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, phénanthrène, pyrène et benzo(j)fluoranthène.

15. IMPACTS DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR EN PHASE CHANTIER

Les travaux de construction peuvent polluer l'environnement. Selon le type et la taille du chantier, les effets sont susceptibles d'être très limités à la fois géographiquement et dans le temps. Néanmoins, sur un grand chantier avec une activité longue et intensive, ils peuvent s'avérer importants.
Il importe en premier lieu de faire la distinction entre les différentes catégories d'émissions atmosphériques rencontrées sur un chantier :

- ***Les émissions à l'échappement des machines et engins*** **: les moteurs à combustion des machines et engins rejettent des polluants tels que les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone, les composés organiques volatils et les poussières fines ;**

- ***Les émissions de poussières*** **: les poussières sont générées lors des travaux d'excavation et d'aménagement, mais également lors du transport, de l'entreposage et du transbordement de matériaux sur le chantier. L'utilisation de machines et de véhicules soulève en permanence des tourbillons de poussière. Le traitement mécanique d'objets et les opérations de soudage libèrent également de la poussière ;**

- ***Les émissions des solvants*** **: l'emploi de solvants, ou de produits en contenant, engendre des émissions de composés organiques volatils [COV] ;**

- ***Les émissions d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques [HAP] :*** **le bitume utilisé pour le revêtement des voies de circulation, les aires de stationnement et les trottoirs, émet des HAP dont certains sont cancérogènes.**

15.1. QUANTIFICATION DES EMISSIONS LIEES AUX ACTIVITES DU CHANTIER

La quantification des émissions d'un chantier s'avère complexe. En effet, cela appelant un ensemble important de données, il n'est pas possible, au stade actuel de l'étude, d'évaluer les émissions atmosphériques du chantier avec exactitude.
Il est néanmoins faisable d'estimer les principales émissions - sous condition de disponibilité des données *ad hoc*.

Émissions de poussières
Les travaux de démolition et de construction sont générateurs de poussières. Selon le document de l'US EPA - AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 13 : Miscellaneous Sources - Heavy Construction Operations, les chantiers produisent :
2,69 tonnes de poussières totales [TSP] par hectare et par mois d'activité.

Par défaut, il est utilisé ce facteur d'émission pour calculer les émissions de poussières générées par les chantiers de démolition/construction.

À ce jour, la durée prévisionnelle des travaux sur l'ensemble du quartier n'est pas connue. Il n'est donc pas possible d'estimer la quantité de poussières totales, émises pendant la phase travaux.

Émissions issues du trafic des poids lourds

Les engins de chantier génèrent des gaz d'échappement, mais en quantité négligeable par rapport à ceux émis par le trafic des poids lourds lié au chantier.
En l'absence de données disponibles sur la quantité de poids lourds générée par le chantier, le calcul des émissions générées par ce trafic ne s'avère pas réalisable à ce jour.

Approche qualitative des émissions liées aux activités des chantiers en l'absence de données calculatoires

Les données présentées dans ce paragraphe proviennent en majorité du document de l'ADEME « Qualité de l'air et émissions polluantes des chantiers du BTP - État des connaissances et mesures d'atténuation dans le bâtiment et les travaux publics en faveur de la qualité de l'air » (mars 2017).

Le tableau suivant inventorie les principaux polluants émis par type d'activité. Il reprend les données de la Directive suisse « Protection de l'air sur les chantiers » qui énumère les activités liées aux travaux du BTP générant des émissions polluantes, ainsi que leur importance relative.
Ce tableau s'appuie sur des expériences et des estimations effectuées lors de la rédaction de cette Directive.

Tableau 28: Ampleur relative des émissions de polluants atmosphériques dues aux activités de construction

Opérations générant des émissions dans les travaux du bâtiment et du génie civil	Émissions non issues des moteurs		Émissions des moteurs
	Poussières	COV, gaz (solvants, etc.)	NOx, CO, CO_2, particules, COV, HC, etc.
Installations de chantier, en particulier voies de circulation	+++	+	++
Défrichage	++	+	++
Démolition, démantèlement et démontage	+++	+	++
Protection des constructions : en particulier travaux de forage, béton projeté	++	+	++
Étanchéités des ouvrages en sous-sol et des ponts	++	+++	+
Terrassements (aménagements extérieurs et travaux de végétalisation, drainage compris)	+++	+	+++
Fouilles en pleine masse	+++	+	+++
Corrections de cours d'eau	+++	+	+++
Couches de fondation et exploitation de matériaux	+++	+	+++
Travaux de revêtement	++	+++	+++
Voies ferrées	++	+	+++
Béton coulé sur place	+	+	++
Excavations	+++	++	+++
Travaux de second œuvre pour voies de circulation, en particulier marquages des voies de circulation	+	+++	+
Béton, béton armé, béton coulé sur place (travaux de génie civil)	+	+	++
Travaux d'entretien et de protection du béton, forages et coupes dans le béton et la maçonnerie	+++	+	+
Pierre naturelle et pierre artificielle	++	+	+
Couvertures : étanchéités, revêtements	+	+++	+
Étanchéités et isolations spéciales	+	+++	+
Crépissages de façade : crépis et enduits de façade, plâtrerie	++	++	+
Peinture (extérieure et intérieure)	++	+++	+
Revêtements de sol, de paroi et de plafond en bois, pierre artificielle ou naturelle, plastique, textile et fibre minérales (fibres projetées)	++	++	+
Nettoyage du bâtiment	++	++	+

+ Faible ++ Moyenne +++Forte

15.2. MESURES DE REDUCTION DES EMISSIONS LIEES AUX ACTIVITES DU CHANTIER

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

15.2.1. MESURES DE REDUCTION DES GAZ D'ECHAPPEMENT DES ENGINS

Deux types de mesure existent. Il s'agit de mesures d'ordre à la fois :

- **Technique ;**
- **Comportemental.**

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

Le règlement 2016/1628 du Parlement européen et du Conseil du 14/09/2016 fixe des exigences concernant les limites d'émission pour les gaz polluants et les particules polluantes pour les moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers. Ce nouveau texte abaisse les valeurs limites d'émission des moteurs destinés aux engins mobiles non routiers.
Les moteurs diesel, s'ils ne sont pas équipés de systèmes de filtres à particules efficaces, occasionnent des émissions de poussières fines particulièrement nocives pour la santé, dont des suies de diesel cancérogènes. L'utilisation d'un filtre à particules sur ces engins permet de réduire de 95 % la teneur en particules des gaz d'échappement.
L'entretien des machines peut également agir sur les émissions, étant donné que des machines mal entretenues génèrent davantage d'émissions atmosphériques.
Dans son document « Quelques bonnes pratiques sur chantier », l'APESA[1] propose d'utiliser des carburants dits 'propres' en remplacement du diesel : le gaz de pétrole liquéfié [GPL], le gaz naturel pour véhicules [GNV], les carburants TBTS [Très Basse Teneurs en Soufre] ou encore l'Émulsion Eau dans Gazole [EEG]. L'EEG est un mélange de diesel, d'eau, et d'agents émulsifiants. Le principal avantage de l'EEG est de permettre la réduction de 15 à 30 % des rejets de NOx et de 30 à 80 % des émissions de particules carbonées.
Enfin, l'utilisation d'équipements fonctionnant à l'électricité ou sur batterie plutôt qu'au gasoil ou autres carburants fossiles permet d'éviter l'émission de polluants locaux.

Les autres axes de réduction font appel au comportement des opérateurs.

[1] L'APESA, est un Centre Technologique en environnement et maîtrise des risques, basé sur 4 sites en Aquitaine.

Un bon entretien et un réglage approprié des engins selon les spécifications du constructeur permettent d'assurer leur fonctionnement optimal et par suite, de limiter leurs émissions.
Un moteur diesel consomme environ 4 litres/heure pour un ralenti à 1 000 tours/minute. Les changements de comportement des opérateurs sur chantier en vue de limiter les ralentis sont des moyens reconnus de réduction des émissions.

15.2.2. MESURES DE REDUCTION DES EMISSIONS DE POUSSIERES

Sur un chantier, les actions responsables de la mise en suspension de poussières sont nombreuses.
Une étude d'impact menée par l'Institut Pasteur dans le cadre d'un chantier précis[1] en a ainsi identifiées cinq :

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

Avec, à la marge :

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

Pour réduire ces émissions de poussières, certaines actions ciblées peuvent être réalisées :

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

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

15.2.3. MESURES DE REDUCTION DES EMISSIONS DE COV ET DE HAP

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

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

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

- **Bannir des préparations thermiques les revêtements/matériaux contenant du goudron sur les chantiers ;**
- **Employer des bitumes à faible taux d'émission de polluants atmosphériques (émission réduite de fumées) ;**
- **Employer des émulsions bitumineuses plutôt que de solutions bitumineuses (travaux de revêtement de routes) ;**
- **Abaisser au maximum la température de traitement par un choix approprié des liants ;**
- **Utiliser des asphaltes coulés et des bitumes à chaud et à faible émanation de fumées ;**
- **Employer des chaudières fermées munies de régulateurs de température ;**
- **Éviter la surchauffe des bitumineux dans les procédés de soudage ;**
- **Aménager les postes de soudage, de manière que les fumées puissent être captées, aspirées et séparées.**

15.2.4. CHARTE CHANTIERS VERTS

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

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

Cette 'charte' fait partie des pièces contractuelles devant être intégrée au marché de travaux. Elle doit être remise à chaque intervenant sur le chantier et signée par chacun.
En pratique, la garantie d'un « chantier vert » passe par différentes étapes :

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

15.3. SYNTHESE

De manière générale, les principales émissions atmosphériques d'un chantier sont les poussières, conjuguées aux gaz d'échappement produits par les engins.

Le calcul des émissions d'un chantier appelle de nombreux paramètres (connaissance préalable des durées réelles de la phase chantier, des matériaux utilisés, du nombre d'engins et de passages de poids lourds, de la sensibilisation des opérateurs aux mesures de réduction des émissions, etc.). De la sorte, et compte tenu de la multiplicité des données requises, il s'avère complexe, au stade actuel de l'étude, d'évaluer les émissions atmosphériques de cette phase.

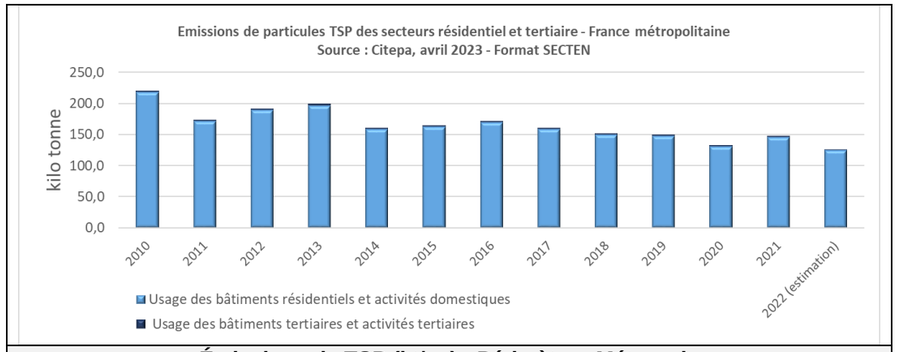
Afin de limiter les émissions atmosphériques provenant des chantiers, il est possible de mettre en œuvre certaines mesures de réduction, par exemple, la charte « Chantiers verts ».

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

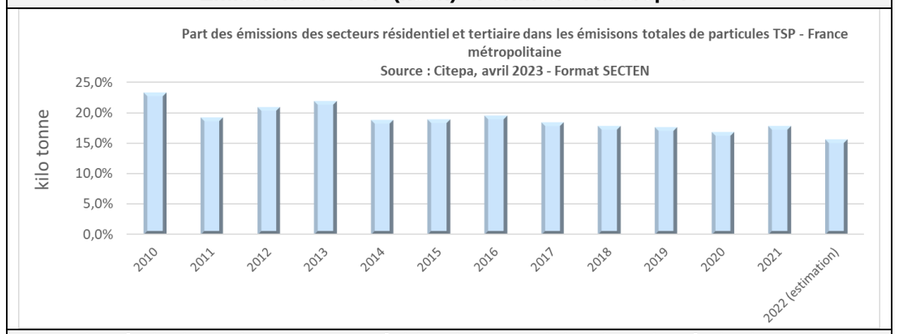
16.1. ÉMISSIONS PROVENANT DES BATIMENTS CREES

16.1.1. GENERALITES – EMISSIONS ATMOSPHERIQUES DES SECTEURS RESIDENTIEL ET TERTIAIRE

Les données présentées dans ce paragraphe proviennent toutes des études du Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique [CITEPA].
Selon ces études, la participation de ces secteurs dans les émissions totales de particules en France métropolitaine montre une tendance à la diminution sur la période 2010-2022[1] pour les TSP ; à une relative stabilité pour les PM10, PM2,5 et PM1,0 et à la hausse pour le carbone suie (cf. graphiques ci-après).
Il est également observé que le secteur résidentiel est beaucoup plus émetteur que le secteur tertiaire.



Émissions de TSP (kt/an) - Périmètre : Métropole



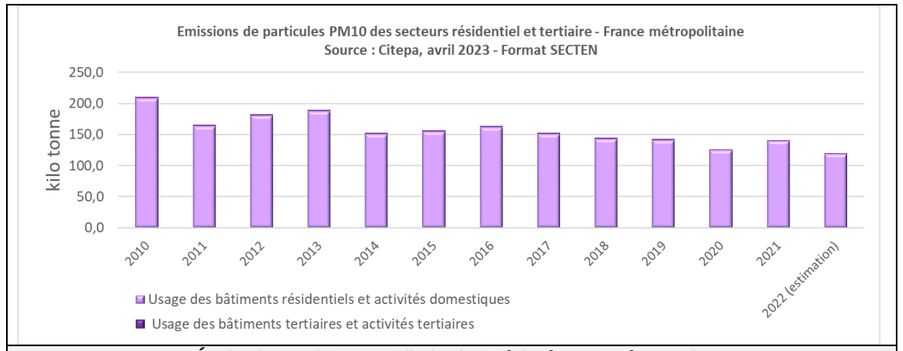
Part des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine

Figure 61: Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Particules TSP

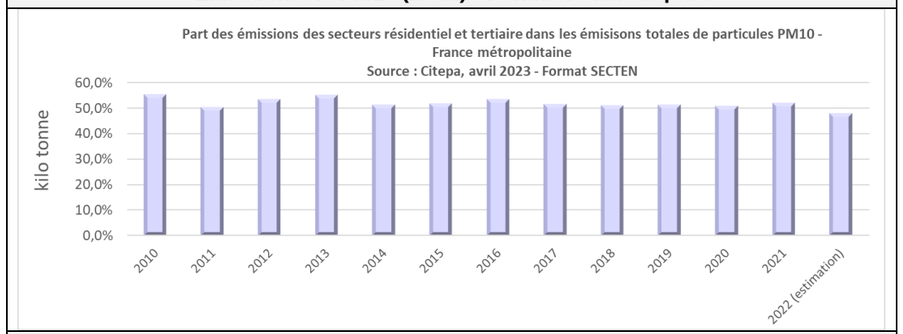
Selon les estimations de l'année 2022, en France métropolitaine, il est constaté que ces secteurs représentent ensemble environ :

- **48 % des émissions de particules PM10 ;**
- **65 % des émissions de carbone suie ;**
- **70 % émissions de particules PM2,5 ;**
- **83 % des émissions de particules PM1 (ultra fines) ;**
- **16 % des émissions de particules TSP.**

[1] Données 2022 estimées

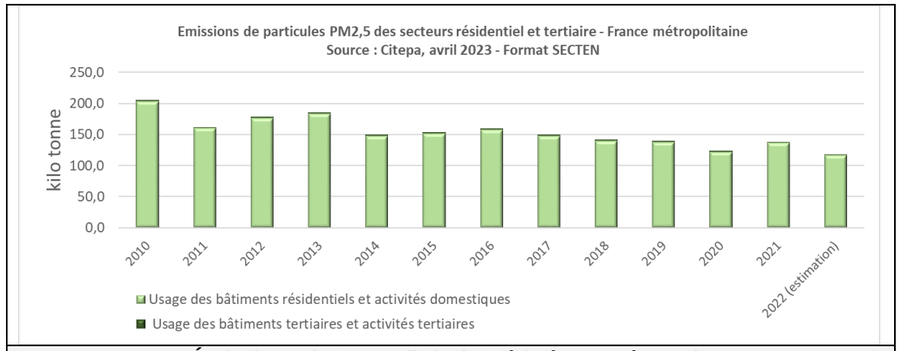


Émissions de PM10 (kt/an) - Périmètre : Métropole

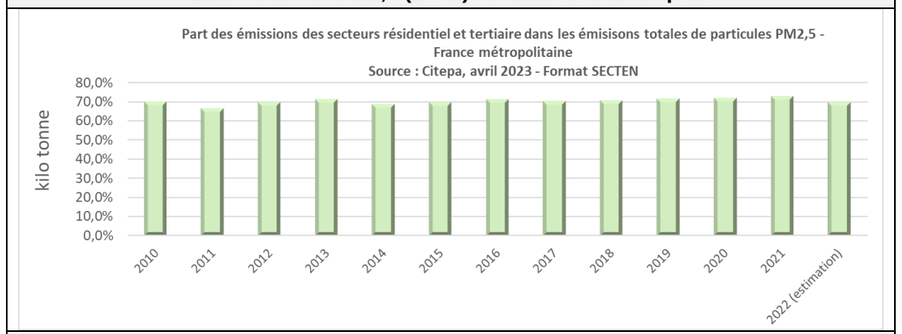


Part des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine

Figure 62: Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Particules PM10

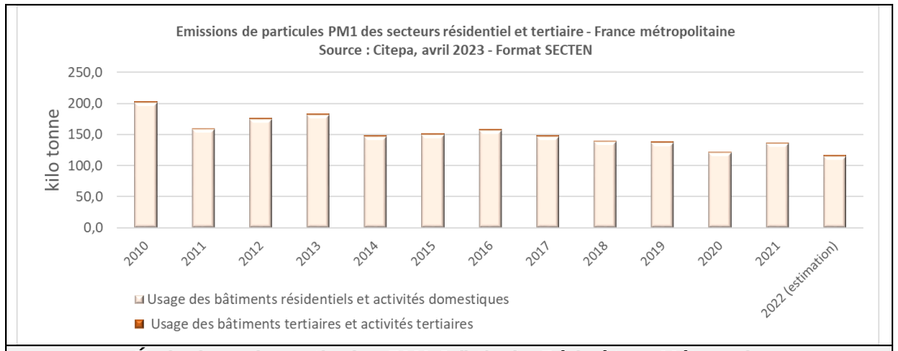


Émissions de PM2,5 (kt/an) - Périmètre : Métropole

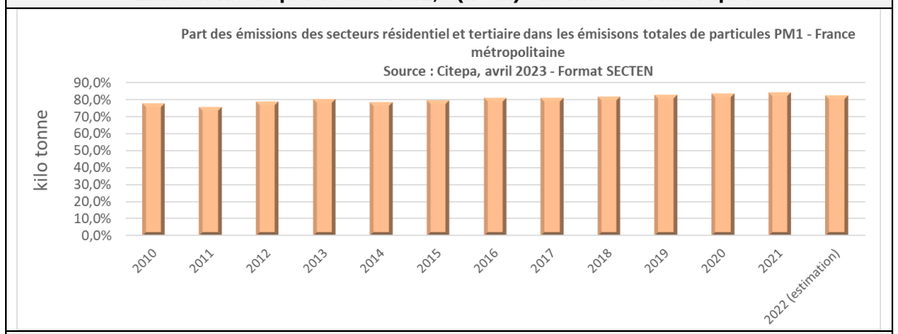


Part des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine

Figure 63: Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Particules PM2,5

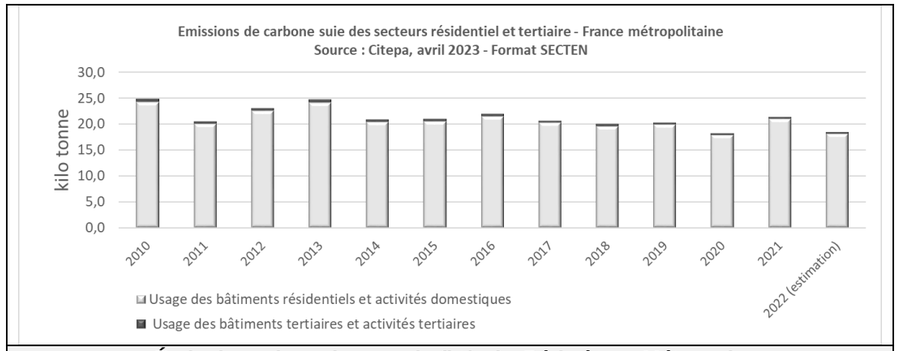


Émissions de particules PM1,0 (kt/an) - Périmètre : Métropole

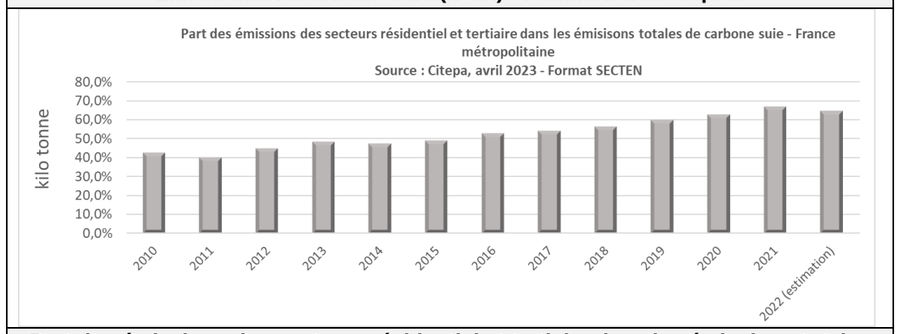


Part des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine

Figure 64: Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Particules PM1,0



Émissions de carbone suie (kt/an) - Périmètre : Métropole



Part des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine

Figure 65: Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Carbone suie

Les graphiques qui suivent représentent les émissions des substances acidifiantes (oxydes d'azote, dioxyde de soufre, composés organiques volatils non méthaniques et monoxyde de carbone) et à l'origine de l'eutrophisation, qui contribuent à la pollution photochimique et celles des métaux.

Ils représentent aussi la participation du secteur résidentiel et tertiaire dans les émissions totales en France métropolitaine.

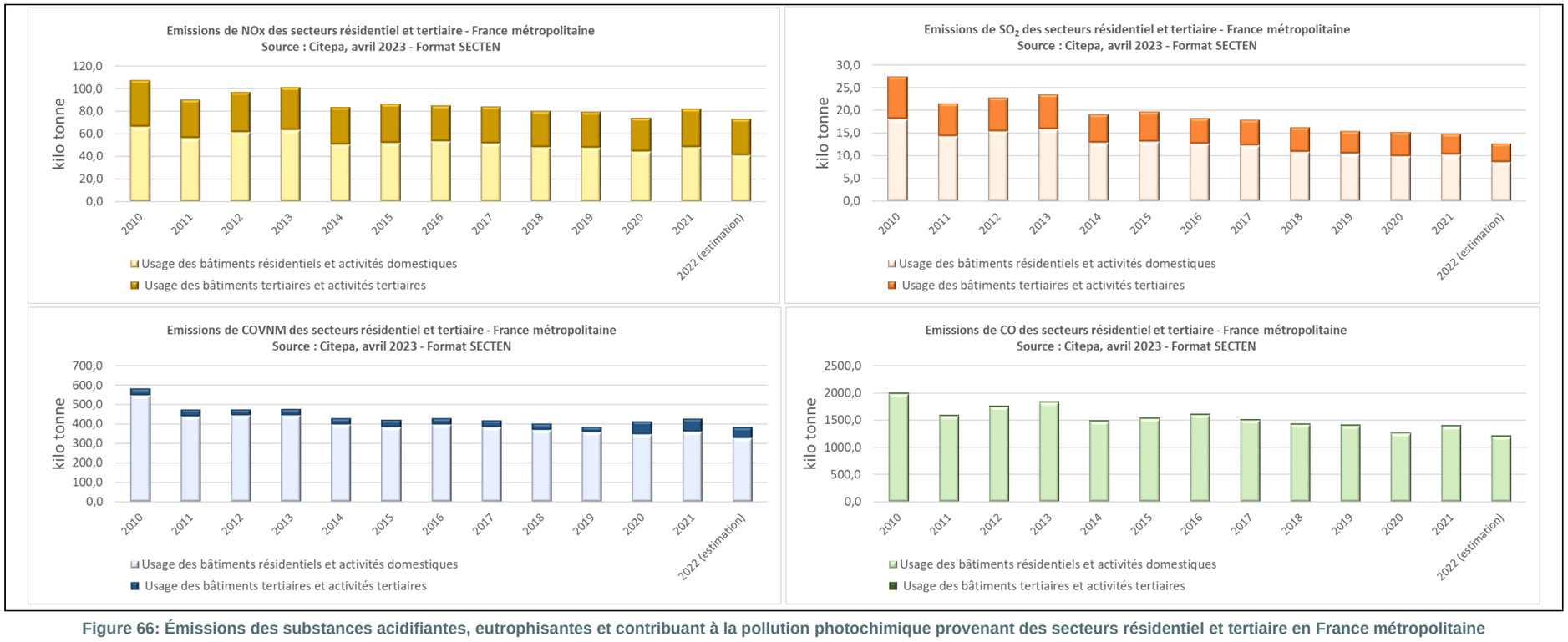


Figure 66: Émissions des substances acidifiantes, eutrophisantes et contribuant à la pollution photochimique provenant des secteurs résidentiel et tertiaire en France métropolitaine

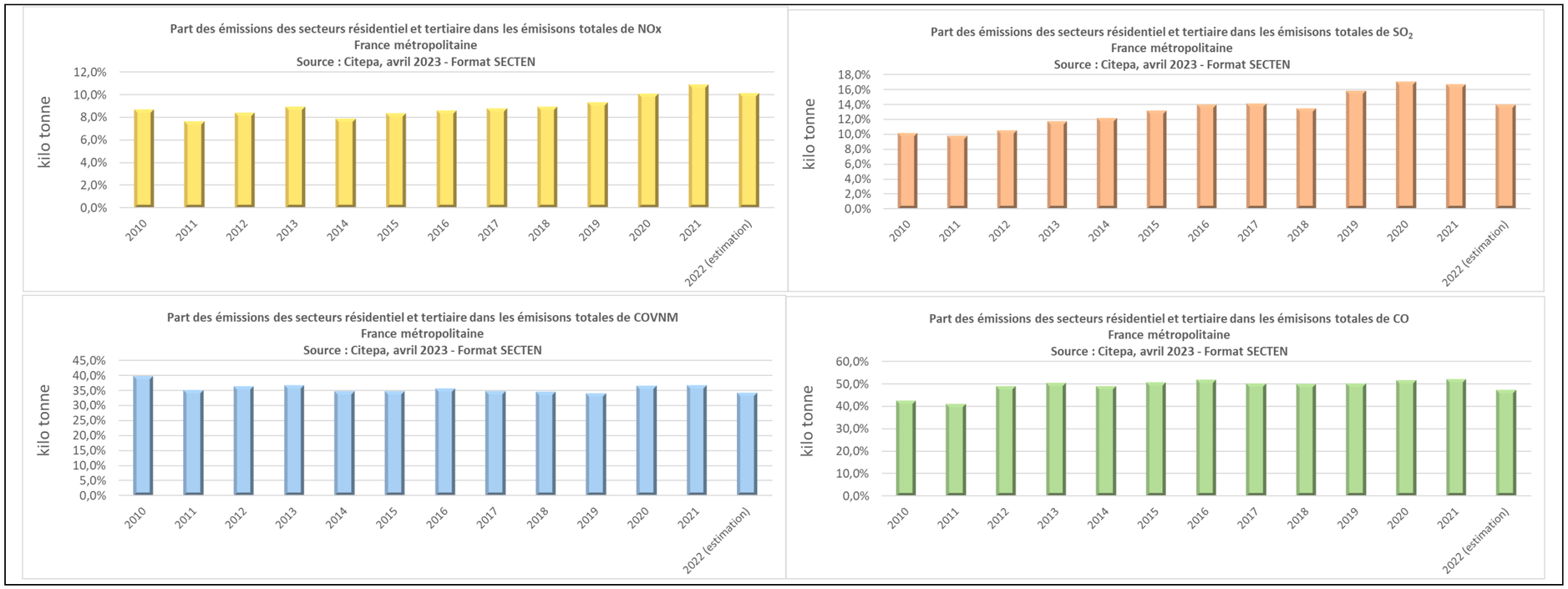


Figure 67: Part des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine – substances acidifiantes, eutrophisantes et contribuant à la pollution photochimique

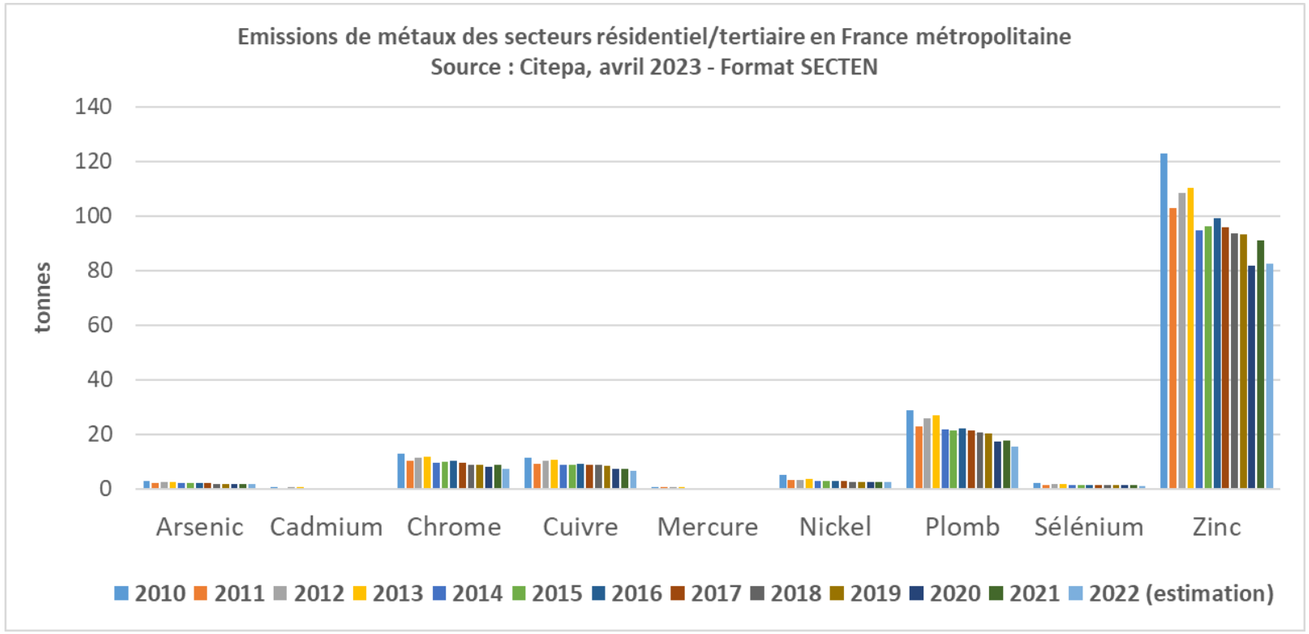


Figure 68: Émissions des métaux provenant du secteur résidentiel-tertiaire en France métropolitaine

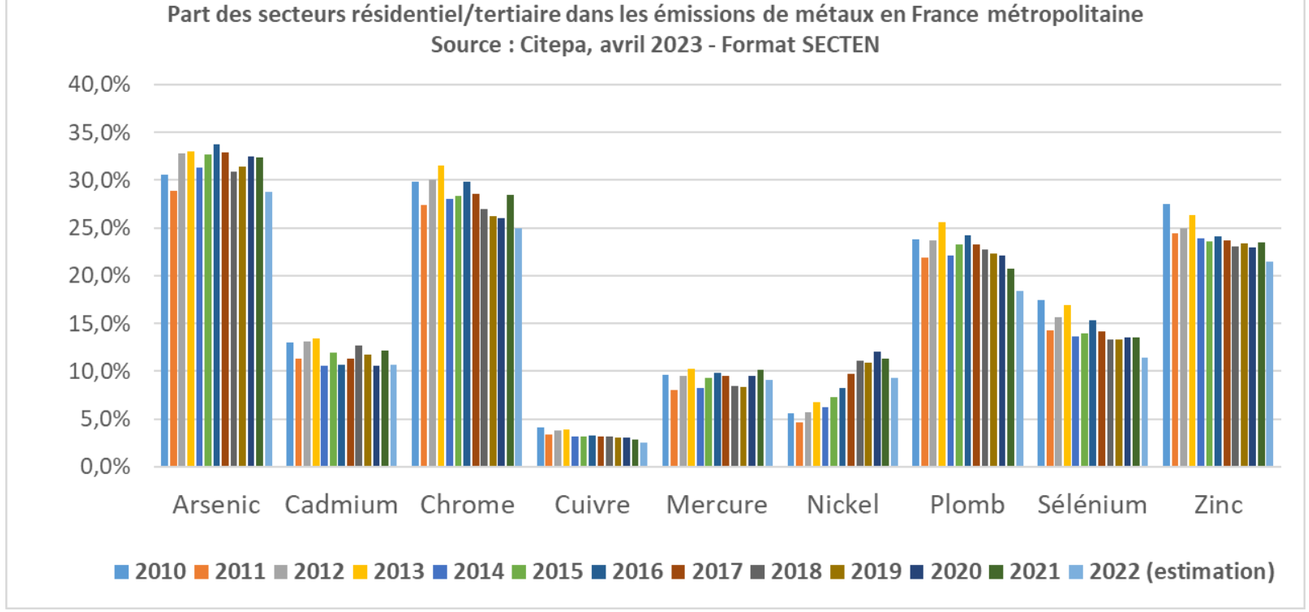


Figure 69: Part des émissions du secteur résidentiel-tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine – métaux

Selon les estimations de l'année 2022, en France métropolitaine, les secteurs résidentiel et tertiaire représentent :

- **Environ 10 % des émissions d'oxydes d'azote ;**
- **Environ 14 % des émissions de dioxyde de soufre ;**
- **Environ 34 % des émissions de COVNM ;**
- **Environ 47 % des émissions de monoxyde de carbone ;**
- **Environ 29 % des émissions d'arsenic ;**
- **Environ 21 % des émissions de zinc ;**
- **Environ 25 % des émissions de chrome ;**
- **Environ 11 % des émissions de cadmium et de sélénium ;**
- **Environ 9 % des émissions de mercure et de nickel ;**
- **Environ 3 % des émissions de cuivre ;**
- **Environ 18 % des émissions de plomb.**

16.1.2. ÉMISSIONS ATMOSPHERIQUES ISSUES DES BATIMENTS

Les bâtiments (résidentiels et tertiaires) produisent des émissions polluantes majoritairement *via* les systèmes de :

- **Chauffage (combustion d'énergie fossile) ;**
- **Ventilation.**

Pour les systèmes de chauffage, les émissions provenant de la combustion d'énergie fossile diffèrent selon les combustibles utilisés. Ainsi, la combustion de biomasse ou de fioul génère des particules PM10 et PM2,5 avec des HAP et des dioxines/furanes, contrairement à la combustion du gaz naturel qui n'en émet pratiquement pas.
Seuls les oxydes d'azote sont produits, quel que soit le combustible utilisé, puisqu'ils se forment à haute température à partir de l'azote de l'air.

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

Sont distinguées trois catégories principales de pollution :

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

Les émissions provenant de la ventilation dépendent :

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

Tous ces facteurs expliquent qu'il est peu commode de se prononcer sur la composition-type d'un rejet issu des ventilations. Seules des mesures des rejets peuvent permettre de les caractériser. Néanmoins, des mesures techniques et réglementaires sont progressivement mises en place en vue de réduire à la fois la pollution à l'intérieur des bâtiments (par exemple, limiter le taux de solvants présent dans les peintures) et les rejets des systèmes de chauffage.

16.1.3. IMPACTS DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR

Les bâtiments créés seront conformes, *a priori*, à la RE2020 (applicable à partir de *janvier 2022* pour les bâtiments à usage d'habitation et de *juillet 2022* pour les bâtiments à usage de bureaux et d'enseignement primaire et secondaire ; pour les autres constructions de bâtiments (hôtels, commerces, gymnase, université, hospitalier, restaurant, etc.), le décret contient de manière inchangée les exigences de la réglementation thermique 2012 (un futur décret, introduira les exigences de la RE2020 pour ces bâtiments).
Le principal objectif de la RE2020 est de ramener à énergie positive la performance énergétique de tous les bâtiments construits « après 2020 ». Cela sous-entend que les bâtiments construits devront d'une part, être fortement isolés avec une réduction drastique des ponts thermiques et, d'autre part, être équipés de chauffage à haute efficacité énergétique. Ainsi, les émissions liées aux systèmes de chauffage seront limitées.

De même, compte tenu des règlementations visant à réduire les émissions de COV issus des meubles, des peintures et des produits ménagers, les émissions des ventilations seront modérées.

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

16.2. IMPACT DU TRAFIC AUTOMOBILE MOYEN JOURNALIER ANNUEL LIE A L'EXPLOITATION DU PROJET

16.2.1. METHODOLOGIE

- Données d'entrée

Afin de réaliser l'analyse des impacts du projet de rénovation urbaine de la Cité Jardin de Chatenay-Malabry, il est nécessaire de comparer les émissions dans l'air ambiant de composés indicateurs.
Les situations étudiées pour l'analyse des impacts afférents au projet sont les suivantes :

- **Situation N°0 : Horizon actuel (année 2020) – 2020_Actuel ;**
- **Situation N°1 : Horizon de mise en service (année 2037) – <u>Sans</u> projet – Situation Fil de l'eau – 2037_FDE ;**
- **Situation N°2 : Horizon de mise en service (année 2037) – <u>Avec</u> projet – Situation projetée – 2037_Projet ;**
- **Situation N°3 : Horizon de mise en service +20 ans (année 2057) – <u>Sans</u> projet – Situation Fil de l'eau – 2057_FDE ;**
- **Situation N°4 : Horizon de mise en service +20 ans (année 2057) – <u>Avec</u> projet – Situation projetée – 2057_Projet.**

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

- **Le trafic pour chaque tronçon exprimé en <u>T</u>rafic <u>M</u>oyen <u>J</u>ournalier <u>A</u>nnuel (TMJA) ;**
- **La vitesse de circulation ;**
- **La longueur des brins routiers.**

<u>Information :</u> Les données de circulation ont été fournies par le client, pour les brins n°1 à 25.
Le détail des données concernant le trafic est disponible en annexe.

Au sens strict, le réseau d'étude pour un projet d'infrastructures routières se compose des voies créées et/ou supprimées par le projet et des voies dont le trafic varie [du fait du projet comparativement au scénario Fil de l'Eau] de +/- 10 % [axes dont le trafic est *supérieur* à 5 000 véh/jour] ou +/- 500 véhicules [axes dont le trafic est *inférieur* à 5 000 véh/jour] à l'horizon d'étude le plus lointain.

Concernant le projet de rénovation, tous les brins dont les trafics ont été fournis (brins n°1 à 25) sont considérés dans le réseau d'étude (cf. figure suivante).

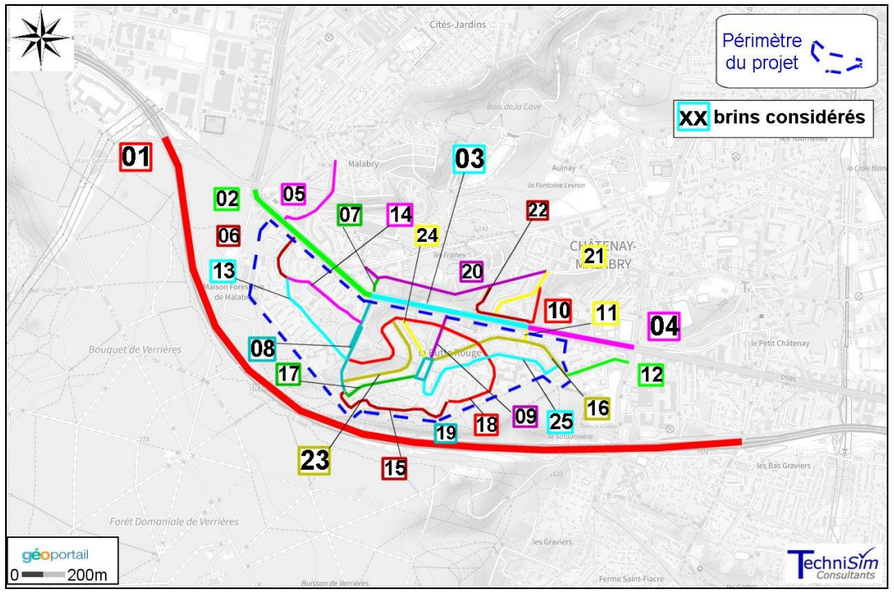


Figure 70 : Brins considérés / Réseau d'étude

- Méthodologie du calcul des consommations énergétiques et des émissions dans l'air de polluants et GES liées à la circulation automobile sur le réseau d'étude

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

COPERT (COmputer Program to calculate Emissions from Road Transport) est un modèle élaboré au niveau européen (MEET[21], CORINAIR, etc.) par différents laboratoires ou instituts de recherche sur les transports (INRETS, LAT, TUV, TRL, TNO, etc.). Diffusé par l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE), cet outil permet d'estimer les émissions atmosphériques liées au trafic routier des différents pays européens. Bien qu'il s'agisse d'une estimation à l'échelle nationale, la méthodologie COPERT s'applique, dans certaines limites, à des résolutions spatio-temporelles plus fines (1 heure ; 1 km²) et permet ainsi

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

d'élaborer des inventaires d'émission à l'échelle d'un tronçon routier, que l'on appellera « brin », ou du réseau routier d'une zone précise ou d'une agglomération.

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

COPERT V est capable d'utiliser le flux de véhicules sur chaque tronçon donné, soit par des comptages, soit par un modèle de trafic. Le flux total par tronçon est alors décomposé par type de véhicules selon la classification européenne PRE ECE, ECE et Euro.
Cette ventilation utilise les données du parc automobile français, déterminé en 2022 par l'UGE-IFSTTAR (Université Gustave Eiffel - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux**), pour l'intervalle 1970-2050, incluant les projections de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) Avec Mesures Existantes (AME).**
Ce scénario AME vise à décrire, à l'horizon 2050, l'effet des politiques publiques actuelles en prenant en compte l'ensemble des mesures portées par l'État français jusqu'à une certaine date (31 décembre 2019 dans cette version) sur la consommation d'énergie et les gaz à effet de serre[22].

La figure suivante présente l'évolution (1990-2050) de la composition (en %) du parc de voitures particulières (simulation IFSTTAR 2022 scénario AME) et des motorisations alternatives.

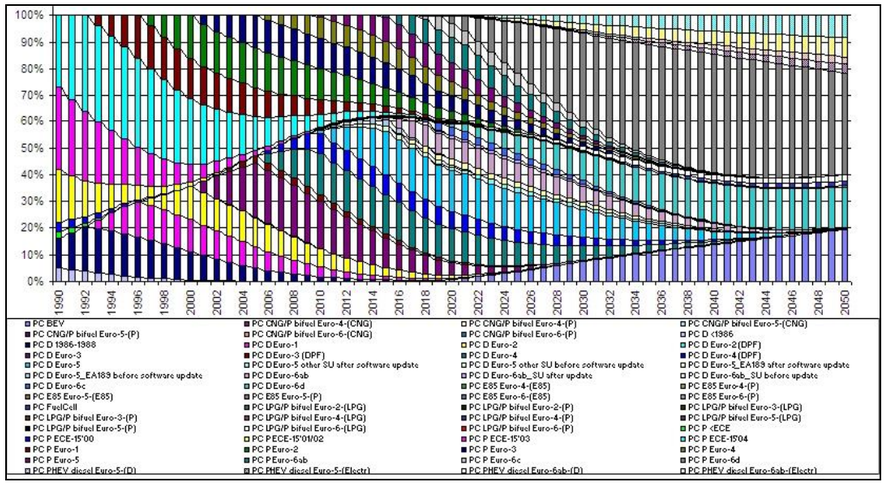


Figure 71 : Évolution de la composition du parc de voitures particulières selon la motorisation et les classes de véhicules, en proportion – version 2022 scénario AME des parcs IFSTTAR (Source : HBEFA)

[22]https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Synth%C3%A8se_du_sc%C3%A9nario_AME2021_postQAQC%5B1%5D.pdf

Le modèle d'émission du système européen COPERT V calcule les quantités de polluants rejetées par le trafic sur les différentes voies de circulation introduites dans le modèle.
Les émissions sont ainsi évaluées d'après les facteurs d'émission de méthodologies reconnues, principalement à partir du nombre de véhicules et de la vitesse de circulation ainsi que de la longueur des trajets.

Les polluants considérés sont, en premier lieu, ceux de la ***Note technique du 22 février 2019*** (cf. tableau suivant)**.**

Polluants de la Note technique du 22/02/2019 à considérer pour les émissions du réseau d'étude		**Polluants de la Note technique du 22/02/2019 à ajouter pour l'ERS** (Niveau I et au droit des lieux vulnérables dans la bande d'étude du projet pour niveau II)
▪ Oxydes d'azote (NOx) ▪ Monoxyde d'azote (NO) ▪ Dioxyde d'azote (NO_2) ▪ Particules PM10 ▪ Particules PM2,5 ▪ Monoxyde de carbone (CO)	▪ COVNM ▪ Benzène ▪ Dioxyde de soufre (SO_2) ▪ Arsenic ▪ Nickel ▪ Benzo(a)pyrène (BaP)	▪ 16 HAP[23] dont le BaP ▪ 1,3-butadiène ▪ Chrome

Sont ensuite ajoutés les polluants recommandés par l'ANSES[24], ainsi que les polluants dont les VTR sont connues.

Polluants issus de la recommandation de l'ANSES en juillet 2012	**Polluants dont les VTR sont connues**
▪ Ammoniac ▪ Dioxines ▪ Furanes ▪ Naphtalène ▪ Acétaldéhyde ▪ Acroléine ▪ Propionaldéhyde ▪ Ethylbenzène ▪ Formaldéhyde	▪ Toluène ▪ Xylènes ▪ Cadmium ▪ Mercure ▪ Plomb ▪ Particules diesel à l'échappement

[23] Somme des HAP suivants : acénaphtène, acénaphtylène, anthracène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène, fluorène, fluoranthène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, phénanthrène, pyrène et benzo(j)fluoranthene
[24] AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail 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 - 12 juillet 2012

16.2.2. INDICE VK

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

Pour le scénario analysé et si l'on considère N tronçons routiers, l'indicateur VK est calculé selon la formule suivante.

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

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

Le nombre VK permet alors l'estimation d'un flux de véhicules le long de leur parcours et des émissions potentielles consécutives à ce flux.
Les indices calculés sont synthétisés dans le tableau et la figure suivants.

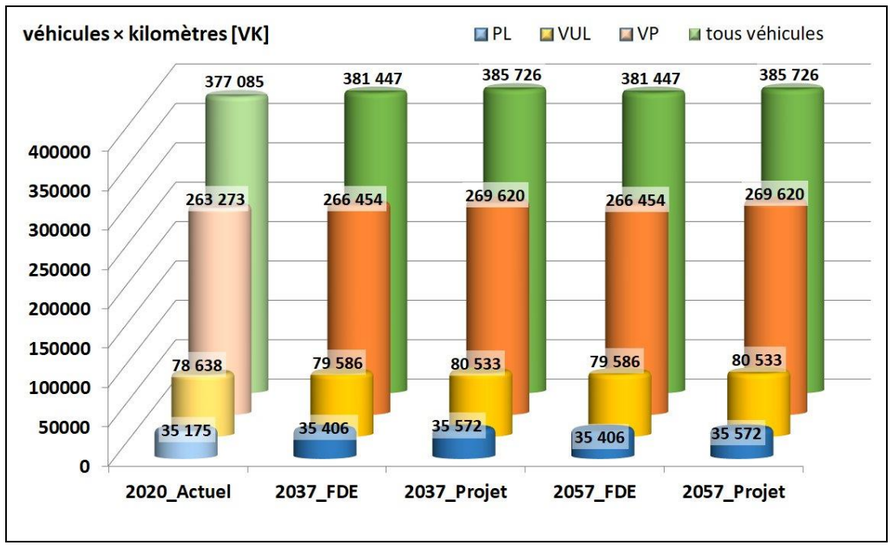


Figure 72: Indices VK sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

Sur le réseau d'étude :

-Par rapport à la situation actuelle 2020, les indices VK Tous Véhicules augmentent légèrement en situation 'Fil de l'Eau' (+1,2 % en 2037 et en 2057) et 'Projet' (+2,3 % en 2037 et en 2057).

-Comparativement à la situation 'Fil de l'eau' correspondante, les VK augmentent légèrement en situation 'Projet' de +1,1 % en 2037 et en 2057.

Tableau 29: Indices VK sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

Indices VK en moyenne journalière annuelle		Véhicules Personnels (VP)	Véhicules Utilitaires Légers (VUL)	Poids Lourds (PL)	Tous véhicules (TV)
Situation N°0	**2020_Actuel**	263 273	78 638	35 175	377 085
Situation N°1	**2037_Fil de l'eau**	266 454	79 586	35 406	381 447
Situation N°2	**2037_Projet**	269 620	80 533	35 572	385 726
Situation N°3	**2057_Fil de l'eau**	266 454	79 586	35 406	381 447
Situation N°4	**2057_Projet**	269 620	80 533	35 572	385 726

16.2.3. CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

Le tableau et la figure ci-après fournissent les consommations énergétiques en moyenne journalière annuelle sur le réseau d'étude. Celles-ci ont été obtenues à partir des données trafics avec le logiciel COPERT **V**.

Tableau 30: Consommations énergétiques sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

		Consommation de carburant [kep/jour]
Situation N°0	**2020_Actuel**	24 842
Situation N°1	**2037_Fil de l'eau**	24 012
Situation N°2	**2037_Projet**	24 280
Situation N°3	**2057_Fil de l'eau**	23 223
Situation N°4	**2057_Projet**	23 480

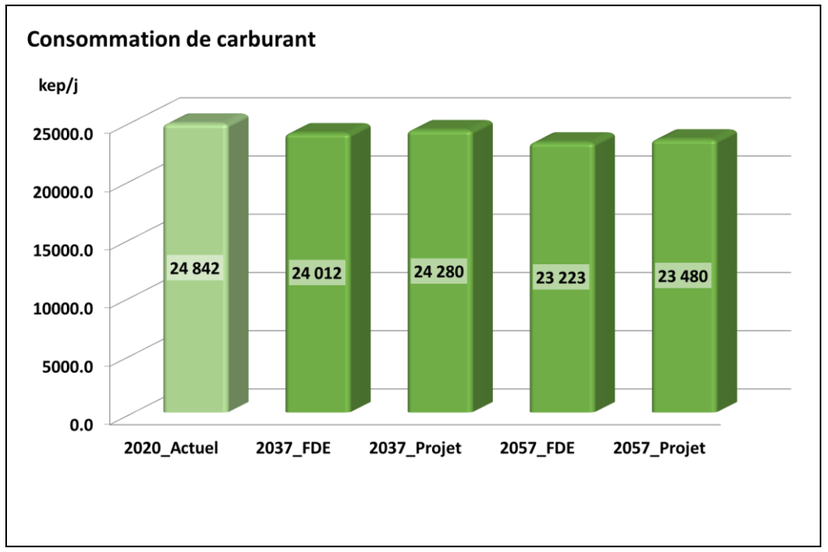


Figure 73 : Consommations énergétiques sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

Sur le réseau d'étude :

-Par rapport à la situation actuelle 2020, la consommation de carburant sur le réseau d'étude diminue en situation 'Fil de l'Eau' (-3,3 % en 2037 ; -6,5 % en 2057) et 'Projet' (-2,3 % en 2037 ; -5,5 % en 2057).

-Comparativement à la situation 'Fil de l'Eau' correspondante, la réalisation de l'aménagement induit une légère hausse de la consommation en carburant de +1,1 % en 2037 et en 2057.

16.2.4. ÉMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES SUR LE RESEAU D'ETUDE

Le tableau suivant présente les émissions sur le réseau d'étude, en moyenne journalière annuelle, sur la base du parc routier moyen français de l'UGE-IFSTTAR (version 2022), utilisant les projections de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) pour le scénario Avec Mesures Existantes (AME).

Tableau 31 : Émissions de polluants en moyenne journalière annuelle sur le réseau d'étude pour les scénarios traités

POLLUANTS	Unité	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
		Situation 0	Situation 1	Situation 2	Situation 3	Situation 4
Oxydes d'azote [éq. NO_2]	[g/j]	5,27E+04	1,34E+04	1,35E+04	4,98E+03	5,04E+03
Monoxyde d'azote	[g/j]	1,03E+05	2,90E+04	2,93E+04	2,11E+04	2,13E+04
Dioxyde d'azote	[g/j]	2,10E+05	5,78E+04	5,85E+04	3,73E+04	3,77E+04
Monoxyde de carbone	[g/j]	9,61E+04	5,03E+04	5,11E+04	5,29E+04	5,38E+04
Dioxyde de soufre	[g/j]	6,90E+02	8,88E+02	9,01E+02	1,00E+03	1,02E+03
Ammoniac	[g/j]	6,01E+03	1,06E+04	1,06E+04	1,61E+04	1,61E+04
Particules PM10	[g/j]	1,46E+04	1,03E+04	1,05E+04	9,95E+03	1,01E+04
Particules PM2,5	[g/j]	1,05E+04	6,18E+03	6,27E+03	5,83E+03	5,92E+03
Particules à l'échappement	[g/j]	5,04E+03	7,17E+02	7,27E+02	3,92E+02	3,98E+02
COVNM	[g/j]	5,15E+03	2,62E+03	2,66E+03	3,42E+03	3,47E+03
Acétaldéhyde	[g/j]	2,04E+02	8,60E+01	8,71E+01	1,17E+02	1,19E+02
Acroléine	[g/j]	9,75E+01	3,37E+01	3,42E+01	4,51E+01	4,57E+01
Benzène	[g/j]	1,40E+02	4,66E+01	4,72E+01	4,56E+01	4,62E+01
1,3-butadiène	[g/j]	8,48E+01	5,98E+01	6,06E+01	8,54E+01	8,66E+01
Éthylbenzène	[g/j]	4,60E+01	1,92E+01	1,95E+01	2,12E+01	2,15E+01
Formaldéhyde	[g/j]	3,80E+02	1,58E+02	1,60E+02	2,15E+02	2,18E+02
Propionaldéhyde	[g/j]	5,48E+01	2,34E+01	2,38E+01	3,23E+01	3,28E+01
Toluène	[g/j]	2,13E+02	9,94E+01	1,01E+02	1,08E+02	1,10E+02
Xylènes	[g/j]	1,83E+02	9,33E+01	9,46E+01	1,10E+02	1,12E+02
16 HAP	[g/j]	5,12E+01	3,45E+01	3,49E+01	2,66E+01	2,68E+01
16 HAP en BaP équivalent	[g/j]	9,34E-01	6,66E-01	6,73E-01	5,46E-01	5,52E-01
Acénaphtène	[g/j]	7,25E+00	3,64E+00	3,68E+00	2,15E+00	2,17E+00
Acénaphtylène	[g/j]	5,42E+00	2,72E+00	2,75E+00	1,61E+00	1,63E+00
Anthracène	[g/j]	1,16E+00	1,14E+00	1,15E+00	1,05E+00	1,06E+00
Benzo[a]anthracène	[g/j]	7,84E-01	5,25E-01	5,30E-01	4,13E-01	4,17E-01
Benzo[a]pyrène	[g/j]	4,44E-01	2,99E-01	3,02E-01	2,37E-01	2,39E-01
Benzo[b]fluoranthène	[g/j]	6,66E-01	5,12E-01	5,17E-01	4,42E-01	4,45E-01
Benzo[g,h,i]pérylène	[g/j]	9,12E-01	6,58E-01	6,65E-01	5,26E-01	5,31E-01
Benzo[k]fluoranthène	[g/j]	5,70E-01	4,40E-01	4,43E-01	3,85E-01	3,88E-01
Chrysène	[g/j]	1,68E+00	1,21E+00	1,22E+00	1,02E+00	1,03E+00
Dibenzo[a,h]anthracène	[g/j]	9,89E-02	5,99E-02	6,05E-02	4,40E-02	4,45E-02
Fluorène	[g/j]	1,41E+00	1,42E+00	1,42E+00	1,42E+00	1,42E+00
Fluoranthène	[g/j]	7,57E+00	5,27E+00	5,32E+00	4,13E+00	4,17E+00
Indéno[1,2,3-cd]pyrène	[g/j]	4,62E-01	3,48E-01	3,52E-01	2,93E-01	2,96E-01
Phénanthrène	[g/j]	1,53E+01	1,12E+01	1,13E+01	8,77E+00	8,87E+00
Pyrène	[g/j]	6,85E+00	4,47E+00	4,51E+00	3,43E+00	3,46E+00
Benzo(j)fluoranthène	[g/j]	6,18E-01	6,62E-01	6,67E-01	6,47E-01	6,51E-01
Naphtalène	[g/j]	3,48E+02	2,55E+02	2,58E+02	2,23E+02	2,26E+02
Somme des métaux	[g/j]	3,40E-03	3,95E-03	4,01E-03	4,26E-03	4,31E-03
Arsenic	[g/j]	1,93E-03	2,38E-03	2,41E-03	2,63E-03	2,66E-03
Cadmium	[g/j]	2,00E-01	1,83E-01	1,85E-01	1,70E-01	1,72E-01
Chrome	[g/j]	1,47E-01	1,52E-01	1,54E-01	1,54E-01	1,56E-01
Mercure	[g/j]	1,46E-02	2,15E-02	2,18E-02	2,55E-02	2,59E-02
Nickel	[g/j]	1,74E-02	2,06E-02	2,08E-02	2,23E-02	2,26E-02
Plomb	[g/j]	3,40E-03	3,95E-03	4,01E-03	4,26E-03	4,31E-03
Dioxines	[g/j]	3,29E-08	8,43E-09	8,53E-09	7,25E-09	7,34E-09
Furanes	[g/j]	4,88E-08	1,26E-08	1,28E-08	1,09E-08	1,11E-08

Sur le réseau d'étude, en moyenne journalière annuelle, il est possible de constater que les émissions de polluants (moyenne tous polluants confondus considérés dans l'étude, cf. tableau précédent) calculées aux horizons futurs 2037 et 2057 (en situation 'Fil de l'Eau' et 'Projet') sont inférieures à celles en situation actuelle 2020 (cf. histogramme suivant).

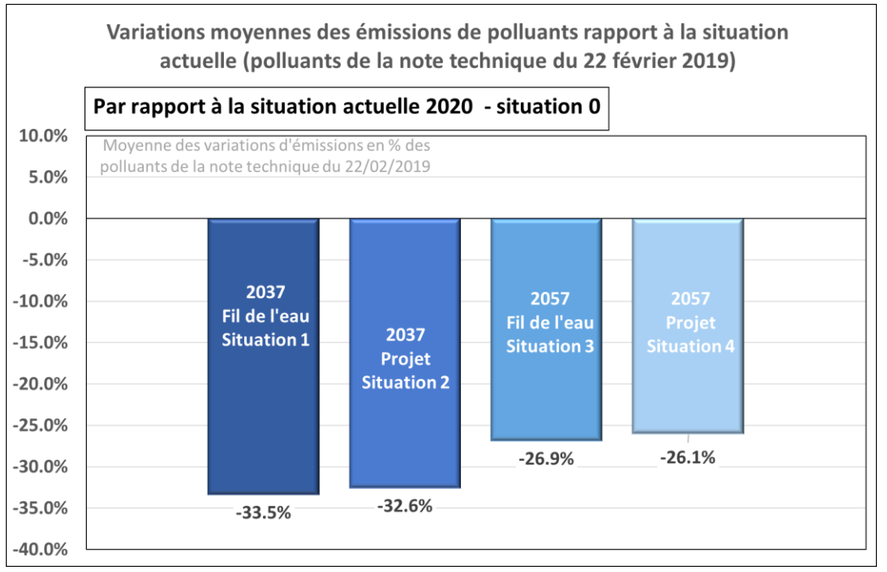


Figure 74 : Évolution moyenne des émissions de polluants en % (tous polluants confondus considérés dans l'étude) sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle comparativement à la situation actuelle 2020

Tableau 32 : Évolution des émissions moyennes journalières annuelles pour les principaux polluants sur le réseau d'étude - par polluant

Émissions moyennes journalières annuelles	NOx	PM10	PM2,5	Particules à l'échappement	CO	SO_2
2037 FDE vs Actuel 2020	-72,5%	-29,2%	-40,9%	-85,8%	-47,7%	+28,7%
2037 Projet vs Actuel 2020	-72,2%	-28,1%	-40,0%	-85,6%	-46,8%	+30,4%
Impact Projet 2037 Projet vs 2037 FDE	+1,2%	+1,5%	+1,5%	+1,4%	+1,7%	+1,4%
2057 FDE vs Actuel 2020	-82,3%	-31,7%	-44,2%	-92,2%	-44,9%	+45,1%
2057 Projet vs Actuel 2020	-82,1%	-30,6%	-43,4%	-92,1%	-44,1%	+47,0%
Impact Projet 2057 Projet vs 2057 FDE	+1,2%	+1,5%	+1,5%	+1,3%	+1,6%	+1,3%
2057 Projet vs 2037 Projet	-35,5%	-3,5%	-5,6%	-45,3%	+5,2%	+12,7%
Émissions moyennes journalières annuelles	**COVNM**	**Benzène**	**NO_2**	**BaP**	**Arsenic**	**Nickel**
2037 FDE vs Actuel 2020	-49,1%	-66,7%	-74,7%	-32,6%	+16,5%	+47,1%
2037 Projet vs Actuel 2020	-48,4%	-66,2%	-74,4%	-31,9%	+18,0%	+49,3%
Impact Projet 2037 Projet vs 2037 FDE	+1,4%	+1,3%	+1,2%	+1,1%	+1,3%	+1,5%
2057 FDE vs Actuel 2020	-33,6%	-67,3%	-90,5%	-46,6%	+25,5%	+74,7%
2057 Projet vs Actuel 2020	-32,6%	-66,9%	-90,4%	-46,0%	+27,1%	+77,2%
Impact Projet 2057 Projet vs 2057 FDE	+1,4%	+1,3%	+1,2%	+1,1%	+1,3%	+1,4%
2057 Projet vs 2037 Projet	+30,5%	-2,0%	-62,7%	-20,7%	+7,7%	+18,7%

À l'horizon futur 2037, sur le réseau d'étude, il ressort que :

-Les émissions polluantes en situations 'Fil de l'eau' et 'Projet' diminuent par rapport à la situation actuelle 2020 pour les principaux polluants (sauf pour le dioxyde de soufre, l'arsenic et le nickel qui voient leurs émissions augmenter en situation 'Fil de l'eau' et 'Projet').

Par rapport à la situation actuelle 2020, tous polluants considérés et confondus dans cette étude (cf. listes précédentes), les émissions de polluants diminuent en situation 'Projet' (-32,6 % en moyenne).

-La réalisation du projet de rénovation urbaine va entraîner une légère augmentation des émissions de tous les principaux polluants (de +1,1 % à +1,7 % suivant le polluant) par rapport à la situation 'Fil de l'eau'.

Tous polluants considérés et confondus dans cette étude (cf. listes précédentes), la réalisation du projet génère une évolution moyenne des émissions de polluants de +1,3 % par rapport à la situation 'Fil de l'eau'.

Cela est à corréler avec l'augmentation des VK sur le réseau d'étude entre les situations 'Projet' et 'Fil de l'eau', compte tenu de l'augmentation des déplacements.

-Les polluants émis par la combustion tendent à diminuer à l'horizon futur 2037 à l'exception du SO_2 pour lequel les émissions augmentent (situation 'Fil de l'eau' et 'Projet').

Les imbrûlés (COVNM) sont également en recul.

Les augmentations de trafic sur le réseau d'étude pour les situations 'Fil de l'eau' et 'Projet' à l'horizon 2037 - par rapport à la situation actuelle 2020 – seront en grande partie compensées par la baisse des émissions unitaires, en raison du renouvellement du parc automobile. En effet, le remplacement des véhicules anciens par des véhicules plus récents et plus performants d'un point de vue environnemental grâce aux améliorations technologiques (par exemple, les systèmes d'épuration des gaz d'échappement) ainsi que la diminution de la part des motorisations essence et diesel dans la composition du parc, vont induire globalement une baisse des émissions des véhicules.

Quant aux polluants émis également par l'abrasion (usure des véhicules et des revêtements routiers), ces derniers voient leurs émissions diminuer de manière moins importante (particules, BaP) voire augmenter (arsenic, nickel) pour les situations 'Fil de l'eau' et 'Projet', du fait de la hausse des VK.

Concernant l'horizon futur 2057, sur le réseau d'étude, il ressort que :

-Les émissions polluantes en situations 'Fil de l'eau' et 'Projet' diminuent également par rapport à la situation actuelle 2020 pour les principaux polluants (sauf pour le dioxyde de soufre, l'arsenic et le nickel qui voient leurs émissions augmenter en situation 'Fil de l'eau' et 'Projet'.

Tous polluants considérés et confondus dans cette étude (cf. listes précédentes), en situation 'Projet', les émissions de polluants, en moyenne, diminuent par rapport à la situation actuelle 2020 (-26,1 %).

-La réalisation du projet de rénovation urbaine va entraîner une légère augmentation des émissions de tous les principaux polluants (de +1,1 % à +1,6 % suivant le polluant) par rapport à la situation 'Fil de l'eau' 2057.

Tous polluants considérés et confondus dans cette étude (cf. listes précédentes), la réalisation du projet d'aménagement génère une évolution moyenne des émissions de polluants de +1,3 % par rapport à la situation 'Fil de l'eau'.

-Tout comme pour l'horizon 2037, les polluants émis par la combustion tendent à diminuer à l'horizon 2057 à l'exception du SO_2 pour lequel les émissions augmentent (situation 'Fil de l'eau' et 'Projet').

Les imbrûlés (COVNM) diminuent également.

Quant aux polluants émis également par l'abrasion (usure des véhicules et des revêtements routiers), ces derniers voient leurs émissions diminuer de manière moins importante (BaP et particules) voire augmenter (arsenic et nickel) du fait de la hausse des VK.

Les émissions polluantes en situation 'Projet' 2057 par rapport à la situation 'Projet' 2037 :

-diminuent pour les oxydes d'azotes, les particules à l'échappement, le dioxyde d'azote et le BaP ;

-diminuent légèrement pour les particules et le benzène ;

-augmentent pour le monoxyde de carbone, le dioxyde de soufre, les imbrulés (COVNM) et les métaux (arsenic et nickel).

Les émissions de tous les polluants considérés et confondus, en moyenne, augmentent légèrement, entre la situation 'Projet' 2037 et celle de 2057 (+3,3 %).

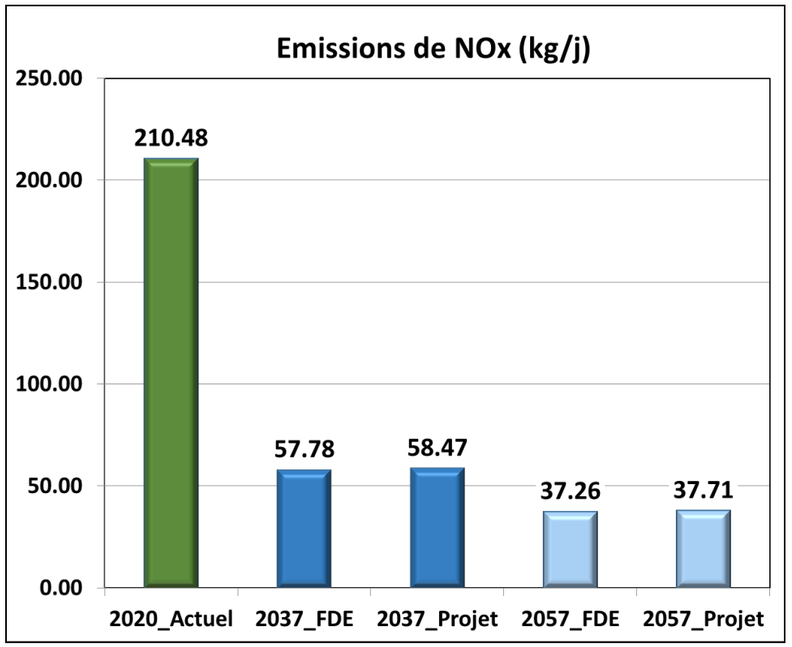


Figure 75 : Émissions d'oxydes d'azote (éq.NO_2) sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

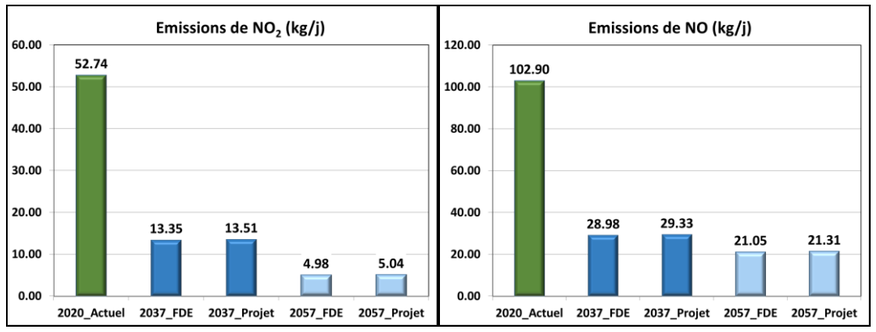


Figure 76 : Émissions de monoxyde d'azote et dioxyde d'azote sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

Les émissions des principaux polluants émis par le trafic en moyenne journalière annuelle sur le réseau d'étude sont représentées graphiquement ci-après.

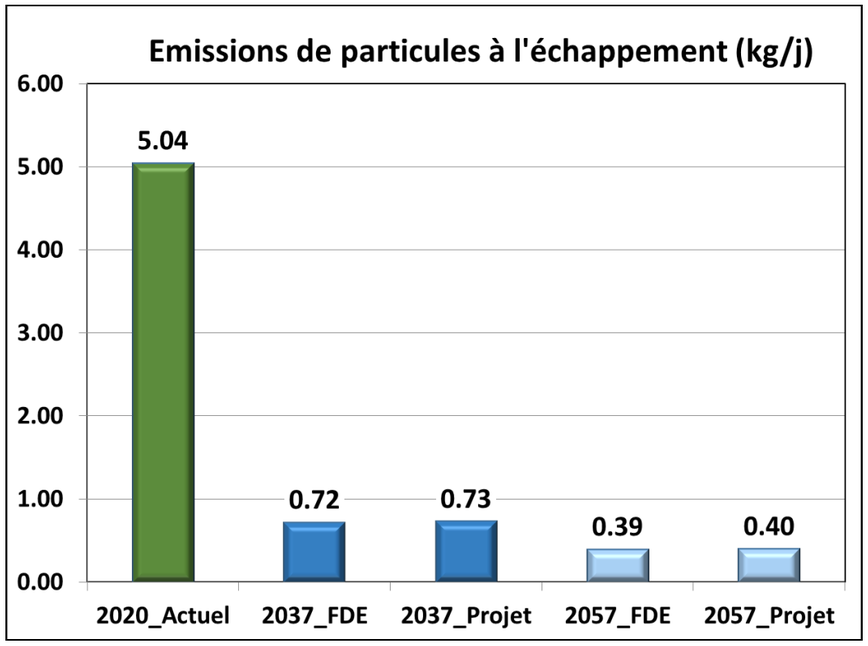


Figure 77 : Émissions de particules à l'échappement sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

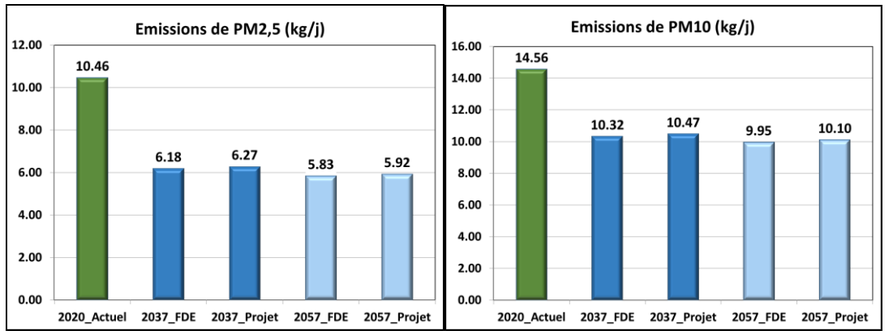


Figure 78 : Émissions de particules PM10 et PM2,5 sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

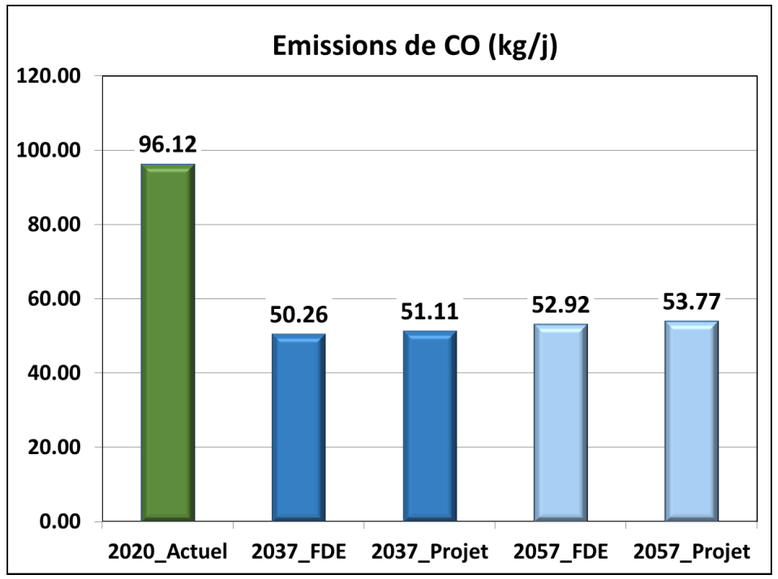


Figure 79 : Émissions de CO sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

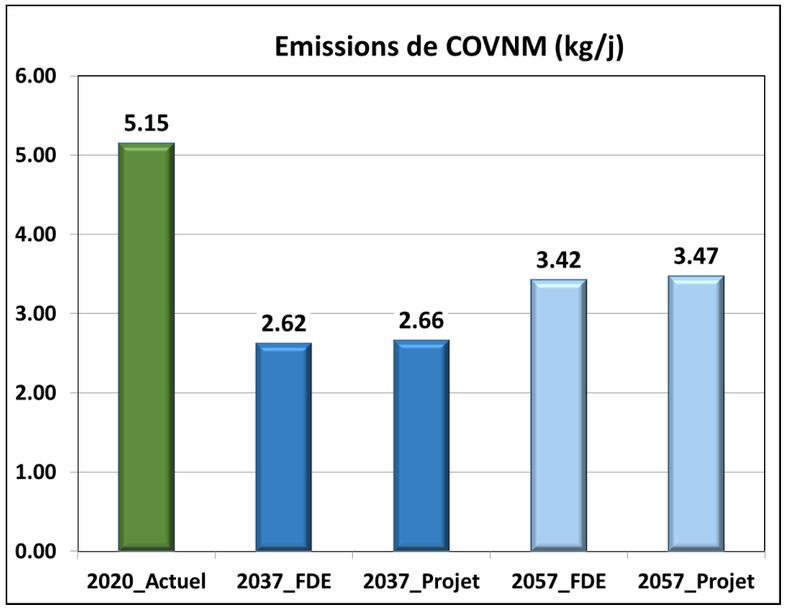


Figure 80 : Émissions de COVNM sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

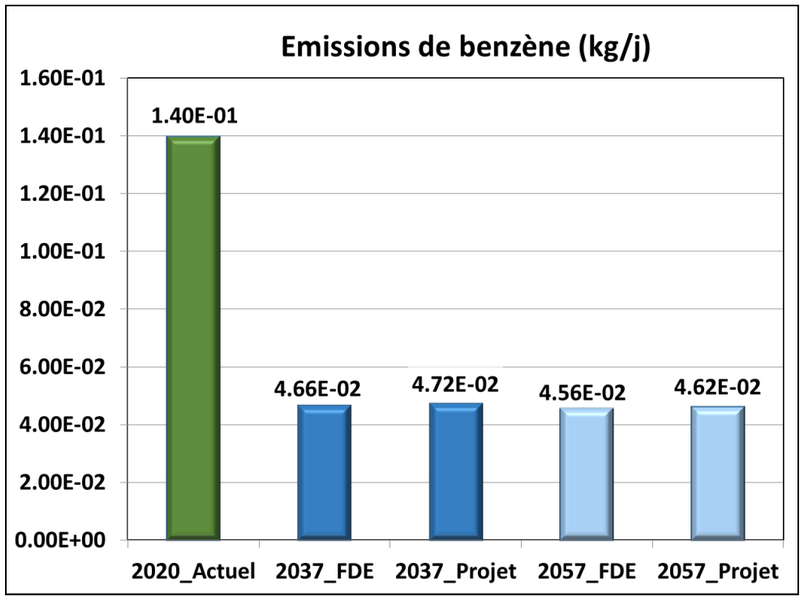


Figure 81 : Émissions de benzène sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

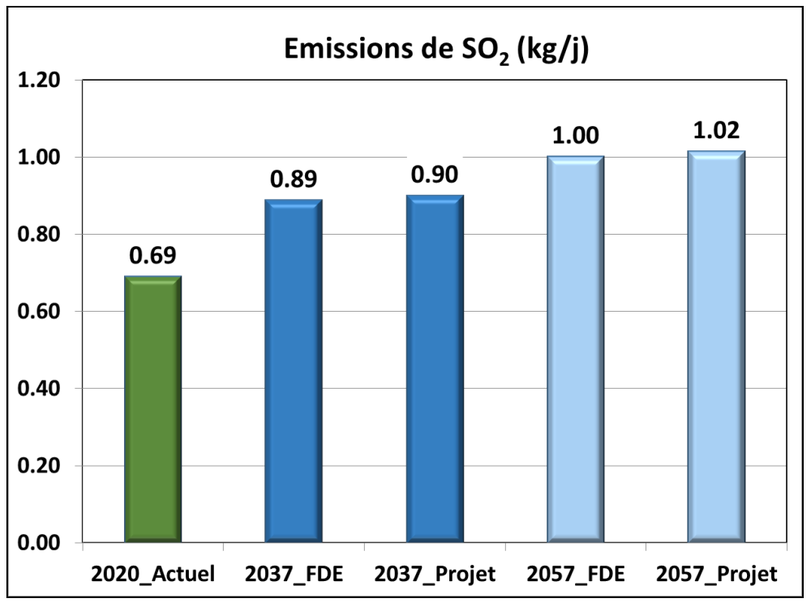


Figure 82 : Émissions de dioxyde de soufre sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

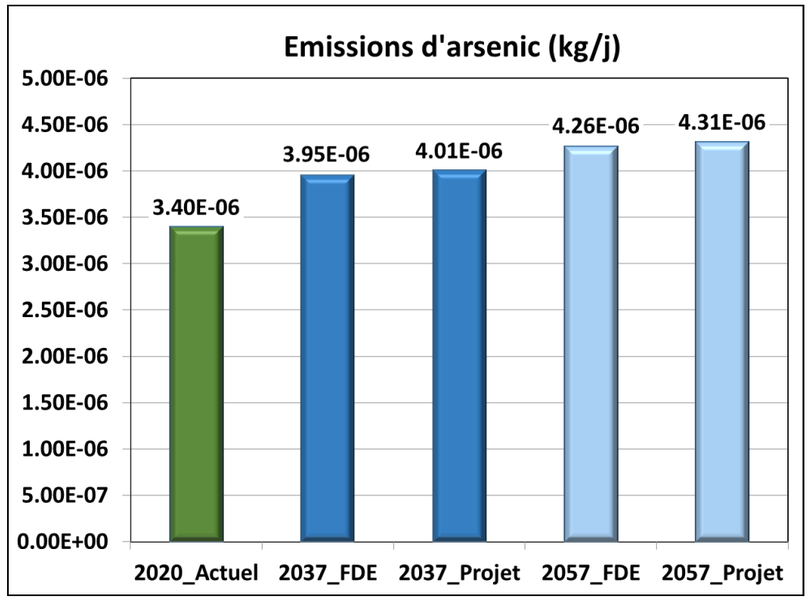


Figure 83 : Émissions d'arsenic sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

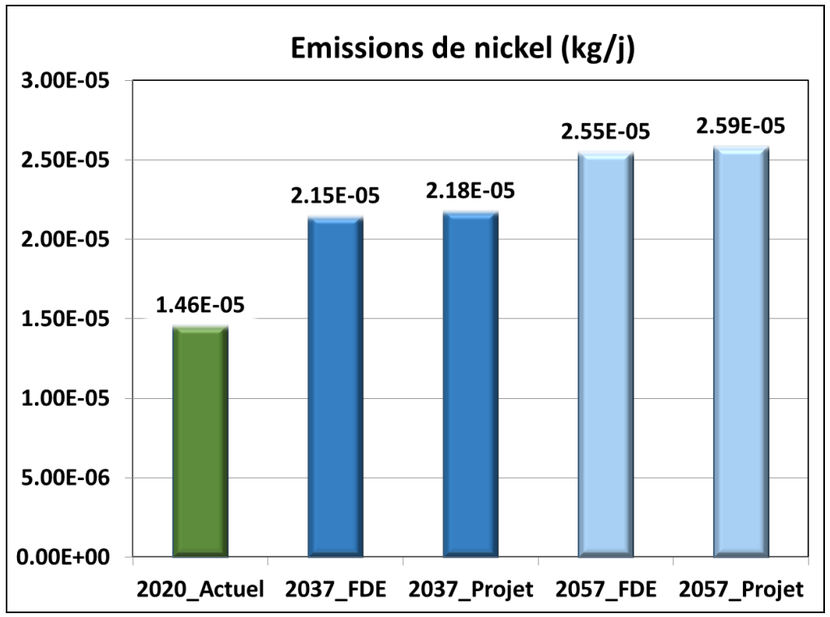


Figure 84 : Émissions de nickel sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

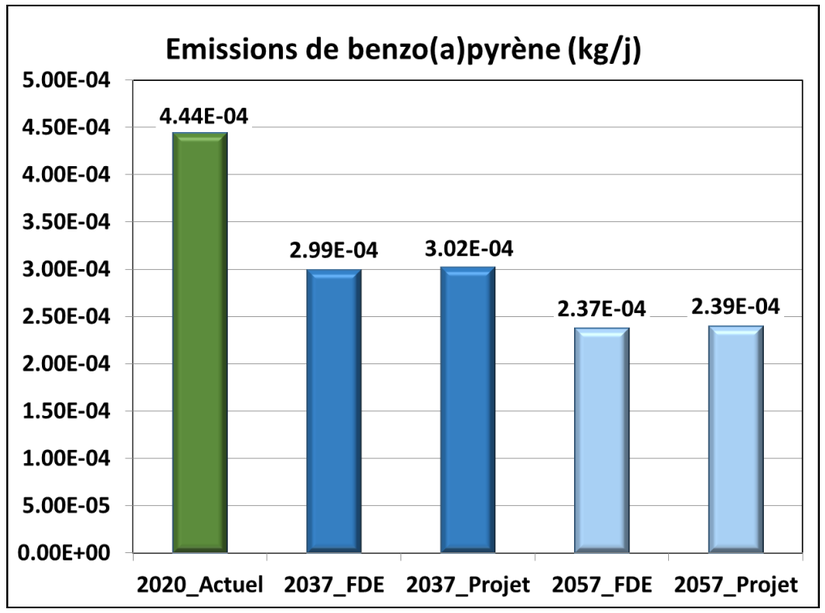


Figure 85 : Émissions de benzo(a)pyrène sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

16.2.5. SIMULATION NUMERIQUE DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE

L'objectif de la simulation numérique est d'estimer les concentrations en polluants, aux alentours des sources et au niveau des populations / lieux vulnérables.
Ici, le modèle de dispersion atmosphérique utilisé est le logiciel AERMOD (US EPA / United States Environmental Protection Agency).
Les calculs de dispersion se basent sur des taux d'émissions prévisionnels, des données météorologiques et la topographie.

Méthodologie

Le modèle AERMOD est présenté par l'AERMIC (American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model Improvement Committee) comme l'état de l'art parmi les modèles de dispersion de l'US EPA (United States Environmental Protection Agency). Ce modèle a, par ailleurs, été imposé comme modèle de dispersion de l'air obligatoire aux États-Unis pour toutes les études réglementaires.
C'est un modèle de type gaussien de dernière génération qui est basé sur la structure turbulente de la couche limite planétaire et des concepts d'échelles, incluant les terrains plats et complexes. Il détermine la vitesse du vent et la classe de stabilité qui donnent lieu aux concentrations maximales.
Cet outil suppose qu'il n'y a ni déposition lors du transport, ni réaction des polluants.

Il permet de prédire des concentrations au sol de rejets gazeux non réactifs, ou de particules solides.
Par ailleurs, les avantages et les limites de ce type de logiciel sont connus et publiés.
AERMOD contient deux préprocesseurs pour la conversion préalable des données météorologiques et topographiques, ce sont Aermet et Aermap.
L'équation de base des modèles gaussiens permettant le calcul des concentrations s'écrit comme suit :

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

Avec
- C : Concentration de polluants au point x,y,z (M/L³)
- Q : Débit de la source de polluants en (M/T)
- U_{10} : Vitesse moyenne du vent mesurée à 10 m du sol (L/T)
- σy : Écart-type de la distribution horizontale de turbulence (L)
- σz : Écart-type de la distribution verticale de turbulence (L)
- h : Hauteur effective de la source de polluants (L)

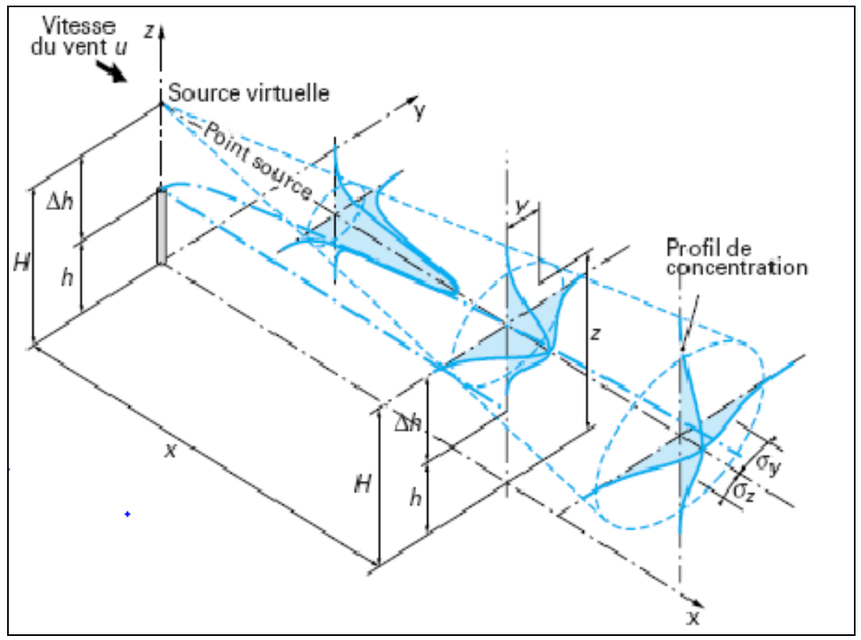


Figure 86: Modélisation gaussienne d'un panache

La dispersion atmosphérique des polluants étant directement influencée par les conditions météorologiques, les paramètres nécessaires aux simulations ont été recueillis par la station météorologique de Paris Orly.
Il s'agit des données horaires sur la durée de l'année 2007 complète, soit du 1er janvier au 31 décembre 2007. Cette durée permet d'obtenir une bonne représentativité statistique des situations météorologiques rencontrées sur une zone.
Par ailleurs, l'utilisation de données horaires permet d'assurer également une représentativité adéquate de l'évolution des paramètres.

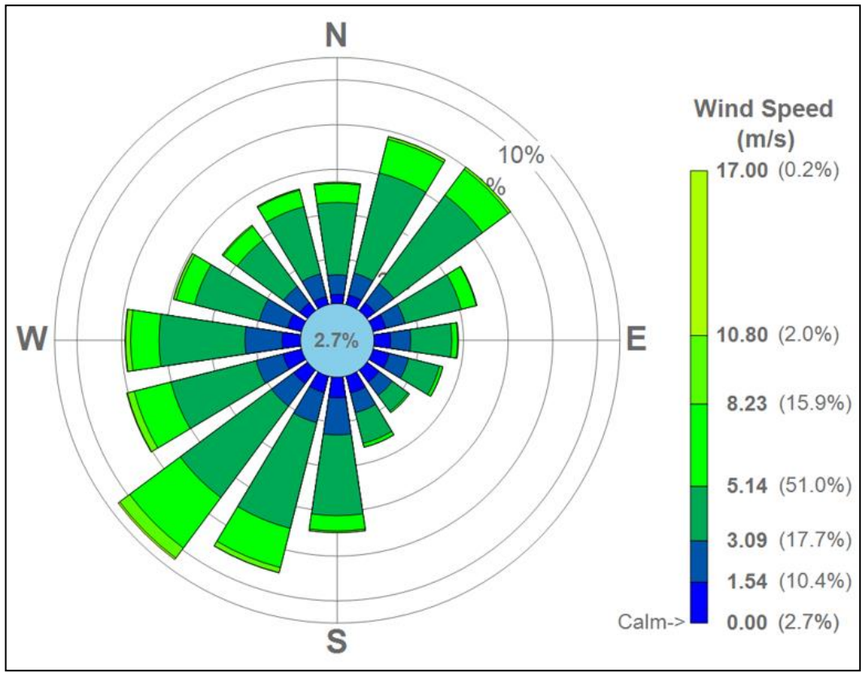


Figure 87: Rose des vents utilisée pour les simulations

La topographie du terrain est intégrée au modèle à l'aide du préprocesseur Aermap.
Les hauteurs de terrain des nœuds du réseau de récepteurs constituent les données d'entrée nécessaires. Les données topographiques ont été acquises auprès de l'IGN (résolution de 250 mètres jugée suffisante au regard de l'homogénéité du relief de la zone d'étude). Le terrain considéré est un rectangle de 4 000 m sur 2 600 m.
Le terrain numérique obtenu est illustré ci-après.

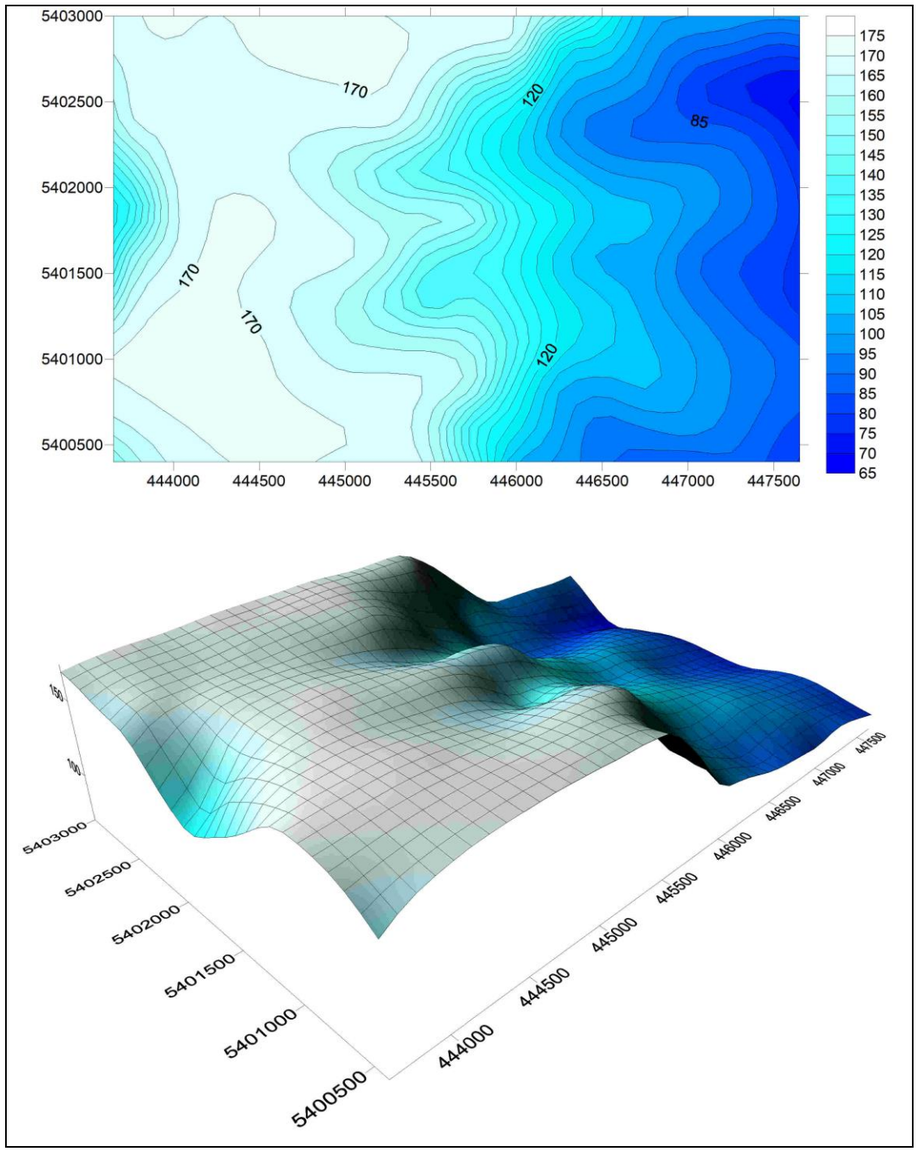


Figure 88: Terrain numérique utilisé dans les modélisations et grille de calcul

Les concentrations sont calculées en moyennes annuelles, journalières et horaires.
Elles sont relevées non seulement sur la grille de calcul (620 points de calcul) mais aussi au niveau des récepteurs ponctuels (24 lieux vulnérables : crèches, écoles maternelles, élémentaires et primaires, EHPADs, Hôpitaux/Foyers), et sur une grille restreinte sur l'emprise projet (59 points de calcul).

Ces récepteurs sont repérés sur la planche et détaillées dans le tableau suivant.

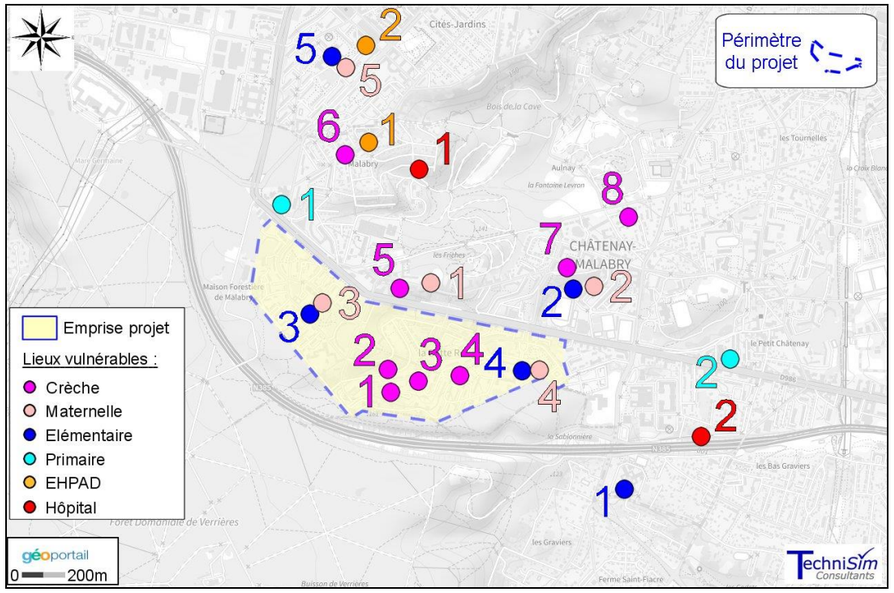


Figure 89: Emplacement des récepteurs ponctuels et zones sur la grille de calcul

Tableau 33 : Liste des récepteurs ponctuels et zones sur la grille de calcul

Type d'établissement	Récepteur	Adresse / Dénomination / Effectif
CRECHE	1	2 Square Bassompierre - 92290 Châtenay-Malabry - Jardin d'enfants de Chatenay « les Coquelicots »
	2	18 - 20 Rue Benoît Malon - 92290 Châtenay-Malabry - Crèche familial Tony Laine
	3	10 Place François Simiand - 92290 Châtenay-Malabry - Crèche collective Magdelaine Rendu
	4	6 Place Léon Blum - 92290 Châtenay-Malabry - Multi-accueil Mirabelle
	5	386 Avenue de la Division Leclerc - 92290 Châtenay-Malabry - Multi-accueil Kid's Up Colchique
	6	22 Avenue du Bois - 92290 Châtenay-Malabry - Multi-accueil Les P'tits Loups
	7	34 Rue Jules Verne - 92290 Châtenay-Malabry - Crèche collective le Petit Poucet
	8	135 - 137 Avenue Jean Jaurès - 92290 Châtenay-Malabry - Crèche collective Les coccinelles
ÉCOLE MATERNELLE	1	42 chemin de la Justice - 92290 Châtenay-Malabry - École maternelle privée Montessori 21 de Chatenay-Malabry
	2	17 rue Jules Verne - 92290 Châtenay-Malabry - École maternelle publique Jules Verne
	3	6 avenue Saint-Exupéry - 92290 Châtenay-Malabry - École maternelle Publique Suzanne Buisson
	4	4 rue Marie Bonnevial - 92290 Châtenay-Malabry - École maternelle publique Thomas Masaryk
	5	3 allée Robert Debré - 92350 Le Plessis-Robinson - École maternelle publique Joliot-Curie
ÉCOLE ELEMENTAIRE	1	50 rue des Grillons - 92290 Châtenay-Malabry - École élémentaire privée Sophie Barat
	2	19 rue Jules Verne - 92290 Châtenay-Malabry - École élémentaire publique Jules Verne
	3	Place Léonard de Vinci - 92290 Châtenay-Malabry - École élémentaire publique Léonard De Vinci
	4	4 rue Marie Bonnevial - 92290 Châtenay-Malabry - École élémentaire publique Thomas Masaryk
	5	3 allée du Docteur Lamaze - 92350 Le Plessis-Robinson - École élémentaire publique Joliot Curie
ÉCOLE PRIMAIRE	1	21 chemin du Loup Pendu - 92290 Châtenay-Malabry - École primaire publique Jean Jaurès
	2	37 rue des Vallées - 92290 Châtenay-Malabry - École primaire publique Pierre Mendès France
EHPAD	1	8 avenue du Bois - 92290 Châtenay-Malabry - EHPAD Résidence Thémis Jean Rostand
	2	9 Avenue de la Libération - 92290 Châtenay-Malabry - EHPAD Les 4 Saisons
HOPITAUX/ FOYERS	1	7 Allée des Verrières - 92290 Châtenay-Malabry - Centre Denis Croissant
	2	27 rue Joseph Lahuec - 92290 Châtenay-Malabry - MAS La source
PROJET	Zone Projet	- Habitants de l'emprise projet

Résultats des simulations

Les résultats que l'on retient sont les concentrations en µg/m³ à hauteur d'Homme.
Ils sont exprimés pour chaque scénario de modélisation retenu, et reportés dans les tableaux suivants. Sont présentées :

- **Les concentrations maximales et celles correspondant aux centiles 90 relevées sur la grille de calcul.**
- **Les concentrations maximales relevées pour chaque type de lieux vulnérables existants en l'état actuel.**
- **Les concentrations maximales relevées sur l'emprise projet.**

Nota Bene : Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions du trafic routier sur les brins du réseau d'étude. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération.

- Concentrations maximales relevées sur la grille de calcul

Tableau 34 : Concentrations maximales relevées sur la grille de calcul

MAX Grille de calcul	Composés faisant l'objet d'une règlementation [µg/m³]					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Dioxyde d'azote	*Année*	2,92E+01	7,38E+00	7,38E+00	2,73E+00	2,73E+00
	Jour	8,41E+01	2,12E+01	2,12E+01	7,85E+00	7,85E+00
	Heure	1,71E+02	4,31E+01	4,31E+01	1,59E+01	1,59E+01
Particules PM10	*Année*	1,78E+01	1,23E+01	1,23E+01	1,19E+01	1,19E+01
	Jour	2,29E+01	1,58E+01	1,58E+01	1,52E+01	1,52E+01
Particules PM2,5	*Année*	9,17E+00	5,27E+00	5,27E+00	4,97E+00	4,97E+00
	Jour	1,65E+01	9,47E+00	9,47E+00	8,93E+00	8,94E+00
Dioxyde de soufre	*Année*	3,74E-01	4,77E-01	4,77E-01	5,40E-01	5,41E-01
	Jour	1,07E+00	1,37E+00	1,37E+00	1,55E+00	1,56E+00
	Heure	2,18E+00	2,79E+00	2,79E+00	3,16E+00	3,16E+00
Monoxyde de carbone	*Année*	4,87E+01	2,54E+01	2,54E+01	2,71E+01	2,71E+01
	Jour	1,40E+02	7,32E+01	7,32E+01	7,79E+01	7,80E+01
	Heure	2,85E+02	1,49E+02	1,49E+02	1,58E+02	1,58E+02
Benzène	*Année*	6,39E-02	2,49E-02	2,49E-02	2,45E-02	2,45E-02
Plomb	*Année*	9,53E-06	1,11E-05	1,11E-05	1,21E-05	1,21E-05
B[a]P	*Année*	2,49E-04	1,66E-04	1,66E-04	1,31E-04	1,31E-04
Arsenic	*Année*	1,86E-06	2,14E-06	2,14E-06	2,32E-06	2,32E-06
Cadmium	*Année*	1,05E-06	1,28E-06	1,28E-06	1,42E-06	1,42E-06
Nickel	*Année*	7,76E-06	1,14E-05	1,14E-05	1,37E-05	1,37E-05
MAX Grille de calcul	**Composés ne *faisant pas l'objet* d'une réglementation [µg/m³]**					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Ammoniac	*Année*	3,48E+00	6,42E+00	6,42E+00	9,87E+00	9,87E+00
PM à l'échappement	*Année*	2,81E+00	3,84E-01	3,84E-01	2,11E-01	2,11E-01
COVNM	*Année*	2,55E+00	1,38E+00	1,38E+00	1,78E+00	1,78E+00
Acétaldéhyde	*Année*	1,07E-01	4,53E-02	4,53E-02	6,14E-02	6,14E-02
Acroléine	*Année*	5,10E-02	1,78E-02	1,78E-02	2,36E-02	2,36E-02
1,3-butadiène	*Année*	4,47E-02	3,17E-02	3,17E-02	4,49E-02	4,49E-02
Éthylbenzène	*Année*	2,05E-02	1,02E-02	1,02E-02	1,12E-02	1,12E-02
Formaldéhyde	*Année*	1,99E-01	8,34E-02	8,34E-02	1,13E-01	1,13E-01
Toluène	*Année*	9,31E-02	5,24E-02	5,24E-02	5,67E-02	5,67E-02
Xylènes	*Année*	8,38E-02	4,93E-02	4,93E-02	5,80E-02	5,80E-02
16 HAP*	*Année*	3,64E-02	2,69E-02	2,69E-02	2,24E-02	2,24E-02
16 HAP* en équivalent B(a)P	*Année*	5,34E-04	3,81E-04	3,81E-04	3,14E-04	3,14E-04
Naphtalène	*Année*	1,93E-01	1,39E-01	1,39E-01	1,22E-01	1,22E-01
Chrome	*Année*	1,12E-04	1,02E-04	1,02E-04	9,47E-05	9,48E-05
Mercure	*Année*	8,14E-05	8,34E-05	8,34E-05	8,44E-05	8,45E-05
Dioxines	*Année*	1,85E-11	4,62E-12	4,62E-12	3,95E-12	3,95E-12
Furanes	*Année*	2,74E-11	6,90E-12	6,90E-12	5,94E-12	5,94E-12
NOx (éq. NO_2)	*Année*	1,18E+02	3,17E+01	3,17E+01	2,04E+01	2,04E+01
Propionaldéhyde	*Année*	2,90E-02	1,23E-02	1,23E-02	1,69E-02	1,69E-02

* Dont le B(a)P

- Centiles 90 relevées sur la grille de calcul

Tableau 35 : Centiles 90 relevées sur la grille de calcul

Centiles 90 Grille de calcul	Composés faisant l'objet d'une règlementation [µg/m³]					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Dioxyde d'azote	*Année*	4,46E+00	1,13E+00	1,13E+00	4,17E-01	4,21E-01
	Jour	7,29E+00	1,80E+00	1,90E+00	6,79E-01	7,12E-01
	Heure	4,37E+01	1,12E+01	1,13E+01	4,28E+00	4,34E+00
Particules PM10	*Année*	2,45E+00	1,77E+00	1,83E+00	1,70E+00	1,77E+00
	Jour	5,36E+00	3,80E+00	3,82E+00	3,66E+00	3,68E+00
Particules PM2,5	*Année*	1,41E+00	8,47E-01	8,71E-01	7,99E-01	8,26E-01
	Jour	3,85E+00	2,28E+00	2,29E+00	2,15E+00	2,16E+00
Dioxyde de soufre	*Année*	5,76E-02	7,55E-02	7,71E-02	8,55E-02	8,69E-02
	Jour	2,56E-01	3,29E-01	3,31E-01	3,71E-01	3,75E-01
	Heure	5,94E-01	7,58E-01	7,67E-01	8,58E-01	8,64E-01
Monoxyde de carbone	*Année*	8,02E+00	4,14E+00	4,37E+00	4,38E+00	4,64E+00
	Jour	3,55E+01	1,85E+01	1,85E+01	1,97E+01	1,97E+01
	Heure	8,12E+01	4,24E+01	4,30E+01	4,52E+01	4,52E+01
Benzène	*Année*	1,47E-02	3,94E-03	4,00E-03	3,88E-03	3,93E-03
Plomb	*Année*	1,46E-06	1,73E-06	1,79E-06	1,87E-06	1,95E-06
B[a]P	*Année*	3,78E-05	2,53E-05	2,53E-05	2,00E-05	2,00E-05
Arsenic	*Année*	2,84E-07	3,31E-07	3,44E-07	3,57E-07	3,71E-07
Cadmium	*Année*	1,61E-07	2,03E-07	2,06E-07	2,22E-07	2,29E-07
Nickel	*Année*	1,26E-06	1,81E-06	1,86E-06	2,16E-06	2,21E-06
Centiles 90 Grille de calcul	**Composés ne *faisant pas l'objet* d'une réglementation [µg/m³]**					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Ammoniac	*Année*	5,03E-01	7,30E-01	7,38E-01	1,09E+00	1,11E+00
PM à l'échappement	*Année*	4,27E-01	6,08E-02	6,25E-02	3,34E-02	3,41E-02
COVNM	*Année*	4,47E-01	2,21E-01	2,23E-01	2,87E-01	2,92E-01
Acétaldéhyde	*Année*	1,80E-02	7,21E-03	7,35E-03	9,89E-03	1,00E-02
Acroléine	*Année*	8,68E-03	2,82E-03	2,89E-03	3,80E-03	3,84E-03
1,3-butadiène	*Année*	7,28E-03	5,04E-03	5,10E-03	7,21E-03	7,28E-03
Éthylbenzène	*Année*	5,06E-03	1,61E-03	1,64E-03	1,77E-03	1,81E-03
Formaldéhyde	*Année*	3,38E-02	1,32E-02	1,34E-02	1,81E-02	1,83E-02
Toluène	*Année*	2,37E-02	8,33E-03	8,46E-03	9,07E-03	9,20E-03
Xylènes	*Année*	1,89E-02	7,82E-03	7,94E-03	9,28E-03	9,41E-03
16 HAP*	*Année*	5,26E-03	3,84E-03	3,85E-03	3,16E-03	3,17E-03
16 HAP* en équivalent B(a)P	*Année*	8,04E-05	5,74E-05	5,75E-05	4,71E-05	4,73E-05
Naphtalène	*Année*	2,95E-02	2,14E-02	2,20E-02	1,87E-02	1,92E-02
Chrome	*Année*	1,71E-05	1,55E-05	1,55E-05	1,44E-05	1,45E-05
Mercure	*Année*	1,24E-05	1,27E-05	1,28E-05	1,29E-05	1,29E-05
Dioxines	*Année*	2,81E-12	7,05E-13	7,17E-13	6,08E-13	6,25E-13
Furanes	*Année*	4,16E-12	1,05E-12	1,07E-12	9,17E-13	9,41E-13
NOx (éq. NO_2)	*Année*	3,85E+00	2,28E+00	2,29E+00	2,15E+00	2,16E+00
Propionaldéhyde	*Année*	1,79E+01	4,84E+00	4,86E+00	3,11E+00	3,18E+00

* Dont le B(a)P

- Concentrations maximales relevées au niveau des lieux vulnérables existants en l'état actuel

Tableau 36 : Concentrations maximales relevées au niveau des crèches

MAX Crèches	Composés faisant l'objet d'une règlementation [µg/m³]					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Dioxyde d'azote	*Année*	1,58E+00	4,10E-01	4,28E-01	1,59E-01	1,66E-01
	Jour	6,21E+00	1,62E+00	1,67E+00	6,25E-01	6,46E-01
	Heure	1,63E+01	4,25E+00	4,38E+00	1,64E+00	1,70E+00
Particules PM10	*Année*	9,24E-01	7,22E-01	7,57E-01	6,97E-01	7,32E-01
	Jour	1,80E+00	1,40E+00	1,45E+00	1,35E+00	1,40E+00
Particules PM2,5	*Année*	5,22E-01	3,46E-01	3,63E-01	3,26E-01	3,43E-01
	Jour	1,27E+00	8,38E-01	8,71E-01	7,91E-01	8,23E-01
Dioxyde de soufre	*Année*	2,26E-02	3,03E-02	3,17E-02	3,36E-02	3,52E-02
	Jour	8,81E-02	1,19E-01	1,23E-01	1,32E-01	1,36E-01
	Heure	2,31E-01	3,11E-01	3,22E-01	3,46E-01	3,57E-01
Monoxyde de carbone	*Année*	3,89E+00	2,06E+00	2,16E+00	2,10E+00	2,20E+00
	Jour	1,52E+01	8,09E+00	8,38E+00	8,25E+00	8,55E+00
	Heure	3,92E+01	2,09E+01	2,16E+01	2,13E+01	2,21E+01
Benzène	*Année*	7,59E-03	1,62E-03	1,69E-03	1,56E-03	1,63E-03
Plomb	*Année*	5,51E-07	6,83E-07	7,14E-07	7,33E-07	7,66E-07
B[a]P	*Année*	1,30E-05	9,08E-06	9,46E-06	7,27E-06	7,57E-06
Arsenic	*Année*	1,07E-07	1,31E-07	1,37E-07	1,40E-07	1,46E-07
Cadmium	*Année*	6,21E-08	8,01E-08	8,38E-08	8,75E-08	9,14E-08
Nickel	*Année*	5,09E-07	7,61E-07	7,98E-07	8,80E-07	9,22E-07
MAX Crèches	Composés ne *faisant pas l'objet* d'une réglementation [µg/m³]					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Ammoniac	*Année*	1,76E-01	3,08E-01	3,10E-01	4,69E-01	4,71E-01
PM à l'échappement	*Année*	1,48E-01	2,48E-02	2,59E-02	1,33E-02	1,39E-02
COVNM	*Année*	2,20E-01	9,75E-02	1,02E-01	1,30E-01	1,36E-01
Acétaldéhyde	*Année*	7,40E-03	3,15E-03	3,29E-03	4,43E-03	4,62E-03
Acroléine	*Année*	3,56E-03	1,23E-03	1,29E-03	1,69E-03	1,77E-03
1,3-butadiène	*Année*	3,05E-03	2,15E-03	2,24E-03	3,17E-03	3,31E-03
Éthylbenzène	*Année*	2,61E-03	6,93E-04	7,25E-04	7,71E-04	8,06E-04
Formaldéhyde	*Année*	1,39E-02	5,72E-03	5,98E-03	8,03E-03	8,39E-03
Toluène	*Année*	1,25E-02	3,61E-03	3,78E-03	3,99E-03	4,18E-03
Xylènes	*Année*	9,89E-03	3,38E-03	3,54E-03	4,09E-03	4,27E-03
16 HAP*	*Année*	1,85E-03	1,36E-03	1,37E-03	1,12E-03	1,14E-03
16 HAP* en équivalent B(a)P	*Année*	2,77E-05	1,97E-05	2,03E-05	1,62E-05	1,67E-05
Naphtalène	*Année*	1,04E-02	8,24E-03	8,59E-03	7,27E-03	7,59E-03
Chrome	*Année*	5,89E-06	5,47E-06	5,69E-06	5,07E-06	5,28E-06
Mercure	*Année*	4,41E-06	4,81E-06	5,02E-06	4,85E-06	5,06E-06
Dioxines	*Année*	9,66E-13	2,69E-13	2,80E-13	2,37E-13	2,47E-13
Furanes	*Année*	1,43E-12	4,03E-13	4,20E-13	3,58E-13	3,73E-13
NOx (éq. NO_2)	*Année*	1,27E+00	8,38E-01	8,71E-01	7,91E-01	8,23E-01
Propionaldéhyde	*Année*	6,18E+00	1,83E+00	1,91E+00	1,20E+00	1,25E+00

* Dont le B(a)P

Tableau 37 : Concentrations maximales relevées au niveau des écoles maternelles

MAX Maternelles	Composés faisant l'objet d'une règlementation [µg/m³]					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Dioxyde d'azote	*Année*	1,35E+00	3,42E-01	3,53E-01	1,29E-01	1,33E-01
	Jour	5,25E+00	1,33E+00	1,41E+00	5,07E-01	5,37E-01
	Heure	1,36E+01	3,43E+00	3,63E+00	1,31E+00	1,39E+00
Particules PM10	*Année*	7,64E-01	5,57E-01	5,80E-01	5,38E-01	5,60E-01
	Jour	1,53E+00	1,15E+00	1,23E+00	1,11E+00	1,19E+00
Particules PM2,5	*Année*	4,36E-01	2,67E-01	2,78E-01	2,52E-01	2,62E-01
	Jour	1,08E+00	6,88E-01	7,35E-01	6,50E-01	6,94E-01
Dioxyde de soufre	*Année*	1,83E-02	2,37E-02	2,45E-02	2,65E-02	2,75E-02
	Jour	7,40E-02	9,60E-02	1,02E-01	1,07E-01	1,13E-01
	Heure	1,91E-01	2,47E-01	2,62E-01	2,75E-01	2,91E-01
Monoxyde de carbone	*Année*	2,75E+00	1,44E+00	1,51E+00	1,49E+00	1,55E+00
	Jour	1,19E+01	6,22E+00	6,62E+00	6,38E+00	6,79E+00
	Heure	3,02E+01	1,58E+01	1,68E+01	1,62E+01	1,73E+01
Benzène	*Année*	5,37E-03	1,24E-03	1,29E-03	1,21E-03	1,26E-03
Plomb	*Année*	4,55E-07	5,42E-07	5,61E-07	5,85E-07	6,06E-07
B[a]P	*Année*	1,11E-05	7,58E-06	7,81E-06	6,03E-06	6,22E-06
Arsenic	*Année*	8,85E-08	1,04E-07	1,08E-07	1,12E-07	1,16E-07
Cadmium	*Année*	5,07E-08	6,30E-08	6,53E-08	6,93E-08	7,18E-08
Nickel	*Année*	3,97E-07	5,81E-07	6,04E-07	6,83E-07	7,08E-07
MAX Maternelles	Composés ne *faisant pas l'objet* d'une réglementation [µg/m³]					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Ammoniac	*Année*	1,43E-01	2,31E-01	2,34E-01	3,45E-01	3,48E-01
PM à l'échappement	*Année*	1,28E-01	1,92E-02	1,99E-02	1,04E-02	1,08E-02
COVNM	*Année*	1,60E-01	7,20E-02	7,46E-02	9,48E-02	9,83E-02
Acétaldéhyde	*Année*	5,66E-03	2,35E-03	2,43E-03	3,24E-03	3,36E-03
Acroléine	*Année*	2,71E-03	9,21E-04	9,54E-04	1,24E-03	1,29E-03
1,3-butadiène	*Année*	2,33E-03	1,62E-03	1,68E-03	2,35E-03	2,43E-03
Éthylbenzène	*Année*	1,84E-03	5,20E-04	5,40E-04	5,75E-04	5,97E-04
Formaldéhyde	*Année*	1,06E-02	4,29E-03	4,45E-03	5,92E-03	6,13E-03
Toluène	*Année*	8,74E-03	2,70E-03	2,80E-03	2,95E-03	3,06E-03
Xylènes	*Année*	6,96E-03	2,53E-03	2,63E-03	3,02E-03	3,13E-03
16 HAP*	*Année*	1,55E-03	1,14E-03	1,17E-03	9,45E-04	9,66E-04
16 HAP* en équivalent B(a)P	*Année*	2,34E-05	1,69E-05	1,74E-05	1,39E-05	1,43E-05
Naphtalène	*Année*	8,86E-03	6,63E-03	6,84E-03	5,82E-03	6,01E-03
Chrome	*Année*	5,03E-06	4,62E-06	4,76E-06	4,30E-06	4,43E-06
Mercure	*Année*	3,76E-06	3,93E-06	4,06E-06	3,97E-06	4,10E-06
Dioxines	*Année*	8,24E-13	2,18E-13	2,25E-13	1,89E-13	1,95E-13
Furanes	*Année*	1,22E-12	3,26E-13	3,37E-13	2,85E-13	2,95E-13
NOx (éq. NO_2)	*Année*	1,08E+00	6,88E-01	7,35E-01	6,50E-01	6,94E-01
Propionaldéhyde	*Année*	5,30E+00	1,49E+00	1,54E+00	9,68E-01	1,00E+00

* Dont le B(a)P

Tableau 38 : Concentrations maximales relevées au niveau des écoles élémentaires

MAX Élémentaires	Composés faisant l'objet d'une règlementation [µg/m³]					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Dioxyde d'azote	*Année*	1,50E+00	3,78E-01	3,79E-01	1,40E-01	1,41E-01
	Jour	7,53E+00	1,90E+00	1,91E+00	7,06E-01	7,10E-01
	Heure	1,89E+01	4,77E+00	4,78E+00	1,77E+00	1,78E+00
Particules PM10	*Année*	8,17E-01	5,71E-01	5,93E-01	5,51E-01	5,72E-01
	Jour	2,06E+00	1,44E+00	1,44E+00	1,39E+00	1,39E+00
Particules PM2,5	*Année*	4,71E-01	2,73E-01	2,84E-01	2,58E-01	2,68E-01
	Jour	1,48E+00	8,61E-01	8,65E-01	8,12E-01	8,16E-01
Dioxyde de soufre	*Année*	1,93E-02	2,46E-02	2,51E-02	2,79E-02	2,82E-02
	Jour	9,72E-02	1,24E-01	1,25E-01	1,41E-01	1,41E-01
	Heure	2,44E-01	3,13E-01	3,15E-01	3,53E-01	3,56E-01
Monoxyde de carbone	*Année*	2,74E+00	1,42E+00	1,48E+00	1,49E+00	1,54E+00
	Jour	1,29E+01	6,72E+00	6,73E+00	7,15E+00	7,16E+00
	Heure	3,33E+01	1,74E+01	1,76E+01	1,84E+01	1,86E+01
Benzène	*Année*	4,47E-03	1,29E-03	1,31E-03	1,27E-03	1,28E-03
Plomb	*Année*	4,90E-07	5,74E-07	5,77E-07	6,24E-07	6,26E-07
B[a]P	*Année*	1,27E-05	8,49E-06	8,51E-06	6,72E-06	6,74E-06
Arsenic	*Année*	9,55E-08	1,10E-07	1,11E-07	1,19E-07	1,20E-07
Cadmium	*Année*	5,40E-08	6,61E-08	6,69E-08	7,34E-08	7,38E-08
Nickel	*Année*	4,08E-07	5,93E-07	6,15E-07	7,07E-07	7,24E-07
MAX Élémentaires	Composés ne *faisant pas l'objet* d'une réglementation [µg/m³]					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Ammoniac	*Année*	1,76E-01	3,22E-01	3,22E-01	4,93E-01	4,93E-01
PM à l'échappement	*Année*	1,44E-01	1,98E-02	2,04E-02	1,09E-02	1,11E-02
COVNM	*Année*	1,52E-01	7,25E-02	7,50E-02	9,51E-02	9,83E-02
Acétaldéhyde	*Année*	5,78E-03	2,37E-03	2,45E-03	3,26E-03	3,37E-03
Acroléine	*Année*	2,78E-03	9,31E-04	9,63E-04	1,25E-03	1,29E-03
1,3-butadiène	*Année*	2,38E-03	1,65E-03	1,69E-03	2,36E-03	2,44E-03
Éthylbenzène	*Année*	1,49E-03	5,28E-04	5,46E-04	5,82E-04	6,02E-04
Formaldéhyde	*Année*	1,08E-02	4,35E-03	4,49E-03	5,96E-03	6,15E-03
Toluène	*Année*	6,98E-03	2,73E-03	2,82E-03	2,98E-03	3,08E-03
Xylènes	*Année*	5,82E-03	2,56E-03	2,65E-03	3,05E-03	3,15E-03
16 HAP*	*Année*	1,85E-03	1,36E-03	1,36E-03	1,13E-03	1,14E-03
16 HAP* en équivalent B(a)P	*Année*	2,72E-05	1,95E-05	1,95E-05	1,60E-05	1,61E-05
Naphtalène	*Année*	9,91E-03	7,17E-03	7,19E-03	6,26E-03	6,28E-03
Chrome	*Année*	5,74E-06	5,20E-06	5,22E-06	4,85E-06	4,86E-06
Mercure	*Année*	4,17E-06	4,28E-06	4,30E-06	4,34E-06	4,35E-06
Dioxines	*Année*	9,44E-13	2,37E-13	2,38E-13	2,03E-13	2,04E-13
Furanes	*Année*	1,40E-12	3,55E-13	3,56E-13	3,06E-13	3,07E-13
NOx (éq. NO_2)	*Année*	1,48E+00	8,61E-01	8,65E-01	8,12E-01	8,16E-01
Propionaldéhyde	*Année*	6,02E+00	1,63E+00	1,63E+00	1,05E+00	1,05E+00

* Dont le B(a)P

Tableau 39 : Concentrations maximales relevées au niveau des écoles primaires

MAX Primaires	Composés faisant l'objet d'une règlementation [µg/m³]					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Dioxyde d'azote	*Année*	1,74E+00	4,51E-01	4,67E-01	1,75E-01	1,81E-01
	Jour	7,32E+00	1,90E+00	1,96E+00	7,33E-01	7,58E-01
	Heure	1,91E+01	4,97E+00	5,12E+00	1,92E+00	1,97E+00
Particules PM10	*Année*	1,00E+00	7,75E-01	8,05E-01	7,49E-01	7,77E-01
	Jour	2,10E+00	1,63E+00	1,70E+00	1,57E+00	1,64E+00
Particules PM2,5	*Année*	5,68E-01	3,71E-01	3,86E-01	3,51E-01	3,64E-01
	Jour	1,49E+00	9,73E-01	1,02E+00	9,19E-01	9,61E-01
Dioxyde de soufre	*Année*	2,46E-02	3,30E-02	3,42E-02	3,67E-02	3,81E-02
	Jour	1,03E-01	1,38E-01	1,44E-01	1,54E-01	1,60E-01
	Heure	2,69E-01	3,59E-01	3,70E-01	4,00E-01	4,12E-01
Monoxyde de carbone	*Année*	4,23E+00	2,23E+00	2,33E+00	2,28E+00	2,38E+00
	Jour	1,77E+01	9,35E+00	9,80E+00	9,55E+00	1,00E+01
	Heure	4,49E+01	2,37E+01	2,46E+01	2,43E+01	2,52E+01
Benzène	*Année*	7,78E-03	1,77E-03	1,84E-03	1,71E-03	1,78E-03
Plomb	*Année*	6,02E-07	7,46E-07	7,74E-07	8,03E-07	8,32E-07
B[a]P	*Année*	1,43E-05	1,02E-05	1,05E-05	8,12E-06	8,40E-06
Arsenic	*Année*	1,17E-07	1,43E-07	1,48E-07	1,53E-07	1,58E-07
Cadmium	*Année*	6,76E-08	8,73E-08	9,05E-08	9,56E-08	9,91E-08
Nickel	*Année*	5,47E-07	8,23E-07	8,55E-07	9,57E-07	9,93E-07
MAX Primaires	Composés ne *faisant pas l'objet* d'une réglementation [µg/m³]					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Ammoniac	*Année*	1,70E-01	2,41E-01	2,45E-01	3,43E-01	3,48E-01
PM à l'échappement	*Année*	1,63E-01	2,69E-02	2,79E-02	1,45E-02	1,51E-02
COVNM	*Année*	2,31E-01	1,07E-01	1,11E-01	1,43E-01	1,49E-01
Acétaldéhyde	*Année*	7,86E-03	3,46E-03	3,60E-03	4,87E-03	5,06E-03
Acroléine	*Année*	3,76E-03	1,35E-03	1,41E-03	1,86E-03	1,94E-03
1,3-butadiène	*Année*	3,28E-03	2,37E-03	2,46E-03	3,49E-03	3,63E-03
Éthylbenzène	*Année*	2,67E-03	7,58E-04	7,87E-04	8,44E-04	8,77E-04
Formaldéhyde	*Année*	1,48E-02	6,29E-03	6,53E-03	8,83E-03	9,18E-03
Toluène	*Année*	1,28E-02	3,96E-03	4,11E-03	4,37E-03	4,55E-03
Xylènes	*Année*	1,02E-02	3,71E-03	3,85E-03	4,48E-03	4,66E-03
16 HAP*	*Année*	1,94E-03	1,47E-03	1,52E-03	1,21E-03	1,25E-03
16 HAP* en équivalent B(a)P	*Année*	2,97E-05	2,22E-05	2,29E-05	1,83E-05	1,89E-05
Naphtalène	*Année*	1,16E-02	9,12E-03	9,44E-03	8,04E-03	8,33E-03
Chrome	*Année*	6,38E-06	6,08E-06	6,28E-06	5,64E-06	5,83E-06
Mercure	*Année*	4,86E-06	5,30E-06	5,49E-06	5,35E-06	5,53E-06
Dioxines	*Année*	1,06E-12	2,98E-13	3,09E-13	2,62E-13	2,72E-13
Furanes	*Année*	1,57E-12	4,47E-13	4,63E-13	3,96E-13	4,10E-13
NOx (éq. NO_2)	*Année*	1,49E+00	9,73E-01	1,02E+00	9,19E-01	9,61E-01
Propionaldéhyde	*Année*	6,74E+00	2,01E+00	2,08E+00	1,32E+00	1,37E+00

* Dont le B(a)P

Tableau 40 : Concentrations maximales relevées au niveau des EHPADs

MAX EHPADs	Composés faisant l'objet d'une règlementation [µg/m³]					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Dioxyde d'azote	*Année*	5,00E-01	1,27E-01	1,30E-01	4,79E-02	4,89E-02
	Jour	2,74E+00	6,99E-01	7,11E-01	2,63E-01	2,68E-01
	Heure	7,47E+00	1,91E+00	1,94E+00	7,21E-01	7,32E-01
Particules PM10	*Année*	2,79E-01	2,03E-01	2,07E-01	1,96E-01	2,00E-01
	Jour	7,66E-01	5,55E-01	5,68E-01	5,36E-01	5,48E-01
Particules PM2,5	*Année*	1,60E-01	9,71E-02	9,93E-02	9,16E-02	9,38E-02
	Jour	5,49E-01	3,33E-01	3,40E-01	3,14E-01	3,21E-01
Dioxyde de soufre	*Année*	6,68E-03	8,68E-03	8,87E-03	9,75E-03	9,96E-03
	Jour	3,66E-02	4,76E-02	4,86E-02	5,35E-02	5,45E-02
	Heure	9,99E-02	1,31E-01	1,32E-01	1,46E-01	1,49E-01
Monoxyde de carbone	*Année*	9,85E-01	5,16E-01	5,30E-01	5,39E-01	5,52E-01
	Jour	5,37E+00	2,82E+00	2,89E+00	2,94E+00	3,01E+00
	Heure	1,44E+01	7,55E+00	7,69E+00	7,93E+00	8,04E+00
Benzène	*Année*	1,56E-03	4,57E-04	4,67E-04	4,47E-04	4,56E-04
Plomb	*Année*	1,67E-07	2,00E-07	2,04E-07	2,16E-07	2,20E-07
B[a]P	*Année*	4,17E-06	2,85E-06	2,90E-06	2,26E-06	2,30E-06
Arsenic	*Année*	3,25E-08	3,83E-08	3,91E-08	4,12E-08	4,21E-08
Cadmium	*Année*	1,86E-08	2,32E-08	2,36E-08	2,55E-08	2,61E-08
Nickel	*Année*	1,43E-07	2,12E-07	2,17E-07	2,50E-07	2,56E-07
MAX EHPADs	**Composés ne *faisant pas l'objet* d'une réglementation [µg/m³]**					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Ammoniac	*Année*	5,48E-02	9,22E-02	9,28E-02	1,39E-01	1,39E-01
PM à l'échappement	*Année*	4,75E-02	7,02E-03	7,18E-03	3,83E-03	3,91E-03
COVNM	*Année*	5,34E-02	2,62E-02	2,68E-02	3,45E-02	3,53E-02
Acétaldéhyde	*Année*	2,02E-03	8,57E-04	8,76E-04	1,18E-03	1,21E-03
Acroléine	*Année*	9,67E-04	3,36E-04	3,43E-04	4,52E-04	4,63E-04
1,3-butadiène	*Année*	8,39E-04	5,93E-04	6,06E-04	8,55E-04	8,74E-04
Éthylbenzène	*Année*	5,21E-04	1,90E-04	1,95E-04	2,10E-04	2,15E-04
Formaldéhyde	*Année*	3,77E-03	1,57E-03	1,60E-03	2,15E-03	2,20E-03
Toluène	*Année*	2,45E-03	9,88E-04	1,01E-03	1,08E-03	1,10E-03
Xylènes	*Année*	2,04E-03	9,27E-04	9,48E-04	1,10E-03	1,13E-03
16 HAP*	*Année*	5,89E-04	4,37E-04	4,43E-04	3,62E-04	3,67E-04
16 HAP* en équivalent B(a)P	*Année*	8,84E-06	6,40E-06	6,50E-06	5,27E-06	5,35E-06
Naphtalène	*Année*	3,30E-03	2,46E-03	2,51E-03	2,16E-03	2,20E-03
Chrome	*Année*	1,88E-06	1,73E-06	1,76E-06	1,61E-06	1,64E-06
Mercure	*Année*	1,39E-06	1,46E-06	1,49E-06	1,48E-06	1,50E-06
Dioxines	*Année*	3,09E-13	8,12E-14	8,27E-14	7,02E-14	7,16E-14
Furanes	*Année*	4,59E-13	1,21E-13	1,24E-13	1,06E-13	1,08E-13
NOx (éq. NO_2)	*Année*	5,49E-01	3,33E-01	3,40E-01	3,14E-01	3,21E-01
Propionaldéhyde	*Année*	1,98E+00	5,55E-01	5,65E-01	3,59E-01	3,66E-01

* Dont le B(a)P

Tableau 41 : Concentrations maximales relevées au niveau des hôpitaux/foyers

MAX Hôpitaux/Foyers	Composés faisant l'objet d'une règlementation [µg/m³]					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Dioxyde d'azote	*Année*	3,29E+00	8,31E-01	8,33E-01	3,08E-01	3,08E-01
	Jour	1,56E+01	3,95E+00	3,95E+00	1,46E+00	1,46E+00
	Heure	3,86E+01	9,74E+00	9,74E+00	3,60E+00	3,60E+00
Particules PM10	*Année*	1,79E+00	1,24E+00	1,25E+00	1,20E+00	1,20E+00
	Jour	4,25E+00	2,94E+00	2,94E+00	2,84E+00	2,84E+00
Particules PM2,5	*Année*	1,03E+00	5,96E-01	5,97E-01	5,62E-01	5,64E-01
	Jour	3,07E+00	1,76E+00	1,76E+00	1,66E+00	1,66E+00
Dioxyde de soufre	*Année*	4,22E-02	5,39E-02	5,40E-02	6,11E-02	6,12E-02
	Jour	2,00E-01	2,55E-01	2,55E-01	2,89E-01	2,89E-01
	Heure	4,93E-01	6,30E-01	6,30E-01	7,14E-01	7,14E-01
Monoxyde de carbone	*Année*	5,55E+00	2,90E+00	2,91E+00	3,08E+00	3,09E+00
	Jour	2,61E+01	1,36E+01	1,36E+01	1,45E+01	1,45E+01
	Heure	6,43E+01	3,36E+01	3,36E+01	3,58E+01	3,58E+01
Benzène	*Année*	7,15E-03	2,81E-03	2,82E-03	2,77E-03	2,78E-03
Plomb	*Année*	1,08E-06	1,26E-06	1,26E-06	1,37E-06	1,37E-06
B[a]P	*Année*	2,80E-05	1,87E-05	1,87E-05	1,48E-05	1,48E-05
Arsenic	*Année*	2,10E-07	2,42E-07	2,42E-07	2,61E-07	2,62E-07
Cadmium	*Année*	1,18E-07	1,45E-07	1,45E-07	1,61E-07	1,61E-07
Nickel	*Année*	8,79E-07	1,29E-06	1,29E-06	1,55E-06	1,55E-06
MAX Hôpitaux/Foyers	**Composés ne *faisant pas l'objet* d'une réglementation [µg/m³]**					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Ammoniac	*Année*	3,90E-01	7,17E-01	7,17E-01	1,10E+00	1,10E+00
PM à l'échappement	*Année*	3,17E-01	4,34E-02	4,35E-02	2,39E-02	2,39E-02
COVNM	*Année*	2,91E-01	1,56E-01	1,56E-01	2,02E-01	2,03E-01
Acétaldéhyde	*Année*	1,21E-02	5,13E-03	5,14E-03	6,96E-03	6,98E-03
Acroléine	*Année*	5,79E-03	2,01E-03	2,02E-03	2,67E-03	2,68E-03
1,3-butadiène	*Année*	5,06E-03	3,59E-03	3,60E-03	5,09E-03	5,10E-03
Éthylbenzène	*Année*	2,30E-03	1,15E-03	1,15E-03	1,26E-03	1,27E-03
Formaldéhyde	*Année*	2,25E-02	9,45E-03	9,46E-03	1,28E-02	1,28E-02
Toluène	*Année*	1,05E-02	5,94E-03	5,95E-03	6,43E-03	6,45E-03
Xylènes	*Année*	9,37E-03	5,58E-03	5,59E-03	6,58E-03	6,59E-03
16 HAP*	*Année*	4,08E-03	3,01E-03	3,02E-03	2,51E-03	2,51E-03
16 HAP* en équivalent B(a)P	*Année*	6,01E-05	4,29E-05	4,29E-05	3,53E-05	3,53E-05
Naphtalène	*Année*	2,18E-02	1,57E-02	1,58E-02	1,37E-02	1,37E-02
Chrome	*Année*	1,26E-05	1,14E-05	1,15E-05	1,07E-05	1,07E-05
Mercure	*Année*	9,17E-06	9,41E-06	9,42E-06	9,52E-06	9,54E-06
Dioxines	*Année*	2,08E-12	5,21E-13	5,22E-13	4,45E-13	4,46E-13
Furanes	*Année*	3,08E-12	7,79E-13	7,80E-13	6,71E-13	6,72E-13
NOx (éq. NO_2)	*Année*	3,07E+00	1,76E+00	1,76E+00	1,66E+00	1,66E+00
Propionaldéhyde	*Année*	1,33E+01	3,57E+00	3,58E+00	2,30E+00	2,30E+00

* Dont le B(a)P

- Concentrations maximales relevées sur l'emprise projet

Tableau 42 : Concentrations maximales relevées au niveau de l'emprise projet

MAX Emprise Projet	Composés faisant l'objet d'une règlementation [µg/m³]					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Dioxyde d'azote	*Année*	3,31E+00	8,33E-01	8,41E-01	3,09E-01	3,12E-01
	Jour	1,24E+01	3,13E+00	3,13E+00	1,16E+00	1,16E+00
	Heure	3,14E+01	7,92E+00	7,92E+00	2,93E+00	2,93E+00
Particules PM10	*Année*	1,81E+00	1,26E+00	1,28E+00	1,22E+00	1,23E+00
	Jour	3,37E+00	2,34E+00	2,34E+00	2,26E+00	2,26E+00
Particules PM2,5	*Année*	1,04E+00	6,04E-01	6,11E-01	5,70E-01	5,77E-01
	Jour	2,43E+00	1,40E+00	1,40E+00	1,32E+00	1,32E+00
Dioxyde de soufre	*Année*	4,28E-02	5,46E-02	5,52E-02	6,17E-02	6,24E-02
	Jour	1,59E-01	2,03E-01	2,03E-01	2,30E-01	2,30E-01
	Heure	4,01E-01	5,12E-01	5,12E-01	5,80E-01	5,80E-01
Monoxyde de carbone	*Année*	5,91E+00	3,16E+00	3,30E+00	3,20E+00	3,34E+00
	Jour	2,46E+01	1,33E+01	1,38E+01	1,33E+01	1,39E+01
	Heure	5,22E+01	2,73E+01	2,73E+01	2,91E+01	2,91E+01
Benzène	*Année*	1,18E-02	2,85E-03	2,88E-03	2,80E-03	2,83E-03
Plomb	*Année*	1,09E-06	1,27E-06	1,28E-06	1,38E-06	1,39E-06
B[a]P	*Année*	2,80E-05	1,87E-05	1,88E-05	1,48E-05	1,49E-05
Arsenic	*Année*	2,12E-07	2,44E-07	2,47E-07	2,63E-07	2,66E-07
Cadmium	*Année*	1,20E-07	1,46E-07	1,48E-07	1,62E-07	1,64E-07
Nickel	*Année*	8,97E-07	1,31E-06	1,33E-06	1,57E-06	1,58E-06
MAX Emprise Projet	Composés ne *faisant pas l'objet* d'une réglementation [µg/m³]					
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
Ammoniac	*Année*	3,86E-01	6,95E-01	6,97E-01	1,06E+00	1,07E+00
PM à l'échappement	*Année*	3,17E-01	4,39E-02	4,44E-02	2,41E-02	2,44E-02
COVNM	*Année*	3,32E-01	1,58E-01	1,60E-01	2,05E-01	2,08E-01
Acétaldéhyde	*Année*	1,24E-02	5,19E-03	5,24E-03	7,05E-03	7,12E-03
Acroléine	*Année*	5,94E-03	2,03E-03	2,05E-03	2,70E-03	2,73E-03
1,3-butadiène	*Année*	5,17E-03	3,62E-03	3,66E-03	5,14E-03	5,20E-03
Éthylbenzène	*Année*	4,07E-03	1,17E-03	1,18E-03	1,29E-03	1,30E-03
Formaldéhyde	*Année*	2,31E-02	9,53E-03	9,63E-03	1,29E-02	1,31E-02
Toluène	*Année*	1,96E-02	6,05E-03	6,12E-03	6,56E-03	6,64E-03
Xylènes	*Année*	1,54E-02	5,67E-03	5,73E-03	6,68E-03	6,77E-03
16 HAP*	*Année*	4,04E-03	2,97E-03	2,99E-03	2,47E-03	2,49E-03
16 HAP* en équivalent B(a)P	*Année*	5,99E-05	4,26E-05	4,30E-05	3,51E-05	3,54E-05
Naphtalène	*Année*	2,19E-02	1,58E-02	1,60E-02	1,38E-02	1,40E-02
Chrome	*Année*	1,26E-05	1,14E-05	1,15E-05	1,06E-05	1,07E-05
Mercure	*Année*	9,20E-06	9,44E-06	9,53E-06	9,55E-06	9,65E-06
Dioxines	*Année*	2,08E-12	5,23E-13	5,28E-13	4,49E-13	4,53E-13
Furanes	*Année*	3,08E-12	7,82E-13	7,90E-13	6,75E-13	6,82E-13
NOx (éq. NO_2)	*Année*	2,43E+00	1,40E+00	1,40E+00	1,32E+00	1,32E+00
Propionaldéhyde	*Année*	1,32E+01	3,59E+00	3,62E+00	2,31E+00	2,33E+00

* Dont le B(a)P

- **Résultats détaillés des substances réglementées**

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

- **Objectif de qualité : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble ;**

- **Seuil d'information et de recommandations : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population rendant nécessaires des informations immédiates et adéquates ;**

- **Seuil d'alerte : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement justifiant l'intervention de mesures d'urgence ;**

- **Valeur cible : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble, à atteindre, dans la mesure du possible dans un délai donné ;**

- **Valeur limite : seuil maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement ;**

- **Niveau critique : niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques, au-delà duquel des effets nocifs directs peuvent se produire sur certains récepteurs, tels que les arbres, les autres plantes ou écosystèmes naturels, à l'exclusion des êtres humains.**

Les substances faisant l'objet d'une réglementation sont listées ci-dessous :

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

Précision : Les NOx ne sont pas à proprement parler règlementés, seul un niveau critique pour la protection de la végétation est émis.

L'ozone est un polluant obtenu dans l'atmosphère sous l'effet du rayonnement solaire par des réactions entre les oxydes d'azote et les composés organiques volatils émis notamment par les activités humaines. La modélisation et la prévision des pollutions à l'ozone sont complexes. En effet, la formation de l'ozone est dépendante à la fois du rayonnement solaire et de la présence de ses précurseurs. Par conséquent, le polluant ozone ne sera pas considéré.
Parmi ces composés réglementés, ceux rejetés en quantité par le trafic routier sont le dioxyde d'azote (« traceur ») et les particules PM10 et PM2,5.
L'analyse des impacts du projet sur la qualité de l'air se portera essentiellement sur les polluants précités. L'objectif étant de qualifier les impacts sur la qualité de l'air.

- Dioxyde d'azote [NO_2]

En considérant uniquement les émissions provenant des voies de circulation du réseau d'étude, les concentrations en NO_2 calculées en moyennes annuelles sont inférieures au seuil réglementaire au niveau des lieux vulnérables existants, de l'emprise projet et la zone d'étude, pour toutes les situations et les horizons.

Il en va de même pour les concentrations horaires en NO_2.

Les concentrations en NO_2 les plus élevées sont logiquement retrouvées au niveau des voies présentant les trafics les plus élevés (notamment l'A86/N385 et la D986).

En moyenne annuelle, les teneurs maximales en NO_2 sur la zone d'étude aux horizons futurs sont considérablement inférieures à celle en situation actuelle 2020 :

***en 2037 : -74,8 % pour la situation 'Fil de l'eau', -74,7 % pour la situation 'Projet' ;**

***en 2057 : -90,7 % pour les situations 'Fil de l'eau' et 'Projet' ;**

compte tenu des évolutions du parc roulant vers des véhicules plus propres (diminution de la proportion des véhicules thermiques en faveur des motorisations non carbonées couplée à la diminution des véhicules non classés et des classes anciennes des normes Euro dans la part des véhicules thermiques demeurant en circulation, en lien avec les applications des mesures de la SNBC, existantes au 31 décembre 2019 ; baisse des émissions unitaires des véhicules), compensant les augmentations de trafic.

En 2037, par rapport à la situation 'Fil de l'eau', la réalisation du 'Projet' :

***induit une évolution de la concentration maximale en NO_2 calculée sur la zone d'étude de +0,02 % (soit +0,002 µgNO_2/m^3 sur la moyenne annuelle) ;**

***une légère hausse des concentrations en NO_2 calculées aux niveaux des lieux vulnérables existant en l'état actuel (variations comprises entre +6,5 % pour l'école maternelle 1 et 0,2 % pour l'hôpital/foyer 2) ;**

***une légère augmentation de +1,0 % (soit +0,008 µgNO_2/m^3) de la teneur maximale en NO_2 calculée sur l'emprise projet.**

En 2057, par rapport à la situation 'Fil de l'eau', la réalisation du 'Projet' :

***induit une évolution de la concentration maximale en NO_2 calculée sur la zone d'étude de +0,02 % (soit +0,001 µgNO_2/m^3 sur la moyenne annuelle) ;**

***une légère hausse des concentrations en NO_2 calculées aux niveaux des lieux vulnérables existant en l'état actuel (variations comprises entre +6,4 % pour l'école maternelle 1 et 0,2 % pour l'hôpital/foyer 2) ;**

***une légère augmentation de +1,0 % (soit +0,003 µgNO_2/m^3) de la teneur maximale en NO_2 calculée sur l'emprise projet.**

Au regard des valeurs absolues des concentrations en NO_2 modélisées aux horizons 2037 et 2057 (cf. tableaux suivants), de la teneur moyenne annuelle de fond urbain relevée au niveau de la station de mesure AirParif la plus proche (environ 23 µgNO_2/m³ en 2021 à la station « Vitry-sur-Seine ») et de la valeur limite réglementaire (40 µg/m³), il est possible de qualifier ces variations de concentrations comme étant non significatives (vis-à-vis de la réglementation) au niveau des lieux vulnérables et de l'emprise projet.

En se référant aux cartes de différence des concentrations modélisées entre les situations 'Projet' et 'Fil de l'eau' aux horizons futurs, il est possible de constater que les hausses maximales des concentrations en dioxyde d'azote dans l'air ambiant sont localisées majoritairement au niveau de la D986 et des voies reliées à celle-ci.

Note : Pour l'année 2057, les hausses maximales des concentrations en dioxyde d'azote sont moins visibles. Cela est dû aux évolutions du parc roulant vers des véhicules plus propres.

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

Tableau 43 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne annuelle

NO_2 (µg/m³) Moyenne annuelle	Valeur limite			40 µg/m³	
	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
ZONE ETUDE - MAX	29,22	7,38	7,38	2,73	2,73
CENTILE 90	4,46	1,13	1,13	0,42	0,42
CENTILE 80	2,45	0,60	0,65	0,23	0,24
CENTILE 70	1,77	0,44	0,45	0,17	0,17
CENTILE 60	1,47	0,37	0,39	0,14	0,15
CENTILE 50	1,25	0,31	0,33	0,12	0,12
MAX CRECHES	1,58	0,41	0,43	0,16	0,17
MAX ÉCOLES MATERNELLES	1,35	0,34	0,35	0,13	0,13
MAX ÉCOLES ÉLEMENTAIRES	1,50	0,38	0,38	0,14	0,14
MAX ÉCOLES PRIMAIRES	1,74	0,45	0,47	0,17	0,18
MAX EHPADS	0,50	0,13	0,13	0,05	0,05
MAX HOPITAUX/FOYERS	3,29	0,83	0,83	0,31	0,31
Max Emprise Projet	3,31	0,83	0,84	0,31	0,31
Centile 90	1,95	0,51	0,52	0,19	0,20
Centile 50	1,45	0,36	0,39	0,14	0,15
Centile 10	1,20	0,30	0,32	0,11	0,12
Moyenne	1,53	0,39	0,40	0,15	0,15
Nota Bene	*Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers du réseau d'étude.*				

Tableau 44 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne horaire

NO_2 (µg/m³) Maximum en moyenne horaire	Valeur limite	200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an			
	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
ZONE ETUDE - MAX	170,61	43,07	43,09	15,94	15,94
CENTILE 90	43,70	11,20	11,29	4,28	4,34
CENTILE 80	22,19	5,58	5,76	2,07	2,15
CENTILE 70	17,62	4,39	4,49	1,64	1,69
CENTILE 60	13,98	3,51	3,59	1,31	1,34
CENTILE 50	11,85	3,00	3,06	1,12	1,14
MAX CRECHES	16,31	4,25	4,38	1,64	1,70
MAX ÉCOLES MATERNELLES	13,58	3,43	3,63	1,31	1,39
MAX ÉCOLES ÉLEMENTAIRES	18,90	4,77	4,78	1,77	1,78
MAX ÉCOLES PRIMAIRES	19,13	4,97	5,12	1,92	1,97
MAX EHPADS	7,47	1,91	1,94	0,72	0,73
MAX HOPITAUX/FOYERS	38,60	9,74	9,74	3,60	3,60
Max Emprise Projet	31,36	7,92	7,92	2,93	2,93
Centile 90	18,16	4,58	4,58	1,71	1,71
Centile 50	11,57	2,92	3,01	1,10	1,13
Centile 10	9,72	2,42	2,56	0,91	0,96
Moyenne	13,05	3,29	3,36	1,23	1,26
Nota Bene	*Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers du réseau d'étude.*				

Les planches suivantes illustrent les cartographies des isocontours des concentrations annuelles en NO_2 – aux différents horizons et situations étudiés.

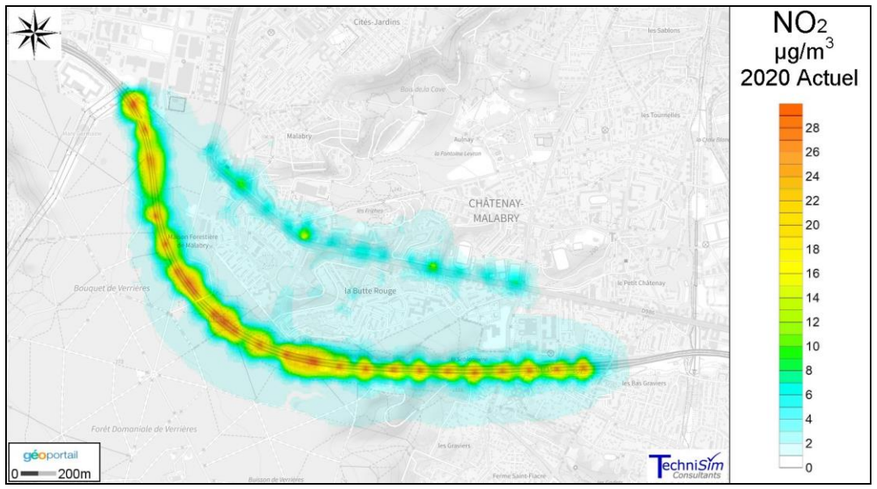


Figure 90 : Concentrations en NO_2 – Moyenne annuelle – Situation N°0 – Actuel 2020

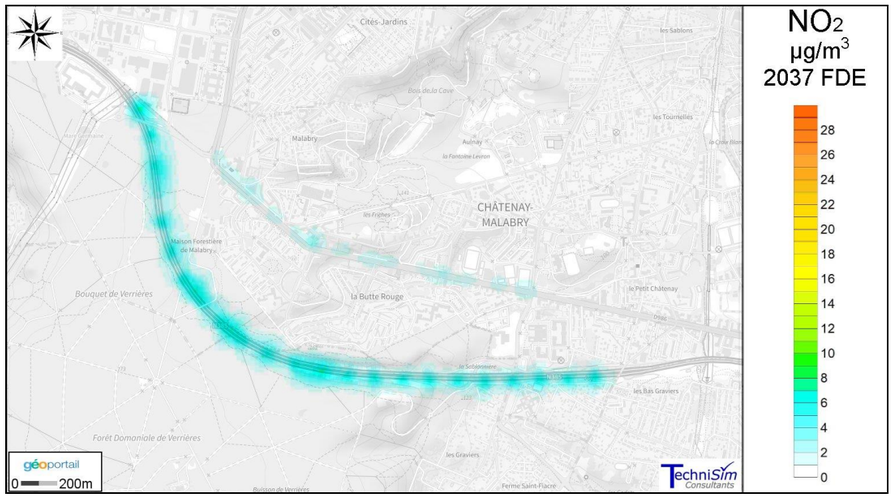


Figure 91 : Concentrations en NO_2 – Moyenne annuelle – Situation N°1 – 2037 – Fil de l'eau

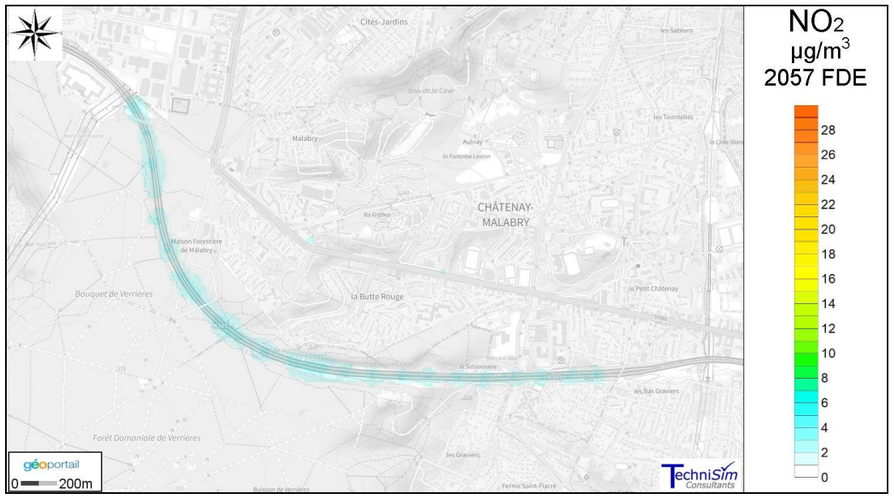


Figure 93 : Concentrations en NO_2 – Moyenne annuelle – Situation N°3 – 2057 – Fil de l'eau

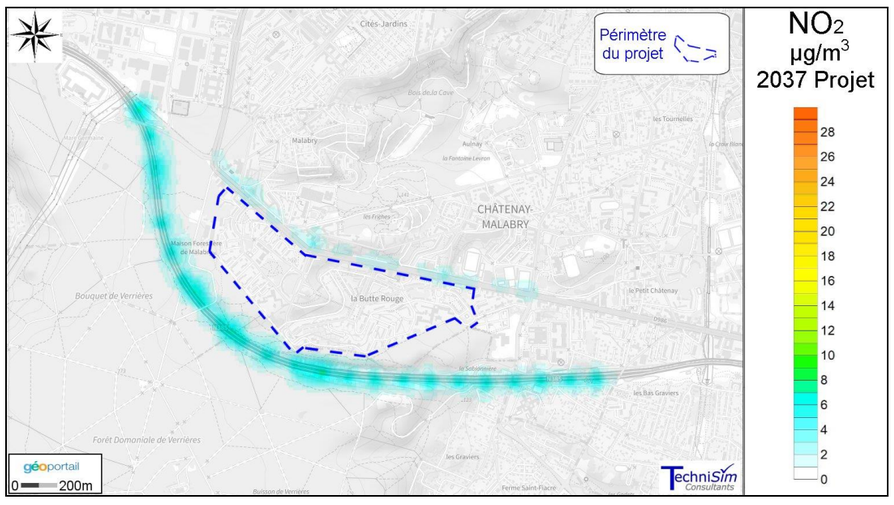


Figure 92 : Concentrations en NO_2 – Moyenne annuelle – Situation N°2 – 2037 – Projet

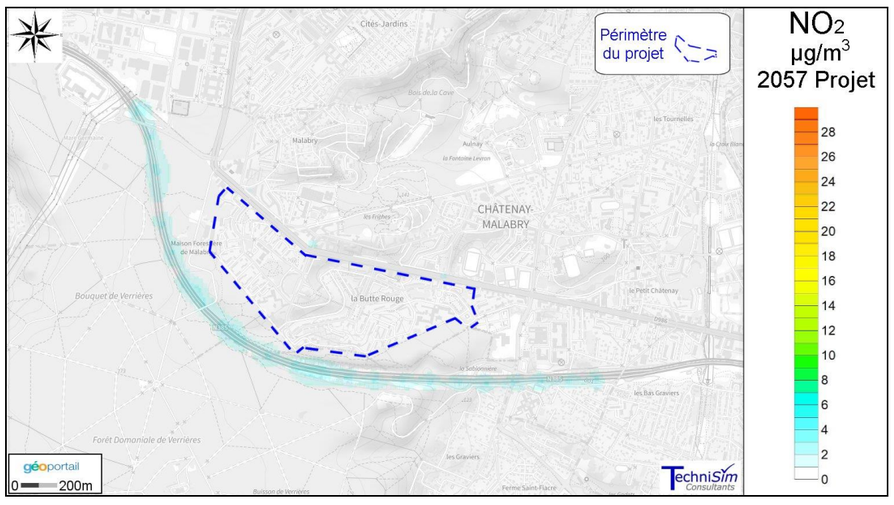


Figure 94 : Concentrations en NO_2 – Moyenne annuelle – Situation N°4 – 2057 – Projet

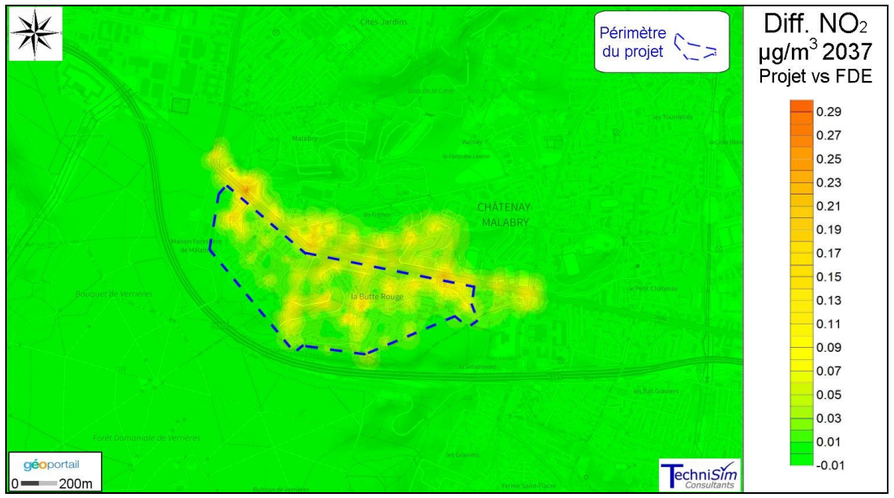


Figure 95 : Différence de concentration en dioxyde d'azote entre la situation Projet et Fil de l'eau en 2037 (Situation 2-situation 1)

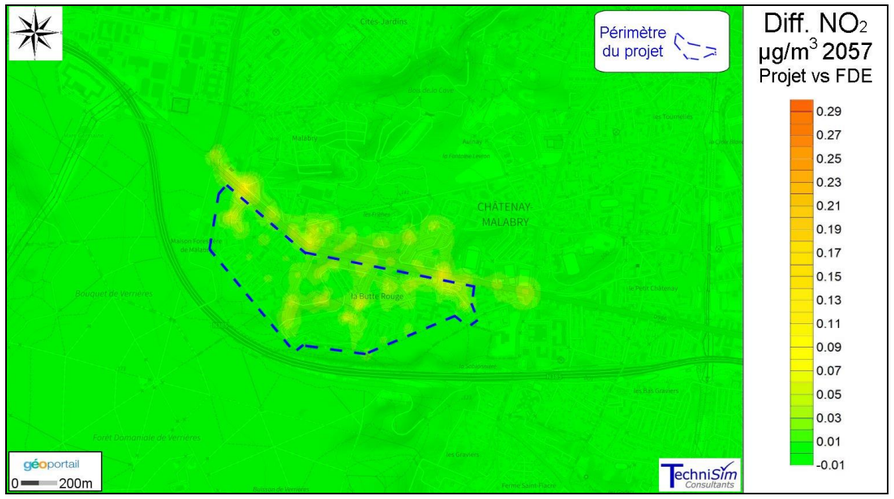


Figure 96 : Différence de concentration en dioxyde d'azote entre la situation Projet et Fil de l'eau en 2057 (Situation 4-situation 3)

La figure suivante détaille, pour chacun des lieux vulnérables, la variation de concentration en NO_2 (µg/m³) induite la réalisation du projet comparativement à la situation 'Fil de l'eau' respective 2037 et 2057.

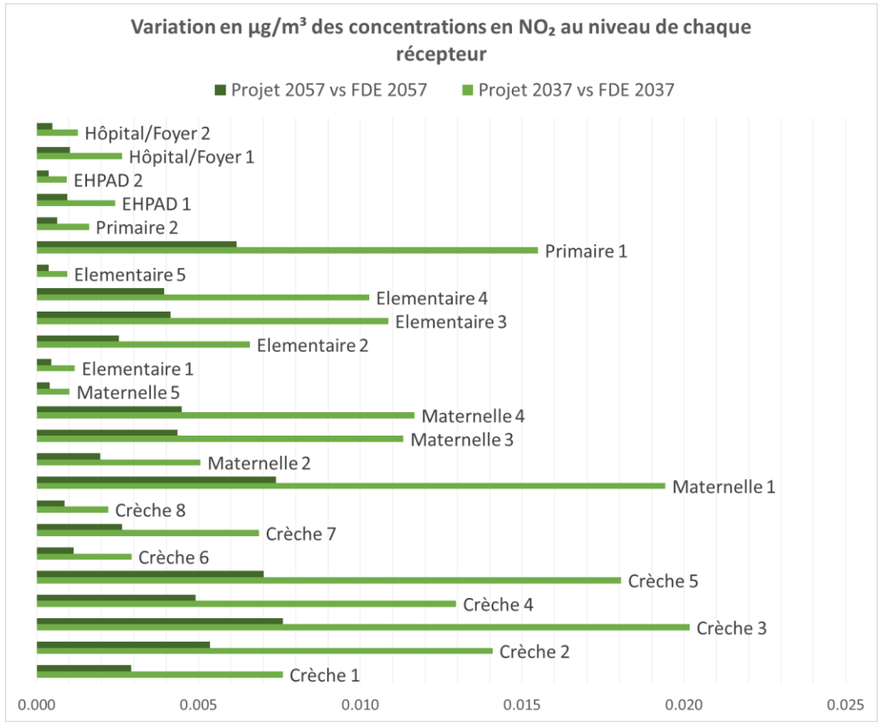


Figure 97 : Variation en µg/m³ -au niveau de chacun des lieux vulnérables- de la concentration en NO_2 (moyenne annuelle) induite par la réalisation du projet comparativement à la situation 'Fil de l'eau' correspondante 2037 et 2057

- Particules PM10 et PM2,5

En considérant uniquement les émissions provenant des voies de circulation du réseau d'étude, les concentrations en PM10 et PM2,5 calculées en moyennes annuelles sont toutes inférieures aux normes réglementaires au niveau des lieux vulnérables existants, de l'emprise projet et de la zone d'étude, pour toutes les situations et les horizons.

Il en va de même pour les concentrations journalières en PM10.

Les concentrations en PM10 et PM2,5 les plus élevées sont logiquement retrouvées au niveau des voies présentant les trafics les plus élevés (notamment l'A86/N385 et la D986).

En moyenne annuelle, les teneurs maximales sur la grille de calcul à l'horizon 2037 (scénario 'Fil de l'eau' et 'Projet') sont inférieures à celles en situation actuelle 2020 :

***PM10 : -30,8 % pour les situations 'Fil de l'eau' et 'Projet'.**

***PM2,5 : -42,6 % pour les situations 'Fil de l'eau' et 'Projet'.**

Également, les teneurs maximales sur la grille de calcul à l'horizon 2057 sont inférieures à celles en situation actuelle 2020 :

***PM10 : -33,3 % pour les situations 'Fil de l'eau' et 'Projet'.**

***PM2,5 : -45,8 % pour les situations 'Fil de l'eau' et 'Projet'.**

La réalisation du projet, en 2037 et 2057, par rapport à la situation 'Fil de l'eau' correspondante, induit :

***une légère variation des concentrations maximales en particules calculées sur la zone d'étude :**

¤ PM10 : +0,05 %, soit +0,003 µgPM10/m³ sur la moyenne annuelle ;

¤ PM2,5 : +0,01 %, soit +0,0001 µgPM2,5/m³ sur la moyenne annuelle ;

***une légère hausse des concentrations en particules au niveau des lieux vulnérables existants (variations comprises entre +7,5 % pour l'école maternelle 1 et +0,2 % pour l'hôpital/foyer 2) ;**

***une légère augmentation de +0,02 µgPM10/m³ (+1,2 %) et de +0,07 µgPM2,5/m³ (+1,2 %) des teneurs maximales calculées sur l'emprise projet.**

Au regard des valeurs absolues des concentrations en PM10 et PM2,5 modélisées aux horizons 2037 et 2057 (cf. tableaux ci-après), des teneurs moyennes annuelles de fond urbain relevées au niveau de la station de mesure AirParif (« Vitry-sur-Seine ») (environ 17 µgPM10/m³ et 11 µgPM2,5/m³ en 2021) et des valeurs limites réglementaires (40 µgPM10/m³ et 25 µgPM2,5/m³), il est possible de qualifier ces variations de concentrations comme étant non significatives (vis-à-vis de la réglementation) au niveau des lieux vulnérables et de l'emprise projet.

Les diminutions de concentrations en particules aux horizons futurs (2037 et 2057) comparativement à la situation actuelle 2020 sont moins marquées que pour les polluants émis uniquement à l'échappement. En effet, les particules étant générées également par l'usure et l'abrasion des véhicules et revêtements routiers en sus de celles émises à l'échappement, le renouvellement du parc (disparition des véhicules anciens le plus polluants) et l'augmentation de la part de motorisations non carbonées, ne compensent pas totalement la hausse des trafics sur le réseau d'étude en termes de polluants issus également par l'abrasion.

En se référant aux cartes de différence des concentrations modélisées entre les situations 'Projet' et 'Fil de l'eau' aux horizons 2037 et 2057, il est possible de constater que les hausses maximales des concentrations en particules dans l'air ambiant sont localisées majoritairement au niveau de la D986 et des voies reliées à celle-ci.

Les tableaux suivants synthétisent les valeurs réglementaires concernant les particules PM10, ainsi que les résultats des modélisations.

Tableau 45 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne annuelle

PM10 (µg/m³) Moyenne annuelle	Valeur limite			40 µg/m³	
	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
ZONE ETUDE - MAX	17,82	12,33	12,33	11,89	11,89
CENTILE 90	2,45	1,77	1,83	1,70	1,77
CENTILE 80	1,43	1,03	1,12	0,99	1,08
CENTILE 70	0,99	0,72	0,73	0,69	0,71
CENTILE 60	0,84	0,61	0,63	0,59	0,61
CENTILE 50	0,71	0,51	0,54	0,49	0,52
MAX CRECHES	0,92	0,72	0,76	0,70	0,73
MAX ÉCOLES MATERNELLES	0,76	0,56	0,58	0,54	0,56
MAX ÉCOLES ÉLEMENTAIRES	0,82	0,57	0,59	0,55	0,57
MAX ÉCOLES PRIMAIRES	1,00	0,78	0,81	0,75	0,78
MAX EHPADS	0,28	0,20	0,21	0,20	0,20
MAX HOPITAUX/FOYERS	1,79	1,24	1,25	1,20	1,20
Max Emprise Projet	1,81	1,26	1,28	1,22	1,23
Centile 90	1,13	0,80	0,82	0,77	0,79
Centile 50	0,84	0,61	0,65	0,59	0,63
Centile 10	0,69	0,50	0,53	0,48	0,51
Moyenne	0,87	0,63	0,66	0,61	0,64
Nota Bene	*Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers du réseau d'étude.*				

Tableau 46 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne journalière

PM10 (µg/m³) Maximum en moyenne journalière	Valeur limite	50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an			
	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
ZONE ETUDE - MAX	22,86	15,81	15,81	15,24	15,24
CENTILE 90	5,36	3,80	3,82	3,66	3,68
CENTILE 80	2,61	1,86	1,99	1,79	1,92
CENTILE 70	2,09	1,48	1,53	1,43	1,47
CENTILE 60	1,63	1,17	1,19	1,13	1,15
CENTILE 50	1,38	0,99	1,02	0,96	0,99
MAX CRECHES	1,80	1,40	1,45	1,35	1,40
MAX ÉCOLES MATERNELLES	1,53	1,15	1,23	1,11	1,19
MAX ÉCOLES ÉLEMENTAIRES	2,06	1,44	1,44	1,39	1,39
MAX ÉCOLES PRIMAIRES	2,10	1,63	1,70	1,57	1,64
MAX EHPADS	0,77	0,56	0,57	0,54	0,55
MAX HOPITAUX/FOYERS	4,25	2,94	2,94	2,84	2,84
Max Emprise Projet	3,37	2,34	2,34	2,26	2,26
Centile 90	2,02	1,50	1,50	1,45	1,45
Centile 50	1,33	0,98	1,03	0,95	0,99
Centile 10	1,13	0,80	0,85	0,77	0,82
Moyenne	1,49	1,08	1,12	1,04	1,08
Nota Bene	*Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers du réseau d'étude.*				

Les cartographies ci-après représentent les isocontours des concentrations annuelles en PM10, modélisées aux différents horizons et situations étudiés.

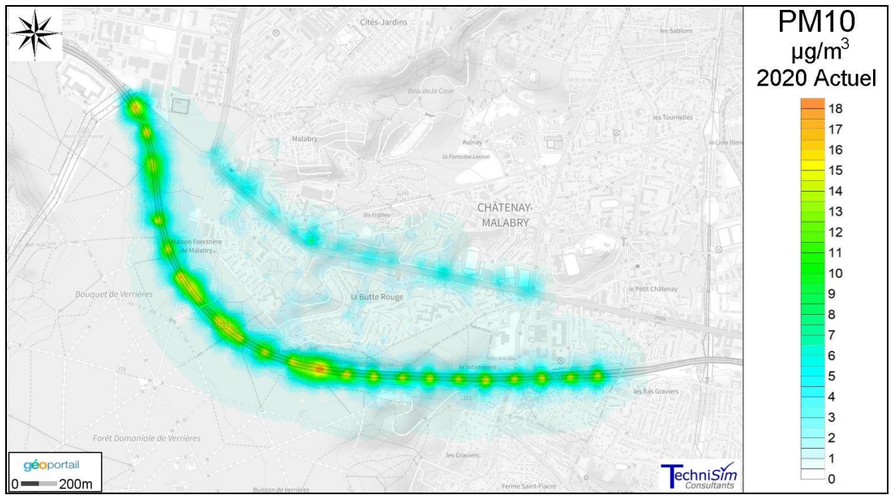


Figure 98 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°0 – Actuel 2020

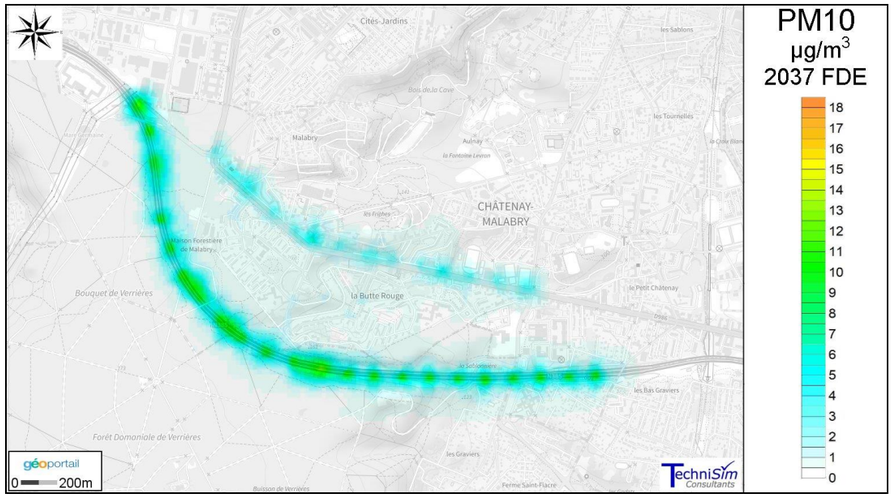


Figure 99 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°1 – 2037 – Fil de l'eau

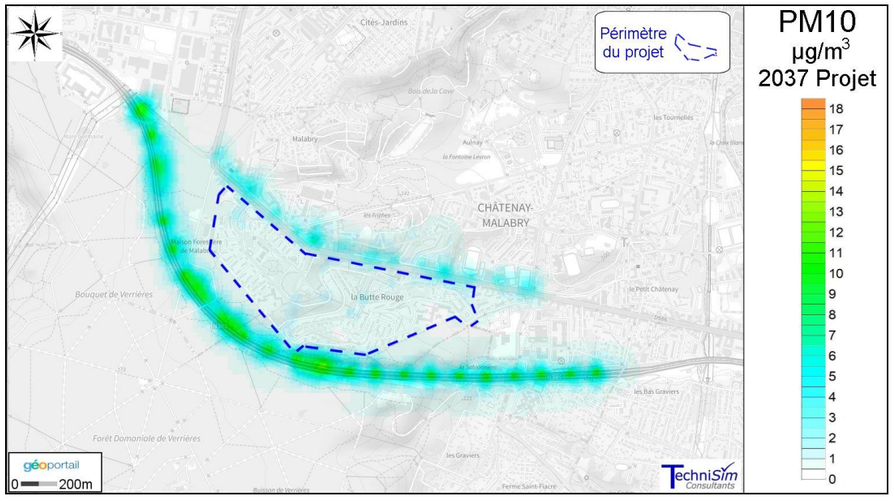


Figure 100 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°2 – 2037 – Projet

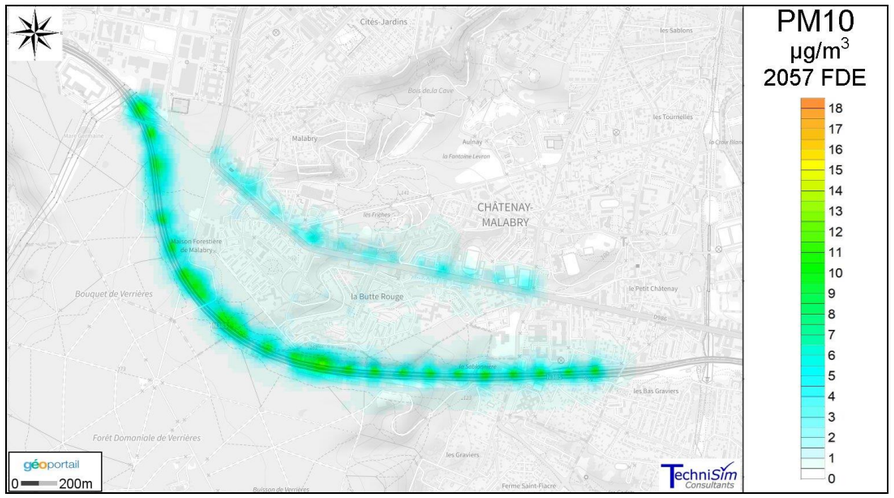


Figure 101 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°3 – 2057 – Fil de l'eau

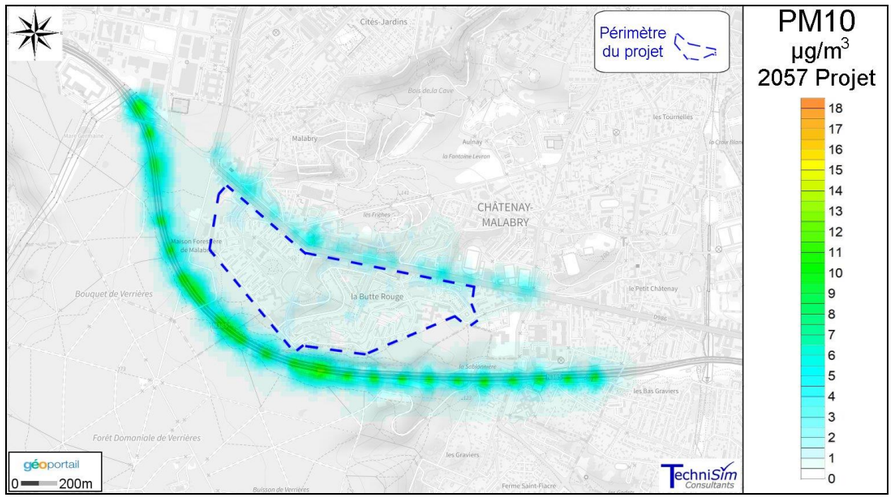


Figure 102 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°4 – 2057 – Projet

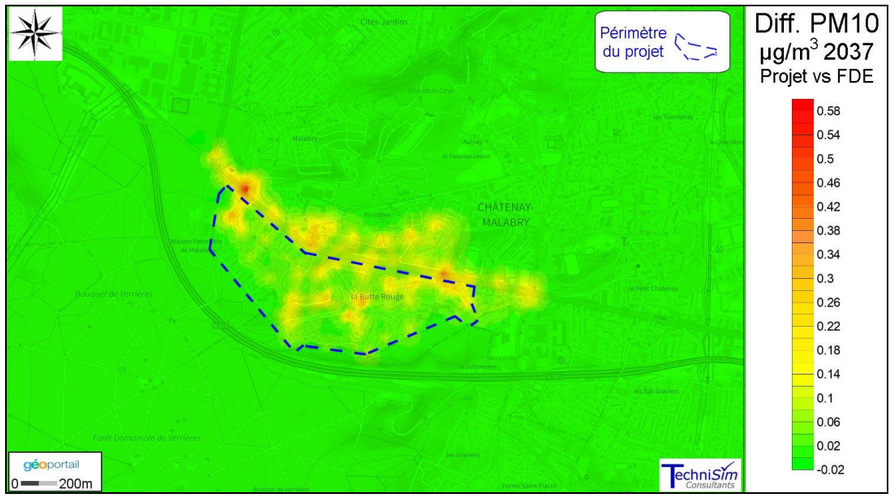


Figure 103 : Différence de concentration en PM10 entre la situation Projet et Fil de l'eau en 2037 (Situation 2-situation 1)

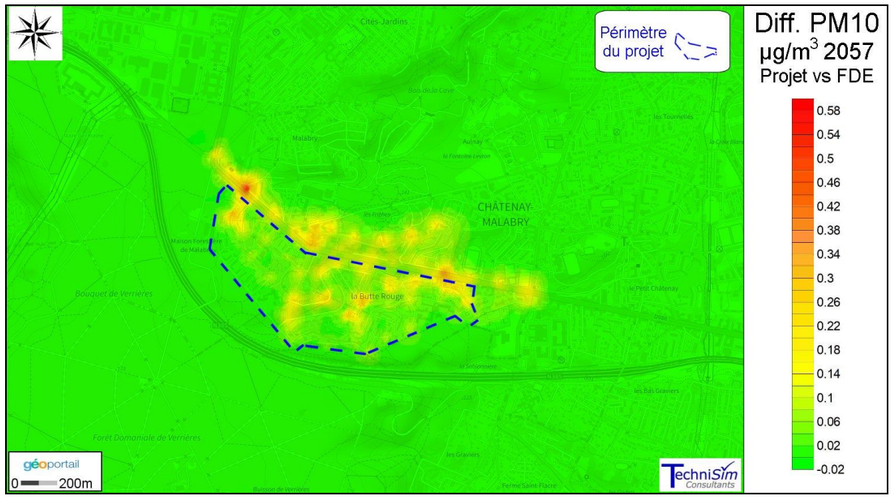


Figure 104 : Différence de concentration en PM10 entre la situation Projet et Fil de l'eau en 2057 (Situation 4-situation 3)

La figure suivante détaille, pour chacun des lieux vulnérables, la variation de concentration en PM10 (µg/m³) induite la réalisation du projet comparativement aux situations 'Fil de l'eau' respectives en 2037 et 2057.

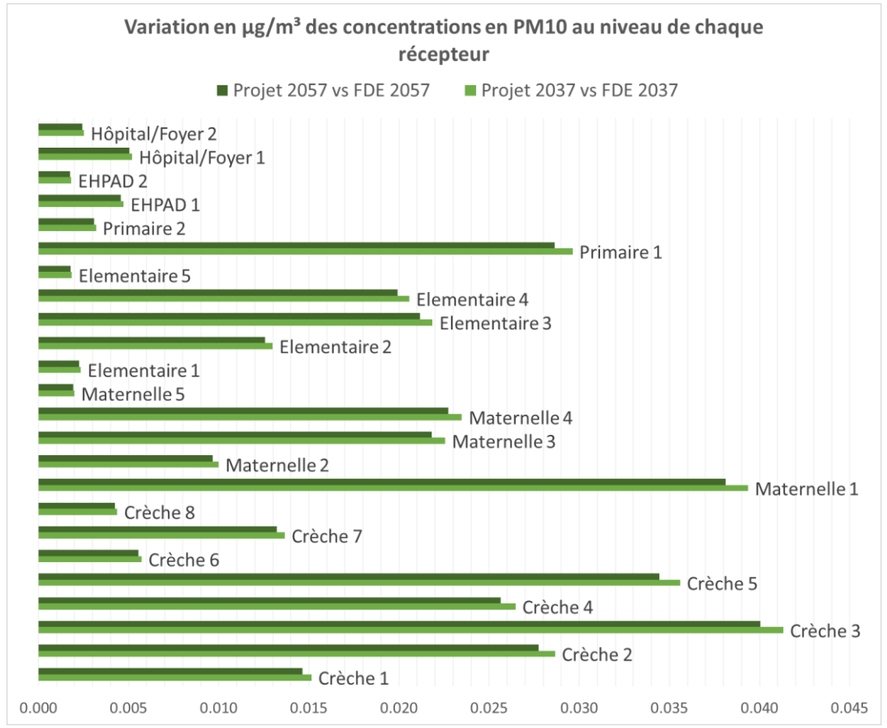


Figure 105 : Variation en µg/m³ -au niveau de chacun des lieux vulnérables- de la concentration en PM10 (moyenne annuelle) induite par la réalisation du projet comparativement aux situations 'Fil de l'eau' respectives en 2037 et 2057

Le tableau ci-après résume les valeurs réglementaires relatives aux particules PM2,5, ainsi que les résultats des modélisations.

Tableau 47 : Résultats des modélisations pour les particules PM2,5 – moyenne annuelle

PM2,5 (µg/m³) Moyenne annuelle	Valeur limite			25 µg/m³	
	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
ZONE ETUDE - MAX	9,17	5,27	5,27	4,97	4,97
CENTILE 90	1,41	0,85	0,87	0,80	0,83
CENTILE 80	0,80	0,49	0,53	0,47	0,51
CENTILE 70	0,57	0,34	0,35	0,32	0,33
CENTILE 60	0,48	0,29	0,30	0,27	0,29
CENTILE 50	0,40	0,24	0,26	0,23	0,24
MAX CRECHES	0,52	0,35	0,36	0,33	0,34
MAX ÉCOLES MATERNELLES	0,44	0,27	0,28	0,25	0,26
MAX ÉCOLES ÉLEMENTAIRES	0,47	0,27	0,28	0,26	0,27
MAX ÉCOLES PRIMAIRES	0,57	0,37	0,39	0,35	0,36
MAX EHPADS	0,16	0,10	0,10	0,09	0,09
MAX HOPITAUX/FOYERS	1,03	0,60	0,60	0,56	0,56
Max Emprise Projet	1,04	0,60	0,61	0,57	0,58
Centile 90	0,64	0,38	0,39	0,36	0,37
Centile 50	0,48	0,29	0,31	0,27	0,29
Centile 10	0,39	0,24	0,25	0,23	0,24
Moyenne	0,49	0,30	0,32	0,29	0,30
Nota Bene	*Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers du réseau d'étude.*				

Les cartographies suivantes présentent les isocontours des concentrations annuelles en PM2,5 modélisées aux différents horizons et situations étudiés.

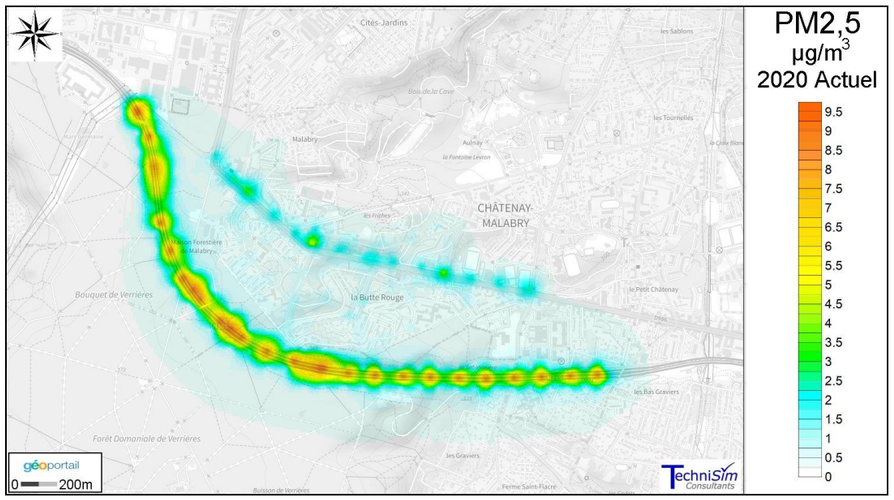


Figure 106 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°0 – Actuel 2020

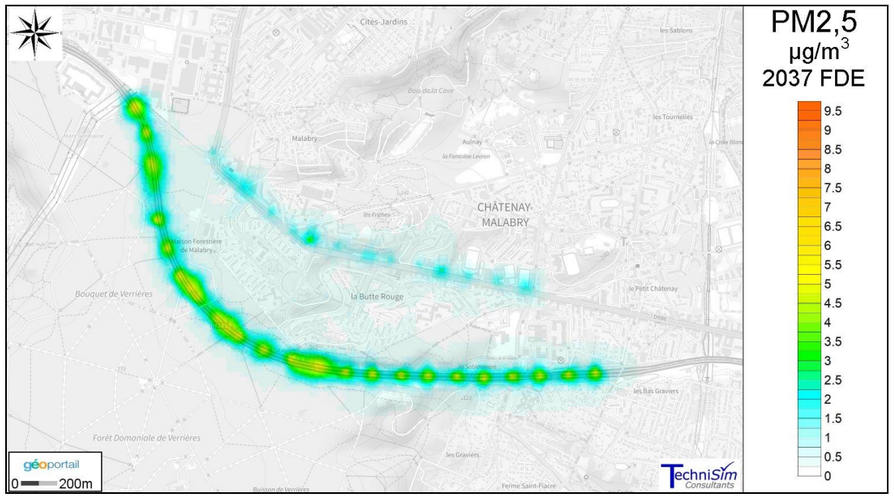


Figure 107 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°1 – 2037 – Fil de l'eau

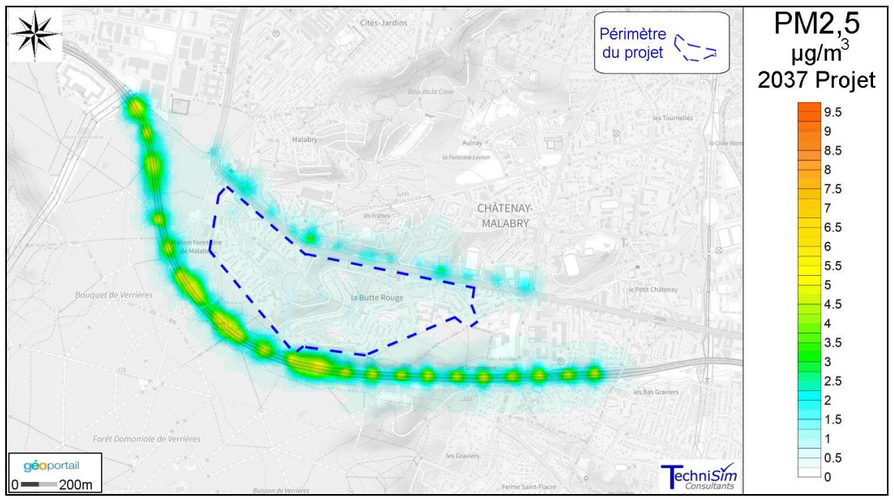


Figure 108 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°2 – 2037 – Projet

Figure 109 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°3 – 2057 – Fil de l'eau

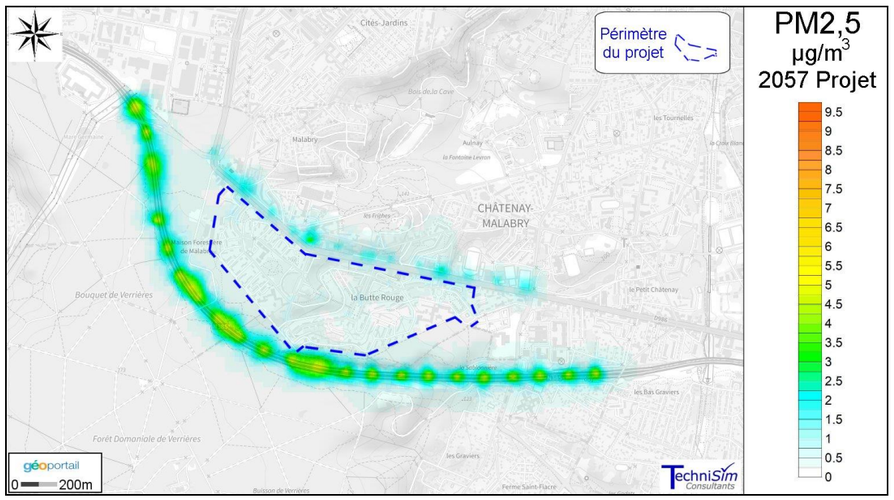


Figure 110 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°4 – 2057 – Projet

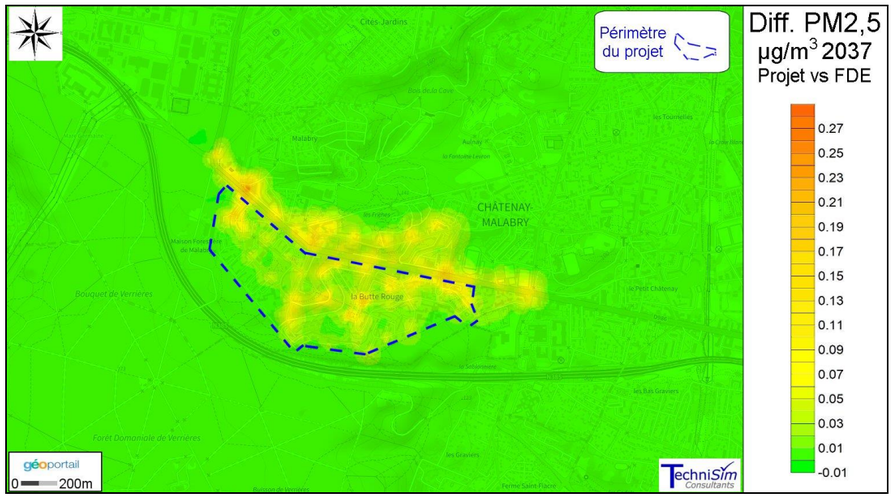


Figure 111 : Différence de concentration en PM2,5 entre la situation Projet et Fil de l'eau en 2037 (Situation 2-situation 1)

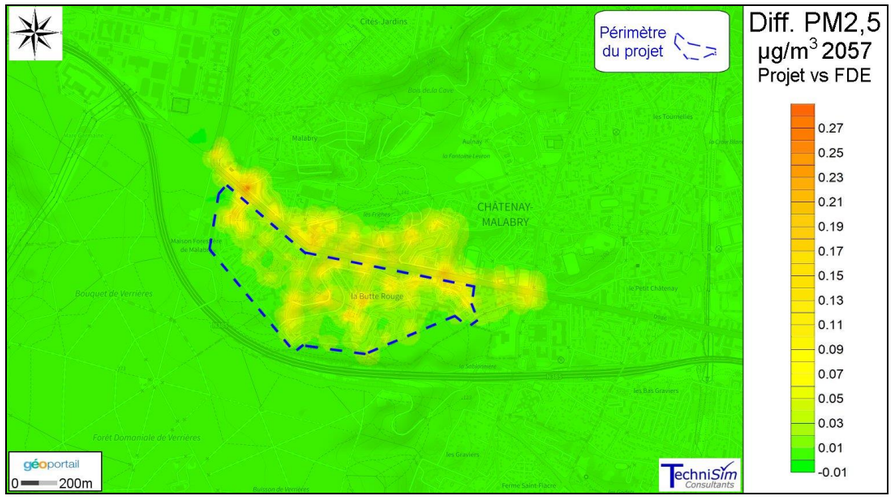


Figure 112 : Différence de concentration en PM2,5 entre la situation Projet et Fil de l'eau en 2057 (Situation 4-situation 3)

La figure suivante détaille, pour chacun des lieux vulnérables, la variation de concentration en PM2,5 (µg/m³) induite la réalisation du projet comparativement aux situations 'Fil de l'eau' respectives en 2037 et 2057.

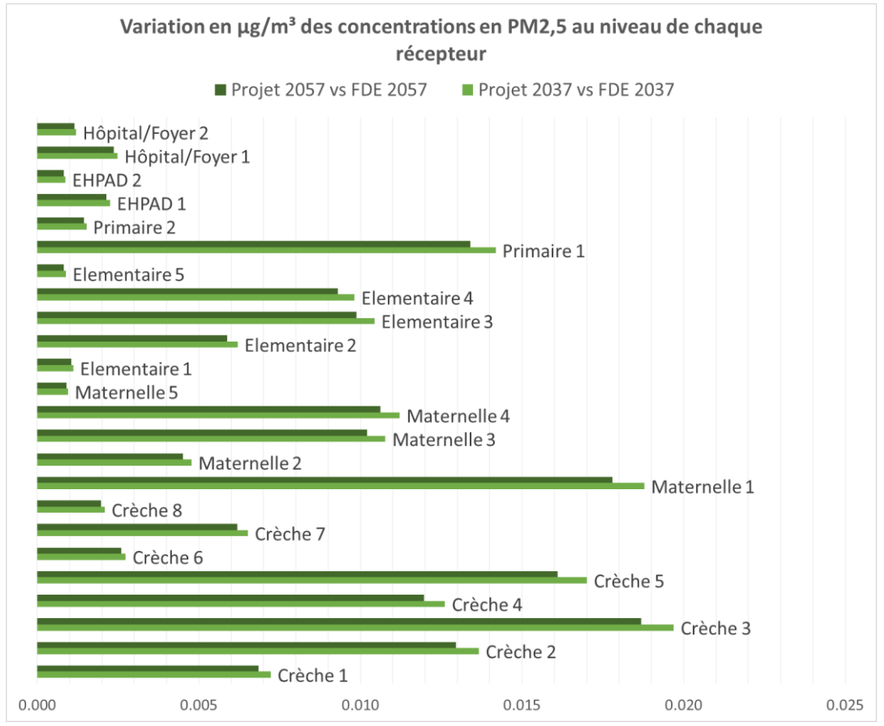


Figure 113 : Variation en µg/m³ -au niveau de chacun des lieux vulnérables- de la concentration en PM2,5 (moyenne annuelle) induite par la réalisation du projet comparativement aux situations 'Fil de l'eau' respectives en 2037 et 2057

- Autres polluants réglementés

Pour chacun de ces composés, en considérant uniquement les émissions provenant des voies de circulation du réseau d'étude, les concentrations obtenues sont très inférieures aux normes de la qualité de l'air, et cela, pour tous les horizons et les situations simulés (sauf pour les oxydes d'azote, qui voient leurs teneurs maximales dépasser le niveau critique pour la protection de la végétation, pour la situation actuelle 2020 et pour les situations 'Fil de l'eau' et 'Projet' 2037, au niveau des voies de circulation).

Il est possible de conclure que la modification des volumes de trafic liés à la réalisation du projet comparativement à la situation 'Fil de l'eau' correspondante n'est pas de nature à impacter significativement la qualité de l'air en termes réglementaires pour ce qui est de ces composés.

Tableau 48 : Tableau récapitulatif des normes de la qualité de l'air mentionnées dans la réglementation française

Polluants	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuil d'alerte	Niveau critique	Valeur cible
Benzène	Moyenne annuelle : 5 µg/m³	Moyenne annuelle : 2 µg/m³	-	-	-	-
Dioxyde de soufre	Moyenne journalière : 125 µg/m³ (3 dépassements autorisés)	Moyenne annuelle : 50 µg/m³	Moyenne horaire : 300 µg/m³	Moyenne horaire sur 3 heures consécutives : 500 µg/m³	Moyenne annuelle et hivernale : 20 µg/m³	-
	Moyenne horaire : 350 µg/m³ (24 dépassements autorisés)	-	-	-	-	-
Plomb	Moyenne annuelle : 0,5 µg/m³	Moyenne annuelle : 0,25 µg/m³	-	-	-	-
Monoxyde de carbone	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 10 000 µg/m³	-	-	-	-	-
Arsenic	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 0,006 µg/m³
Cadmium	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 0,005 µg/m³
Nickel	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 0,020 µg/m³
Benzo(a) pyrène	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 0,001 µg/m³
Oxydes d'azote	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 30 µg/m³ (éq. NO_2)	-

16.3. CONCLUSION DE L'IMPACT DU TRAFIC ROUTIER LIE AU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR

La réalisation du projet de rénovation urbaine de la cité jardin de Châtenay-Malabry, sur le territoire de la commune de Châtenay-Malabry (Hauts-de-Seine/92) va engendrer une hausse de trafic sur les voies étudiées, comparativement à la situation actuelle 2020.

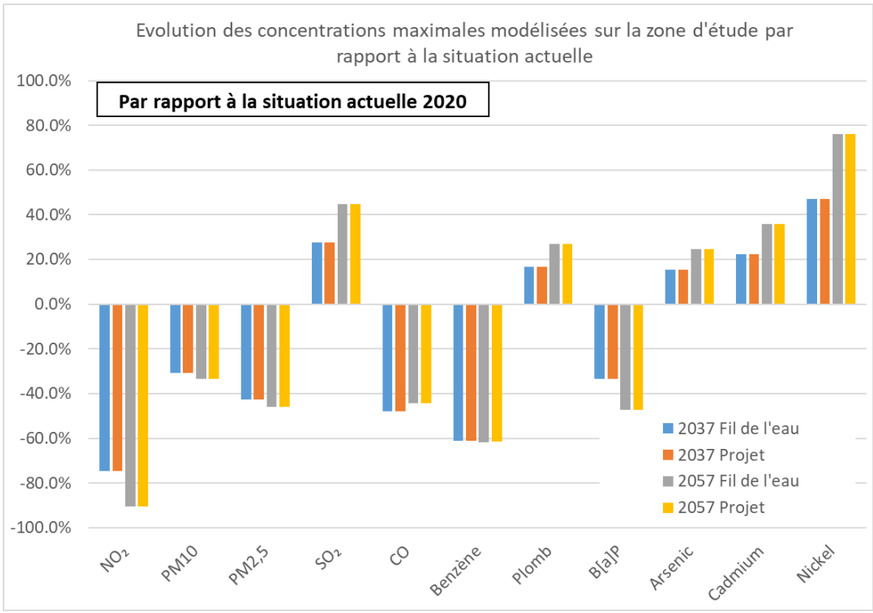


Figure 114 : Évolution pour les principaux polluants des concentrations maximales modélisées sur la zone d'étude aux horizons 2037 et 2057 (situation 'Fil de l'eau' et 'Projet') comparativement à la situation actuelle 2020

Cependant, aux horizons futurs 2037 et 2057, les teneurs maximales modélisées sur la zone d'étude diminuent fortement pour les principaux polluants émis à l'échappement par rapport à la situation actuelle 2020 (sauf SO_2 pour lequel les concentrations maximales augmentent).

Cela étant corrélé avec les **améliorations des motorisations et des systèmes épuratifs,** ainsi qu'à l'**application des normes Euro** et au **développement des véhicules hybrides/électriques,** combinées au **renouvellement du parc roulant** (diminution de la proportion des véhicules thermiques en faveur des motorisations non carbonés couplée à la diminution des véhicules non classés et des classes anciennes des normes Euro dans la part des véhicules thermiques demeurant en circulation). Et **ce, malgré l'augmentation globale des volumes de trafic, en situations 'Fil de l'eau' et 'Projet' (pour les deux horizons),** par rapport à la situation actuelle**.**

Les polluants émis également par l'usure et l'abrasion voient quant à eux leurs teneurs maximales sur la zone d'étude :

- **Baisser aux horizons 2037 et 2057 pour les particules et le benzo(a)pyrène ;**

- **Augmenter aux horizons 2037 et 2057 pour les métaux (voire augmenter fortement pour le nickel à l'horizon 2057) du fait de la hausse de trafic.**

En tout état de cause, en ne considérant que les émissions de la circulation sur les brins dont les trafics ont été fournis, au niveau des lieux vulnérables (crèches, écoles maternelles, élémentaires et primaires, EHPADs et hôpitaux/foyers) et de l'emprise projet, les concentrations calculées aux horizons futurs 2037 et 2057 en situations 'Fil de l'eau' et 'Projet' sont inférieures aux normes règlementaires pour les polluants faisant l'objet d'une règlementation. Et cela même en les cumulant aux concentrations de fond (moyennes annuelles 2021) relevées au niveau de la station AirParif la plus proche du projet, pour le dioxyde d'azote et les particules.

Par rapport** à la **situation actuelle 2020, il est observé aux horizons futurs 2037 et 2057 :

- **Pollution atmosphérique : une baisse des concentrations maximales en polluants sur la zone d'étude (en moyenne sur les polluants réglementés : environ -14,7 % pour les situations 'FDE' et 'Projet' (2037) ; environ -10,5 % pour les situation 'FDE' et 'Projet' (2057)).**

- **Enjeux populationnels (lieux vulnérables existants / habitants [emprise projet]), aux horizons 2037 et 2057:**

  - Une baisse importante des concentrations en polluants émis à l'échappement (traceur NO_2) est observée en situation 'Fil de l'eau' et 'Projet' au niveau des lieux vulnérables existants à l'état actuel et sur l'emprise projet.

  - Pour les polluants émis par l'abrasion (traceur PM10), il est observé une baisse des concentrations en situation 'Fil de l'eau' et 'Projet' au niveau des lieux vulnérables existants à l'état actuel et sur l'emprise projet.

Les **impacts du projet** sont, ***par rapport** à la **situation 'Fil de l'eau' correspondante*** :

- **Pollution atmosphérique : une légère augmentation (voire une variation négligeable) des concentrations maximales en polluants est observée sur la zone d'étude (environ +0,02 % en 2037 et 2057 ; en moyenne sur les polluants réglementés). Les hausses maximales de concentrations sont situées majoritairement au niveau de la D986 et des voies reliées à celle-ci mais demeurent faibles en valeurs absolues.**

- **Enjeux populationnels (lieux vulnérables existants / habitants [emprise projet]) : il est constaté une légère hausse des concentrations en polluants au niveau des lieux vulnérables existants, ainsi que sur l'emprise projet.**

Pour conclure, la réalisation du projet de rénovation urbaine de la Cité Jardin de Châtenay-Malabry et les hausses de trafic associées sur la zone d'étude ne sont pas de nature à influer significativement sur les concentrations en polluants en termes réglementaires, que ce soit sur la zone d'étude, au niveau des lieux vulnérables existants (crèches, écoles maternelles, élémentaires et primaires, EHPADs et hôpitaux/foyers) et de l'emprise projet, comparativement à la situation 'Fil de l'eau' correspondante.

17. IMPACTS DU PROJET SUR LA SANTE – ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES [EQRS]

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

La circulaire du 09/08/13 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation, rappelle l'intérêt de la démarche de l'EQRS dans une demande d'autorisation d'exploiter :
« La démarche d'évaluation des risques sanitaires permet de hiérarchiser les différentes substances émises par un site, leurs sources et les voies d'exposition, en vue de définir des stratégies de prévention et de gestion spécifiques à chaque installation.

Il s'agit d'un <u>outil de gestion et d'aide à la décision</u>. Elle ne peut cependant déterminer ni l'impact réel du site sur la santé des populations riveraines, ni l'exposition réelle des populations. Seules des études épidémiologiques ou d'imprégnations pourraient apporter des éléments de réponse sur ces deux points. »

L'impact sanitaire peut ainsi être déterminé. L'EQRS est menée selon :

- **Le guide de l'InVS de 2007 « Estimation de l'impact sanitaire d'une pollution environnementale et évaluation quantitative des risques sanitaires » Ed. InVS/Afsset 2007 ; 162p.;**
- **Le guide de l'INERIS de 2011 « Guide pour la conduite d'une étude de zone» - DRC - 11 - 115717 - 01555B ;**
- **Le guide de l'INERIS de 2021 « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires » ;**
- **Le guide de l'INERIS de 2016 « Choix de valeurs toxicologiques de référence - Méthodologie INERIS » - DRC - 16 - 156196 - 11306A ;**
- **La note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31/10/14 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués ;**
- **L'avis de l'Anses de juillet 2012 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 ;**
- **La Note technique NOR : TRET1833075N du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières.**

La planche suivante schématise conceptuellement l'EQRS réalisée dans ce document.

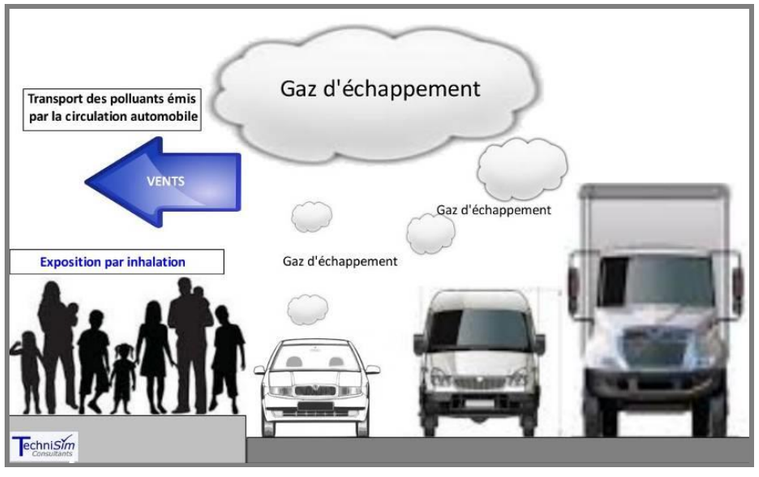


Figure 115 : Schéma conceptuel de la démarche d'ERS

17.1. HYPOTHESES DE TRAVAIL RETENUES

- **Les données utilisées proviennent de la simulation numérique de la dispersion atmosphérique des émissions générées par le trafic considéré sur l'ensemble des voies considérées.**
- **La voie d'exposition privilégiée est la voie <u>inhalation</u>.**
- **Les particules à l'échappement sont assimilées à des particules diesel (hypothèse majorante).**
- **Pour les HAP, il est considéré le mélange de 16 HAP (dont le benzo(a)pyrène) exprimé en benzo(a)pyrène équivalent par utilisation des FET (Facteur d'Équivalence Toxique).**
- **Pour le chrome, il est considéré que la totalité du chrome émis est du chrome VI (hypothèse majorante). Alors qu'en réalité, il s'agit d'un mélange de chrome VI (cancérigène) et de chrome III (non cancérigène).**

17.2. CONTENU ET DEMARCHE DE L'EQRS

Conventionnellement, une EQRS est constituée des quatre étapes listées ci-dessous :

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

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

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

- Étape n° 1 : L'identification des dangers

L'étape d'identification des dangers consiste à connaître les dangers ou le potentiel dangereux des agents chimiques considérés, associés aux voies d'exposition retenues [InVS, 2000]. Cela consiste en une synthèse des connaissances scientifiques disponibles à l'instant de l'étude débouchant sur un bilan de ce que l'on sait, de ce que l'on ignore et de ce qui est incertain.
On distingue les effets selon plusieurs critères.
La toxicité d'une substance peut être qualifiée de :

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

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

Au regard des effets, on distingue ceux-ci selon qu'ils sont « à seuils » ou « sans seuils » :

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

À la suite de ces recherches, quelques substances seulement sont retenues pour l'EQRS.
Ici, les polluants considérés proviennent du rapport du groupe de travail constitué de la Direction des routes (Ministère chargé de l'équipement), la Direction générale de la santé (Ministère chargé de la santé publique), la Direction de la prévention des pollutions et des risques et la Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale (Ministère chargé de l'environnement).

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

Cette étape permet d'estimer le risque en fonction de la dose. En toxicologie animale ou en épidémiologie, les effets sont généralement connus en ce qui concerne de hautes doses (expérimentations contrôlées, expositions professionnelles, accidentelles). Or, pour connaître les risques encourus à basses doses, telles qu'elles sont présentes dans notre environnement, il est nécessaire d'extrapoler les risques observés (c'est-à-dire des hautes doses vers les basses doses) à partir de l'étude de la relation dose-effet.
Cette relation s'étudie notamment grâce à des méthodes statistiques, épidémiologiques, toxicologiques et pharmacologiques et en particulier de la modélisation mathématique. Cela permet de définir des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) qui traduisent le lien entre la dose de la substance toxique et l'occurrence ou la sévérité de l'effet étudié dans la population.

Le calcul des VTR s'effectue différemment en fonction du danger considéré.
Cette opération s'effectue par une approche :

- **Déterministe lorsqu'il s'agit des effets "avec seuils" ;**
- **Probabiliste lorsqu'il s'agit des effets "sans seuils".**

Pour les effets à seuils, la VTR correspond à la dose en dessous de laquelle le ou les effets néfastes n'apparaissent pas. Cette dose est calculée à partir de la dose expérimentale reconnue comme la plus faible sans effet (dose dite 'NOEL' pour No Observed Effect Level) et d'une série de facteurs de sécurité. Ces facteurs de sécurité prennent en compte différentes incertitudes comme en particulier les difficultés de transposition de l'animal à l'homme (variabilité intra et inter-espèces), les durées d'exposition, la qualité des données, etc.
La VTR est ensuite calculée mathématiquement par division de la dose NOEL par le produit des différents facteurs de sécurité pris en compte.
La VTR prend alors la forme d'une Dose Journalière Admissible [DJA] dans le cas de l'ingestion (exprimée en mg/kg/j) et de la voie cutanée, ou bien d'une Concentration Maximale Admissible [CMA] dans le cas de l'exposition respiratoire (exprimée en µg/m^3).
En dessous de ce seuil de dose, la population est considérée comme protégée.

Pour les effets sans seuils, la VTR est en ce cas un Excès de Risque Unitaire [ERU] de cancer. L'ERU est calculé soit à partir d'expérimentations chez l'animal, soit d'études épidémiologiques chez l'Homme. Cette valeur est le résultat des extrapolations des hautes doses aux basses doses à travers des modèles mathématiques.
L'approche probabiliste conduit à considérer qu'il existe un risque, infime mais non nul, qu'une seule molécule pénétrant dans le corps provoque des changements dans une cellule à l'origine d'une lignée cancéreuse.
Concernant la voie respiratoire, l'ERU est l'inverse d'une concentration dans l'air et s'exprime en $(\mu g/m^3)^{-1}$. Cet indice représente la probabilité individuelle de développer un cancer pour une concentration de produit toxique de 1 µg/m^3 dans l'air inhalé par un sujet pendant toute sa vie.

La sélection des VTR pour chaque substance s'effectue selon le logigramme ci-après.

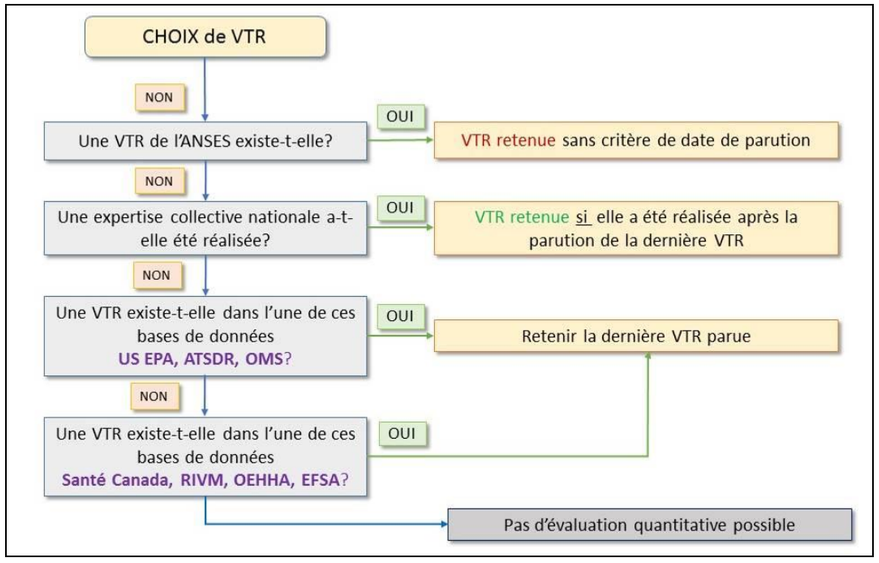


Figure 116: Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

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

Tableau 49 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets à seuils – Exposition CHRONIQUE – Inhalation

SUBSTANCES	N°CAS	Voie d'exposition	Effet(s) critique(s)	VTR		Unité	Facteur d'incertitude	Source	Année de révision	Justification du choix de la VTR
COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS ET HAP										
Acétaldéhyde	75-07-0	Inhalation	Dégénérescence de l'épithélium olfactif	**VGAI**	**160**	[µg/m^3]	75	ANSES	2014	VTR retenue par l'ANSES
Acroléine	107-02-8	Inhalation	Lésions de l'épithélium respiratoire supérieur	**VTR**	**0,15**	[µg/m^3]	25	ANSES	2022	VTR retenue par l'ANSES
Benzène	71-43-2	Inhalation	Diminution du nombre des lymphocytes	**VTR**	**10**	[µg/m^3]	Non précisé	ANSES	2008	VTR de l'ANSES
1,3-Butadiène	106-99-0	Inhalation	Effets sur la fertilité	**VTR**	**2**	[µg/m^3]	300	ANSES	2021	VTR retenue par l'ANSES
Ethylbenzène	100-41-4	Inhalation	Effet ototoxique (Perte de cellules ciliées externes dans l'organe de Corti)	**VTR**	**1500**	[µg/m^3]	75	ANSES	2016	VTR de l'ANSES
Formaldéhyde	50-00-0	Inhalation	Irritations oculaires	**VTR**	**123**	[µg/m^3]	Non précisé	ANSES	2018	VTR de l'ANSES
Propionaldéhyde	123-38-6	Inhalation	Atrophie de l'épithélium olfactif	**RfC**	**8**	[µg/m^3]	1000	US EPA	2008	Seule VTR disponible
Toluène	108-88-3	Inhalation	Effets neurologiques (troubles de la vision des couleurs)	**VTR**	**19000**	[µg/m^3]	5	ANSES	2017	VTR de l'ANSES
Xylènes	1330-20-7	Inhalation	Effets neurologiques altération de la coordination motrice	**VTR**	**100**	[µg/m^3]	300	US EPA	2003	VTR retenue par l'ANSES
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Inhalation	Augmentation de la mortalité embryonnaire fœtale	**RfC**	**0,002**	[µg/m^3]	3000	US EPA	2017	VTR retenue par l'INERIS
Naphtalène	91-20-3	Inhalation	Lésions de l'épithélium respiratoire et olfactif	**VTR**	**37**	[µg/m^3]	250	ANSES	2013	VTR de l'ANSES
MÉTAUX										
Arsenic	7440-38-2	Inhalation	Effets neurologiques et troubles du comportement	**REL**	**0,015**	[µg/m^3]	extrapolation	OEHHA	2008	VTR retenue par l'INERIS
Cadmium	7440-43-9	Inhalation	Augmentation de 5% atteinte tubulaire dans la population générale Effets rénaux	**VTR**	**0,45**	[µg/m^3]	non précisé	ANSES	2012	VTR de l'ANSES
Chrome VI	7440-47-3	Inhalation	**Particulaires** - Modifications des niveaux de lactate déshydrogénase dans le liquide de lavage broncho-alvéolaire	**TCA**	**0,03**	[µg/m^3]	300	OMS CICAD	2013	VTR retenue par l'INERIS
Mercure	7439-97-6	Inhalation	Effets neurologiques Troubles de la mémoire et de la motricité	**REL**	**0,03**	[µg/m^3]	300	OEHHA	2008	VTR retenue par l'INERIS
Nickel	7440-02-0	Inhalation	Lésions pulmonaires	**VTR**	**0,23**	[µg/m^3]	Non précisé	TCEQ	2011	VTR retenue par l'ANSES
Plomb	7439-92-1	Inhalation	Effets systémiques observés au niveau du système nerveux central et périphérique. Anémie microcytaire hypochrome, atteintes rénales, augmentation de la pression artérielle, effets sur la thyroïde, le système immunitaire ou la croissance des os chez les enfants	**VTR**	**0,9**	[µg/m^3]	Non précisé	ANSES	2013	VTR de l'ANSES
AUTRES POLLUANTS										
Ammoniac	7664-41-7	Inhalation	Diminution de la fonction pulmonaire et augmentation des symptômes respiratoires	**VTR**	**500**	[µg/m^3]	Non précisé	ANSES	2018	VTR de l'ANSES
2,3,7,8-Tétrachlorodibenzo-p-dioxine	1746-01-6	Inhalation	Augmentation de la mortalité, amaigrissement, changements histopathologiques et rénaux	**REL**	**4,0E-05**	[µgTEQ/m^3]	100	OEHHA	2000	Seule VTR disponible
2,3,4,7,8-Pentachlorodibenzofurane	57117-31-4	Inhalation	Augmentation de la mortalité, amaigrissement, changements histopathologiques et rénaux	**REL**	**4,0E-05**	[µgTEQ/m^3]	100	OEHHA	2000	VTR retenue par l'INERIS
Particules diesel	-	Inhalation	Irritations des voies respiratoires et effets cardiovasculaires	**VTR**	**5**	[µg/m^3]	30	US EPA	2003	Seule VTR disponible
Particules PM10	-	Inhalation	**Aucune VTR disponible -** A comparer avec les recommandations de l'OMS : **15 µg/m^3 en moyenne annuelle**							
Particules PM2.5	-	Inhalation	**Aucune VTR disponible -** A comparer avec les recommandations de l'OMS : **5 µg/m^3 en moyenne annuelle**							
Dioxyde d'azote	10102-44-0	Inhalation	**Aucune VTR disponible -** A comparer avec les recommandations de l'OMS : **10 µg/m^3 en moyenne annuelle**							
Dioxyde de soufre	7446-09-5	Inhalation	**Aucune VTR disponible**							
Monoxyde de carbone	630-08-0	Inhalation	**Aucune VTR disponible**							

Tableau 50 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets SANS seuils – Exposition CHRONIQUE - Inhalation

SUBSTANCES	N°CAS	Voie d'exposition	Organe(s) cible(s)/Effet(s) critique(s)	VTR		Unité	Source	Année	Justification du choix de la VTR
COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS ET HAP									
Acétaldéhyde	75-07-0	Inhalation	Augmentation de l'incidence des adénocarcinomes et des carcinomes des cellules squameuses de la cloison nasale	**ERU**	**2,20E-06**	$[\mu g/m^3]^{-1}$	US EPA	1991	VTR retenue par l'INERIS
Acroléine	107-02-8	Inhalation	**Aucune VTR disponible**						
Benzène	71-43-2	Inhalation	Leucémies aigües	**VTR**	**2,60E-05**	$[\mu g/m^3]^{-1}$	ANSES	2014	VTR de l'ANSES
1,3-Butadiène	106-99-0	Inhalation	Leucémies lymphoïdes	**VTR**	**2,43E-07**	$[\mu g/m^3]^{-1}$	ANSES	2022	VTR de l'ANSES
Éthylbenzène	100-41-4	Inhalation	Incidence du carcinome du tube rénal ou de l'adénome chez les rats mâles	**ERU**	**2,50E-06**	$[\mu g/m^3]^{-1}$	OEHHA	2007	Seule VTR disponible
Formaldéhyde	50-00-0	Inhalation	Carcinomes au niveau des cavités nasales CT0,05=9,5 mg/m³ soit 5,26E-06 $(\mu g/m^3)^{-1}$	**CT0,05**	**5,26E-06**	$[\mu g/m^3]^{-1}$	Santé Canada	2000	VTR retenue par l'INERIS
Propionaldéhyde	123-38-6	Inhalation	**Aucune VTR disponible**						
Toluène	108-88-3	Inhalation	**Aucune VTR disponible**						
Xylènes	1330-20-7	Inhalation	**Aucune VTR disponible**						
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Inhalation	Incidence des tumeurs (type non spécifié) du tractus respiratoire supérieur (cavités nasales, larynx et trachée)	**ERU**	**1,10E-03**	$[\mu g/m^3]^{-1}$	OEHHA	2008	VTR retenue par l'ANSES
Naphtalène	91-20-3	Inhalation	Adénomes de l'épithélium nasal respiratoire Augmentation de l'incidence des neuroblastomes de l'épithélium olfactif chez le rat femelle	**VTR**	**5,60E-06**	$[\mu g/m^3]^{-1}$	ANSES	2013	VTR de l'ANSES
MÉTAUX									
Arsenic	7440-38-2	Inhalation	Cancers pulmonaires	**VTR**	**1,5E-04**	$[\mu g/m^3]^{-1}$	TCEQ	2012	VTR retenue par l'ANSES
Cadmium	7440-43-9	Inhalation	Cancers du poumon	**ERU**	**9,80E-03**	$[\mu g/m^3]^{-1}$	Santé Canada	2010	Dernière VTR parue
Chrome VI	7440-47-3	Inhalation	Cancers pulmonaires	**ERU**	**4,00E-02**	$[\mu g/m^3]^{-1}$	OMS	2013	VTR retenue par l'ANSES
Mercure	7439-97-6	Inhalation	**Aucune VTR disponible**						
Nickel	7440-02-0	Inhalation	Cancers pulmonaires	**VTR**	**1,70E-04**	$[\mu g/m^3]^{-1}$	TCEQ	2011	VTR retenue par l'ANSES
Plomb	7439-92-1	Inhalation	Tumeurs rénales	**ERU**	**1,20E-05**	$[\mu g/m^3]^{-1}$	OEHHA	2011	VTR retenue par l'INERIS
AUTRES POLLUANTS									
Ammoniac	7664-41-7	Inhalation	**Aucune VTR disponible**						
2,3,7,8-Tétrachlorodibenzo-p-dioxine	1746-01-6	Inhalation	Adénome et carcinome hépatiques	**ERU**	**38**	$[\mu g/m^3]^{-1}$	OEHHA	1986	Seule VTR disponible
2,3,4,7,8-Pentachlorodibenzofurane	57117-31-4	Inhalation	Adénome et carcinome hépatiques	**ERU**	**11**	$[\mu g/m^3]^{-1}$	OEHHA	2011	Seule VTR disponible
Particules diesel	-	Inhalation	Cancers pulmonaires	**VTR**	**3,40E-05**	$[\mu g/m^3]^{-1}$	OMS	1996	Seule VTR disponible
Particules PM10	-	Inhalation	**Aucune VTR disponible**						
Particules PM2,5	-	Inhalation	**Aucune VTR disponible**						
Dioxyde d'azote	10102-44-0	Inhalation	**Aucune VTR disponible**						
Dioxyde de soufre	7446-09-5	Inhalation	**Aucune VTR disponible**						
Monoxyde de carbone	630-08-0	Inhalation	**Aucune VTR disponible**						

- Étape n°3 : Évaluation des expositions

L'exposition d'une population à une substance toxique dépend des deux facteurs ci-après :

- **La concentration de la substance dans les compartiments environnementaux et son comportement physico-chimique ;**

- **Les voies et conditions d'exposition des individus en contact avec cette substance.**

En pratique, à partir des rejets du trafic, il s'agit d'établir un schéma retraçant les voies de passage des polluants depuis les différents compartiments environnementaux jusque vers les populations cibles.
On identifie ensuite les voies de pénétration des polluants dans l'organisme. Celles-ci sont de trois types (ingestion, inhalation et contact cutané).
Sont identifiés également les modes de transfert des polluants dans les différents compartiments environnementaux.
Le devenir d'une substance dépend de ses propriétés physico-chimiques ainsi que des conditions environnementales.
À partir d'un compartiment donné, le composé considéré peut, soit :

- **Être dispersé/transporté vers un autre compartiment ;**

- **Être transformé ;**

- **S'accumuler.**

L'évaluation des expositions se déroule selon plusieurs étapes. Tout d'abord, il est nécessaire de déterminer les niveaux d'exposition à l'aide de mesures réalisées sur site ou à l'aide de la modélisation.
Ensuite, il s'agit de définir pour les cibles et/ou les populations identifiées, ainsi que pour les voies d'exposition identifiées, des scénarios d'exposition cohérents visant à considérer essentiellement : soit les expositions de type chronique, soit les expositions récurrentes ou continues correspondant à une fraction significative de la durée de vie.

Pour le projet étudié, il s'agit des scénarios déclinés ci-après.

Voie d'exposition - Inhalation

- **Effets à seuils**

  - **Enfant en bas-âge** : ce scénario considère les enfants vivant au sein de la zone d'étude / de l'emprise projet et fréquentant les crèches de la zone d'étude / de l'emprise projet.

  - **Écolier** : ce scénario considère les écoliers vivant au sein de la zone d'étude / de l'emprise projet et fréquentant les écoles maternelles, élémentaires et primaires de la zone d'étude / de l'emprise projet.

  - **Personne âgée** : ce scénario considère les personnes âgées hébergées au sein des EHPADs de la zone d'étude.

  - **Personne malade** : ce scénario considère les malades hébergés au sein des hôpitaux/foyers de la zone d'étude.

  - **Résident** : ce scénario considère les personnes résidant sur la zone d'étude en dehors ou au sein de l'emprise projet.

- **Effets sans seuils**

  - **Enfant** : ce scénario considère les individus jusqu'à 11 ans vivant au sein de la zone d'étude / de l'emprise projet et fréquentant les crèches (de 0 à 3 ans) et les établissements scolaires (3 à 11 ans) de la zone d'étude / de l'emprise projet.

  - **Personne âgée** : ce scénario considère les personnes âgées hébergées au sein des EHPADs de la zone d'étude.

  - **Personne malade :** ce scénario considère les malades hébergés au sein des hôpitaux/foyers de la zone d'étude.

  - **Résident** : ce scénario considère les personnes résidant sur la zone d'étude en dehors ou au sein de l'emprise projet.

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

Pour l'inhalation, la dose journalière est en fait une concentration inhalée.
Comme on considère des expositions de longue durée, on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée quotidiennement.

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

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

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

Pour les polluants avec effets « à seuils », l'exposition moyenne est calculée sur la durée effective d'exposition, soit T = Tm.
Alors que pour les effets « sans seuils », Tm sera assimilé à la vie entière prise égale à 70 ans, par convention.

Les scénarios d'exposition ainsi que les paramètres associés sont fournis dans les tableaux suivants.

Tableau 51 : Scénario d'exposition « enfant en bas âge » et paramètres considérés

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentration considérée pour les calculs
ENFANT EN BAS ÂGE **Durée d'exposition : 3 ans /** ***Crèche***	**En semaine – PÉRIODE SCOLAIRE**		
	Crèche	10 h/jour – 5 jours/semaine – 47 semaines /an	-Concentrations maximales calculées au niveau des établissements présents sur la zone d'étude / l'emprise projet.
	Domicile	14 h/jour – 5 jours/ semaine – 47 semaines /an	-Centiles 90 des concentrations calculés au niveau de la zone d'étude. - Concentrations maximales calculées sur l'emprise projet.
	Week-End – PÉRIODE SCOLAIRE		
	Domicile	24 h/jour – 2 jours/ semaine – 47 semaines /an	-Centiles 90 des concentrations calculés au niveau de la zone d'étude. - Concentrations maximales calculées sur l'emprise projet.
	Semaine et Week-End – VACANCES SCOLAIRES		
	Domicile	24 h/jour – 7 jours/ semaine – 5 semaines /an	-Centiles 90 des concentrations calculés au niveau de la zone d'étude. - Concentrations maximales calculées sur l'emprise projet.

Tableau 52 : Scénario d'exposition « écolier » et paramètres considérés

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentration considérée pour les calculs
ÉCOLIER **Durée d'exposition :** **3 ans /** ***Maternelle*** **---** **5 ans /** ***Élémentaire*** **---** **8 ans /** ***Primaire***	**En semaine – PÉRIODE SCOLAIRE**		
	École	10 h/jour – 4 jours/semaine – 36 semaines /an 4 h/jour – 1 jour/ semaine – 36 semaines /an	-Concentrations maximales calculées au niveau des établissements présents sur la zone d'étude / l'emprise projet.
	Domicile	14 h/jour – 4 jours/ semaine – 36 semaines /an 20 h/jour – 1 jour/ semaine – 36 semaines /an	-Centiles 90 des concentrations calculés au niveau de la zone d'étude. - Concentrations maximales calculées sur l'emprise projet.
	Week-End – PÉRIODE SCOLAIRE		
	Domicile	24 h/jour – 2 jours/ semaine – 36 semaines /an	-Centiles 90 des concentrations calculés au niveau de la zone d'étude. - Concentrations maximales calculées sur l'emprise projet.
	Semaine et Week-End – VACANCES SCOLAIRES		
	Domicile	24 h/jour – 7 jours/ semaine – 16 semaines /an	-Centiles 90 des concentrations calculés au niveau de la zone d'étude. - Concentrations maximales calculées sur l'emprise projet.

Tableau 53 : Scénarios d'exposition « personne âgée » et paramètres considérés

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentration considérée pour les calculs
PERSONNE ÂGÉE **Durée d'exposition : 10 ans**	**Semaine et week end**		
	EHPAD	24 h/jour – 7 jours/semaine – 52 semaines /an	-Concentrations maximales calculées au niveau des établissements présent sur la zone d'étude.

Tableau 54 : Scénarios d'exposition « personne malade » et paramètres considérés

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentration considérée pour les calculs
PERSONNE MALADE **Durée d'exposition : 13 ans**	**Semaine et week end**		
	Hôpital /Foyer	24 h/jour – 7 jours/semaine – 52 semaines /an	-Concentrations maximales calculées au niveau des établissements présent sur la zone d'étude.

**Correspond à l'ancienneté moyenne d'emménagement des résidents de Chatenay-Malabry (13,1 ans) en 2020 (Insee)*

Tableau 55 : Scénario d'exposition « enfant » et paramètres considérés

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Durée	Concentration considérée pour les calculs
ENFANT **Durée d'exposition : 11 ans**	**Crèche**	47 semaines/an 10 h/jour – 5 jours/semaine	3 ans	-Concentrations maximales calculées au niveau des établissements présent sur la zone d'étude / l'emprise projet.
	École maternelle, élémentaire et primaire	36 semaines/an 10 h/jour – 4 jours/semaine 04 h/jour – 1 jour/ semaine	8 ans	-Concentrations maximales calculées au niveau des établissements présents sur la zone d'étude / l'emprise projet.
	Domicile	14 h/jour – 5 jours/ semaine – 47 semaines /an 24 h/jour – 2 jours/semaine – 47 semaines /an 24 h/jour – 7 jours/semaine – 5 semaines /an	3 ans	-Centiles 90 des concentrations calculés au niveau de la zone d'étude. - Concentrations maximales calculées sur l'emprise projet.
		14 h/jour – 4 jours/ semaine – 36 semaines /an 20 h/jour – 1 jour/ semaine – 36 semaines /an 24 h/jour – 2 jours/semaine – 36 semaines/an 24 h/jour – 7 jours/ semaine – 16 semaines /an	8 ans	

Tableau 56 : Scénario d'exposition « résident » et paramètres considérés

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentration considérée pour les calculs
RÉSIDENT **Durée d'exposition : 13 ans***	**Semaine et week end**		
	Domicile	24 h/jour – 7 jours/semaine – 52 semaines/an	-Centiles 90 des concentrations calculés au niveau de la zone d'étude. - Concentrations maximales calculées sur l'emprise projet.

**Correspond à l'ancienneté moyenne d'emménagement des résidents de Chatenay-Malabry (13,1 ans) en 2020 (Insee)*

- Étape n°4 : Caractérisation des risques

La caractérisation des risques s'effectue à l'aide du calcul des indices de risques.
Ces indices diffèrent selon que l'on examine les effets « à seuils » ou bien « sans seuils ».
Pour l'inhalation, la dose journalière est effectivement une concentration inhalée.

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

QD = CMI/CAA

CMI Concentration Moyenne Inhalée [µg/m^3]

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

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

Pour les effets toxiques sans seuils, on calcule l'excès de risque individuel [ERI] par inhalation, en rapportant l'excès de risque unitaire [ERU] vie entière (conventionnellement 70 ans) à la dose journalière d'exposition [DJE] pour la voie orale ou à la concentration atmosphérique inhalée [CI] pour l'inhalation.

ERI = ERUi × CMI

CMI Concentration Moyenne Inhalée [µg/m^3]

ERUi Excès de Risque Unitaire par inhalation [µg/m^3]$^{-1}$

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

En France, Santé Publique France utilise la valeur de 10^{-5}**. Ce seuil de 10^{-5} est souvent retrouvé dans la définition des valeurs guides de qualité de l'eau de boisson et de qualité de l'air par l'OMS.**
Cependant, le Haut Conseil de la Santé Publique précise que cette lecture binaire est réductrice et que, compte tenu des précautions prises avec l'application de facteur d'incertitude dans leur construction, **le dépassement d'une VTR ne signifie aucunement le risque d'apparition d'un effet délétère dans la population, sauf si ce dépassement est conséquent et gomme en partie les facteurs d'incertitude.**

En matière de décision publique, pour les études de zones, la notion de « risque acceptable » doit être abandonnée pour utiliser celle de « seuils et d'intervalles de gestion » dont les propositions concrètes sont rappelées ci-dessous :

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

Les effets conjugués sont pris en considération dans l'EQRS.
En effet, les individus sont rarement exposés à une seule substance.
Afin de prendre en considération les effets des mélanges, on procède comme suit :

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

17.3. ÉVALUATION DE L'INDICATEUR SANITAIRE POUR LES EFFETS A SEUIL - QUOTIENTS DE DANGER

Les quotients de dangers, pour chaque scénario d'exposition, sont disponibles dans les tableaux suivants et les quotients de dangers calculés par organes-cibles sont représentés en figure sous chaque tableau.

- Scénario « Enfant en bas-âge »

Tableau 57 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau des crèches – Voie inhalation - scénario enfant en bas âge

	Scénario enfant en bas-âge Max Crèches						
Seuil d'acceptabilité = 1	**2020 Actuel**	**2037 Sans projet**	**2037 Avec projet – Résident Hors Projet**	**2037 Avec projet – Résident Emprise Projet**	**2057 Sans Projet**	**2057 Avec projet – Résident Hors Projet**	**2057 Avec projet – Résident Emprise Projet**
Acétaldéhyde	9.45E-05	3.81E-05	3.90E-05	2.94E-05	5.25E-05	5.34E-05	4.02E-05
Acroléine	4.86E-02	1.59E-02	1.63E-02	1.23E-02	2.15E-02	2.19E-02	1.65E-02
Arsenic	1.57E-05	1.84E-05	1.92E-05	1.44E-05	1.98E-05	2.06E-05	1.55E-05
Benzène	1.27E-03	3.31E-04	3.37E-04	2.56E-04	3.25E-04	3.30E-04	2.50E-04
1,3-butadiène	3.06E-03	2.12E-03	2.16E-03	1.63E-03	3.05E-03	3.10E-03	2.34E-03
Cadmium	2.99E-07	3.76E-07	3.84E-07	2.89E-07	4.12E-07	4.25E-07	3.20E-07
Chrome	4.67E-04	4.25E-04	4.28E-04	3.31E-04	3.96E-04	3.99E-04	3.08E-04
Dioxines	5.76E-08	1.47E-08	1.49E-08	1.15E-08	1.27E-08	1.30E-08	9.92E-09
Éthylbenzène	2.93E-06	9.07E-07	9.25E-07	7.05E-07	9.99E-07	1.02E-06	7.77E-07
Formaldéhyde	2.31E-04	9.09E-05	9.27E-05	7.01E-05	1.25E-04	1.27E-04	9.57E-05
Furanes	8.54E-08	2.19E-08	2.24E-08	1.72E-08	1.91E-08	1.96E-08	1.49E-08
Mercure	3.41E-04	3.53E-04	3.56E-04	2.76E-04	3.57E-04	3.60E-04	2.80E-04
Naphtalène	6.57E-04	4.81E-04	4.96E-04	3.77E-04	4.22E-04	4.34E-04	3.30E-04
Ammoniac NH_3	8.28E-04	1.23E-03	1.24E-03	1.18E-03	1.84E-03	1.88E-03	1.81E-03
Nickel	4.58E-06	6.63E-06	6.84E-06	5.14E-06	7.89E-06	8.08E-06	6.09E-06
Plomb	1.35E-06	1.61E-06	1.66E-06	1.25E-06	1.73E-06	1.80E-06	1.36E-06
Toluène	1.09E-06	3.70E-07	3.78E-07	2.88E-07	4.04E-07	4.12E-07	3.14E-07
Xylènes	1.64E-04	6.61E-05	6.74E-05	5.13E-05	7.86E-05	8.00E-05	6.08E-05
Particules diesel	7.03E-02	1.02E-02	1.05E-02	7.87E-03	5.59E-03	5.72E-03	4.30E-03
Propionaldéhyde	4.97E-04	2.08E-04	2.13E-04	1.60E-04	2.89E-04	2.94E-04	2.21E-04
16 HAP eq. BaP	3.30E-02	2.36E-02	2.37E-02	1.84E-02	1.94E-02	1.95E-02	1.51E-02

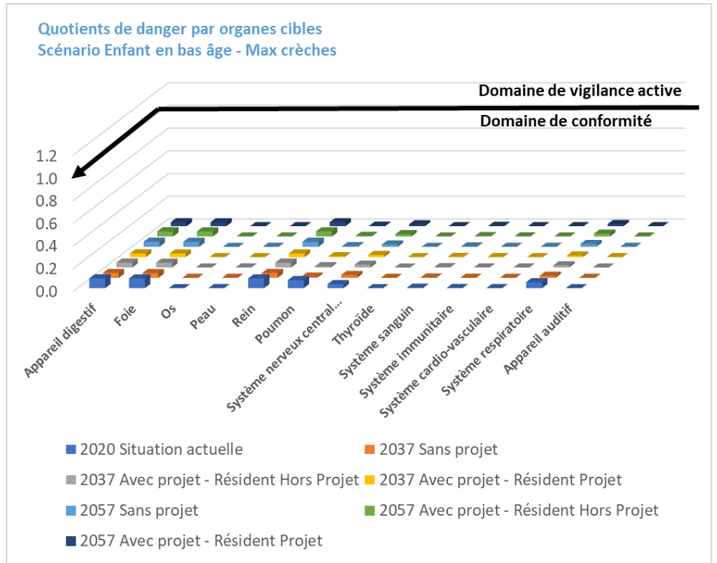


Figure 117 : Quotients de danger cumulés par organes cibles - Scénario enfant en bas âge - Voie inhalation – Max crèches

- Scénario « Écolier »

Tableau 58 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau des écoles maternelles – Voie inhalation - scénario écolier de maternelle

	Scénario écolier de maternelle Max Écoles maternelles						
Seuil d'acceptabilité = 1	**2020 Actuel**	**2037 Sans projet**	**2037 Avec projet – Résident Hors Projet**	**2037 Avec projet – Résident Emprise Projet**	**2057 Sans Projet**	**2057 Avec projet – Résident Hors Projet**	**2057 Avec projet – Résident Emprise Projet**
Acétaldéhyde	9.84E-05	3.94E-05	4.02E-05	2.95E-05	5.41E-05	5.49E-05	4.01E-05
Acroléine	5.05E-02	1.65E-02	1.69E-02	1.23E-02	2.22E-02	2.25E-02	1.64E-02
Arsenic	1.65E-05	1.93E-05	2.00E-05	1.47E-05	2.08E-05	2.16E-05	1.59E-05
Benzène	1.30E-03	3.44E-04	3.50E-04	2.59E-04	3.39E-04	3.43E-04	2.54E-04
1,3-butadiène	3.18E-03	2.20E-03	2.23E-03	1.65E-03	3.16E-03	3.19E-03	2.34E-03
Cadmium	3.13E-07	3.93E-07	4.01E-07	2.94E-07	4.31E-07	4.44E-07	3.26E-07
Chrome	4.94E-04	4.49E-04	4.51E-04	3.42E-04	4.19E-04	4.20E-04	3.19E-04
Dioxines	6.10E-08	1.54E-08	1.56E-08	1.18E-08	1.33E-08	1.36E-08	1.01E-08
Éthylbenzène	2.98E-06	9.40E-07	9.56E-07	7.10E-07	1.03E-06	1.06E-06	7.81E-07
Formaldéhyde	2.40E-04	9.42E-05	9.58E-05	7.05E-05	1.29E-04	1.30E-04	9.57E-05
Furanes	9.04E-08	2.30E-08	2.35E-08	1.77E-08	2.00E-08	2.05E-08	1.53E-08
Mercure	3.61E-04	3.70E-04	3.72E-04	2.84E-04	3.75E-04	3.77E-04	2.87E-04
Naphtalène	6.94E-04	5.04E-04	5.19E-04	3.86E-04	4.41E-04	4.54E-04	3.37E-04
Ammoniac NH_3	8.73E-04	1.28E-03	1.29E-03	1.22E-03	1.90E-03	1.94E-03	1.87E-03
Nickel	4.78E-06	6.88E-06	7.09E-06	5.19E-06	8.22E-06	8.40E-06	6.18E-06
Plomb	1.41E-06	1.68E-06	1.74E-06	1.28E-06	1.81E-06	1.89E-06	1.38E-06
Toluène	1.10E-06	3.83E-07	3.90E-07	2.90E-07	4.18E-07	4.25E-07	3.15E-07
Xylènes	1.67E-04	6.84E-05	6.96E-05	5.16E-05	8.13E-05	8.25E-05	6.09E-05
Particules diesel	7.44E-02	1.06E-02	1.09E-02	7.98E-03	5.84E-03	5.96E-03	4.37E-03
Propionaldéhyde	5.17E-04	2.15E-04	2.20E-04	1.61E-04	2.97E-04	3.02E-04	2.21E-04
16 HAP eq. BaP	3.49E-02	2.49E-02	2.51E-02	1.91E-02	2.05E-02	2.06E-02	1.57E-02

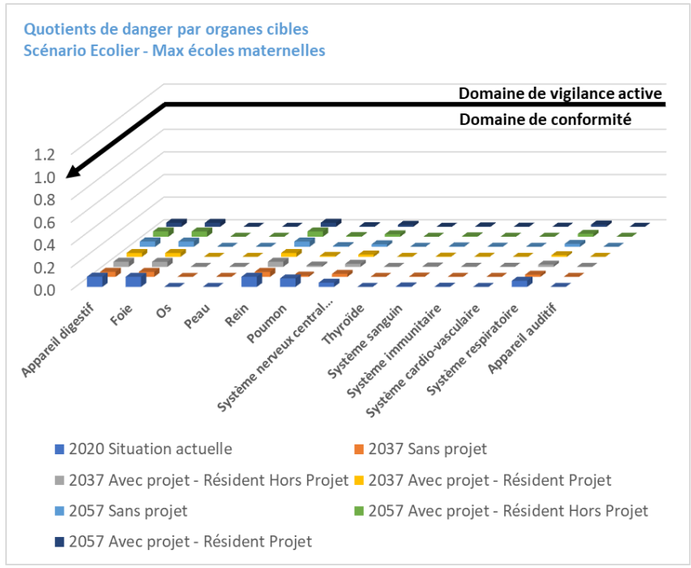


Figure 118 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario écolier de maternelle - Voie inhalation – Max écoles maternelles

Tableau 59 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau des écoles élémentaires – Voie inhalation - scénario écolier de l'élémentaire

	Scénario écolier de l'élémentaire Max Écoles élémentaires						
Seuil d'acceptabilité = 1	**2020 Actuel**	**2037 Sans projet**	**2037 Avec projet – Résident Hors Projet**	**2037 Avec projet – Résident Emprise Projet**	**2057 Sans Projet**	**2057 Avec projet – Résident Hors Projet**	**2057 Avec projet – Résident Emprise Projet**
Acétaldéhyde	9.85E-05	3.95E-05	4.03E-05	2.95E-05	5.41E-05	5.49E-05	4.02E-05
Acroléine	5.06E-02	1.65E-02	2.74E-02	1.23E-02	2.22E-02	2.25E-02	1.64E-02
Arsenic	1.66E-05	1.94E-05	3.26E-05	1.48E-05	2.08E-05	2.16E-05	1.59E-05
Benzène	1.28E-03	3.45E-04	5.68E-04	2.59E-04	3.40E-04	3.44E-04	2.55E-04
1,3-butadiène	3.19E-03	2.21E-03	3.62E-03	1.65E-03	3.16E-03	3.19E-03	2.34E-03
Cadmium	3.15E-07	3.94E-07	6.51E-07	2.95E-07	4.32E-07	4.45E-07	3.27E-07
Chrome	4.99E-04	4.53E-04	7.36E-04	3.45E-04	4.22E-04	4.23E-04	3.21E-04
Dioxines	6.15E-08	1.55E-08	2.55E-08	1.19E-08	1.33E-08	1.37E-08	1.02E-08
Éthylbenzène	2.94E-06	9.41E-07	1.55E-06	7.10E-07	1.04E-06	1.06E-06	7.82E-07
Formaldéhyde	2.40E-04	9.43E-05	1.55E-04	7.05E-05	1.29E-04	1.30E-04	9.57E-05
Furanes	9.12E-08	2.31E-08	3.82E-08	1.77E-08	2.01E-08	2.06E-08	1.53E-08
Mercure	3.63E-04	3.73E-04	6.06E-04	2.85E-04	3.77E-04	3.78E-04	2.89E-04
Naphtalène	6.99E-04	5.07E-04	8.44E-04	3.88E-04	4.44E-04	4.55E-04	3.39E-04
Ammoniac NH_3	8.85E-04	1.31E-03	2.12E-03	1.25E-03	1.95E-03	2.00E-03	1.92E-03
Nickel	4.79E-06	6.89E-06	1.15E-05	5.20E-06	8.24E-06	8.41E-06	6.19E-06
Plomb	1.42E-06	1.69E-06	2.82E-06	1.28E-06	1.82E-06	1.89E-06	1.39E-06
Toluène	1.09E-06	3.84E-07	6.33E-07	2.90E-07	4.18E-07	4.25E-07	3.15E-07
Xylènes	1.64E-04	6.85E-05	1.13E-04	5.16E-05	8.13E-05	8.25E-05	6.09E-05
Particules diesel	7.50E-02	1.06E-02	1.77E-02	7.99E-03	5.85E-03	5.97E-03	4.38E-03
Propionaldéhyde	5.18E-04	2.15E-04	3.56E-04	1.61E-04	2.97E-04	3.02E-04	2.21E-04
16 HAP eq. BaP	3.53E-02	2.52E-02	4.09E-02	1.93E-02	2.07E-02	2.08E-02	1.59E-02

Tableau 60 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau des écoles primaires – Voie inhalation – scénario écolier de primaire

	Scénario écolier de primaire Max Écoles primaires						
Seuil d'acceptabilité = 1	**2020 Actuel**	**2037 Sans projet**	**2037 Avec projet – Résident Hors Projet**	**2037 Avec projet – Résident Emprise Projet**	**2057 Sans Projet**	**2057 Avec projet – Résident Hors Projet**	**2057 Avec projet – Résident Emprise Projet**
Acétaldéhyde	1.01E-04	4.07E-05	4.16E-05	3.08E-05	5.60E-05	5.68E-05	4.21E-05
Acroléine	5.18E-02	1.70E-02	1.74E-02	1.29E-02	2.29E-02	2.33E-02	1.72E-02
Arsenic	1.69E-05	1.98E-05	2.05E-05	1.52E-05	2.13E-05	2.21E-05	1.64E-05
Benzène	1.34E-03	3.54E-04	3.60E-04	2.69E-04	3.48E-04	3.53E-04	2.64E-04
1,3-butadiène	3.27E-03	2.27E-03	2.30E-03	1.72E-03	3.26E-03	3.30E-03	2.45E-03
Cadmium	3.20E-07	4.03E-07	4.11E-07	3.05E-07	4.41E-07	4.55E-07	3.37E-07
Chrome	5.03E-04	4.58E-04	4.61E-04	3.52E-04	4.27E-04	4.29E-04	3.27E-04
Dioxines	6.21E-08	1.57E-08	1.60E-08	1.22E-08	1.36E-08	1.40E-08	1.05E-08
Éthylbenzène	3.08E-06	9.68E-07	9.86E-07	7.40E-07	1.07E-06	1.09E-06	8.15E-07
Formaldéhyde	2.46E-04	9.71E-05	9.88E-05	7.35E-05	1.33E-04	1.35E-04	1.00E-04
Furanes	9.20E-08	2.36E-08	2.40E-08	1.82E-08	2.05E-08	2.11E-08	1.58E-08
Mercure	3.67E-04	3.79E-04	3.81E-04	2.92E-04	3.83E-04	3.85E-04	2.96E-04
Naphtalène	7.08E-04	5.17E-04	5.31E-04	3.99E-04	4.52E-04	4.65E-04	3.49E-04
Ammoniac NH_3	8.83E-04	1.28E-03	1.29E-03	1.23E-03	1.90E-03	1.94E-03	1.87E-03
Nickel	4.90E-06	7.07E-06	7.29E-06	5.39E-06	8.44E-06	8.63E-06	6.40E-06
Plomb	1.44E-06	1.72E-06	1.78E-06	1.32E-06	1.85E-06	1.93E-06	1.43E-06
Toluène	1.14E-06	3.95E-07	4.03E-07	3.02E-07	4.31E-07	4.39E-07	3.29E-07
Xylènes	1.72E-04	7.06E-05	7.18E-05	5.38E-05	8.39E-05	8.52E-05	6.37E-05
Particules diesel	7.57E-02	1.09E-02	1.12E-02	8.27E-03	5.98E-03	6.12E-03	4.52E-03
Propionaldéhyde	5.30E-04	2.22E-04	2.27E-04	1.68E-04	3.08E-04	3.13E-04	2.31E-04
16 HAP eq. BaP	3.55E-02	2.54E-02	2.56E-02	1.96E-02	2.09E-02	2.10E-02	1.61E-02

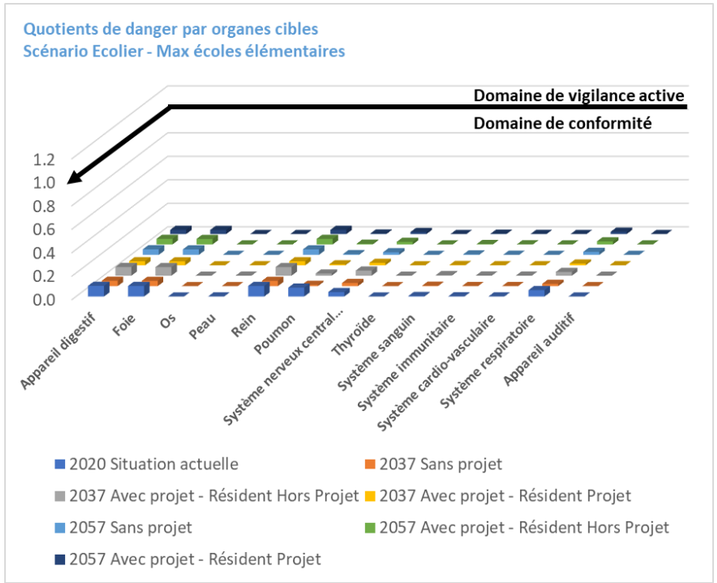


Figure 119 : Quotients de danger cumulés par organes cibles - Scénario écolier de l'élémentaire - Voie inhalation – Max écoles élémentaires

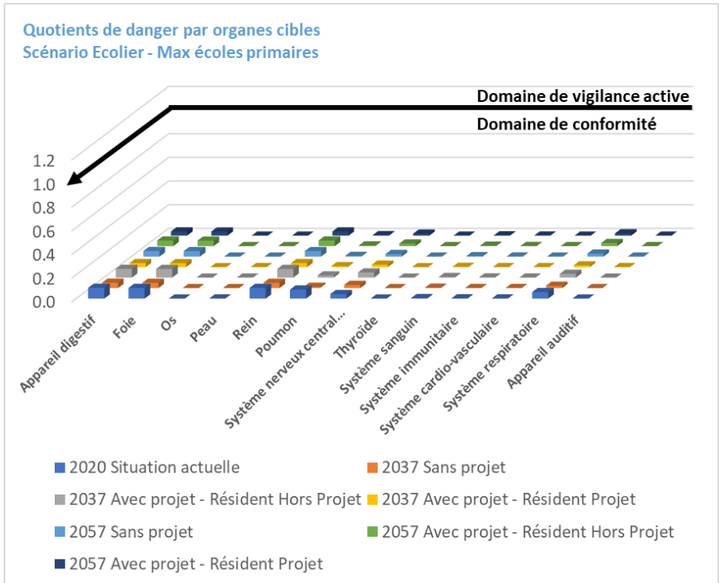


Figure 120 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario écolier de primaire - Voie inhalation – Max écoles primaires

- Scénario « Personne âgée »

Tableau 61 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau des EHPADs – Voie inhalation - scénario personne âgée

	Scénario personne âgée Max EHPADs				
Seuil d'acceptabilité = 1	**2020 Actuel**	**2037 Sans projet**	**2037 Avec projet**	**2057 Sans Projet**	**2057 Avec projet**
Acétaldéhyde	1.26E-05	5.34E-06	5.46E-06	7.35E-06	7.52E-06
Acroléine	6.43E-03	2.23E-03	2.28E-03	3.01E-03	3.08E-03
Arsenic	2.16E-06	2.55E-06	2.60E-06	2.74E-06	2.80E-06
Benzène	1.56E-04	4.56E-05	4.66E-05	4.45E-05	4.55E-05
1,3-butadiène	4.19E-04	2.96E-04	3.02E-04	4.26E-04	4.36E-04
Cadmium	4.12E-08	5.13E-08	5.24E-08	5.66E-08	5.78E-08
Chrome	6.25E-05	5.76E-05	5.86E-05	5.36E-05	5.45E-05
Dioxines	7.71E-09	2.02E-09	2.06E-09	1.75E-09	1.79E-09
Éthylbenzène	3.47E-07	1.27E-07	1.30E-07	1.40E-07	1.43E-07
Formaldéhyde	3.06E-05	1.27E-05	1.30E-05	1.75E-05	1.79E-05
Furanes	1.14E-08	3.03E-09	3.09E-09	2.64E-09	2.69E-09
Mercure	4.63E-05	4.85E-05	4.95E-05	4.90E-05	5.00E-05
Naphtalène	8.91E-05	6.64E-05	6.77E-05	5.82E-05	5.94E-05
Ammoniac NH_3	1.09E-04	1.84E-04	1.85E-04	2.76E-04	2.78E-04
Nickel	6.22E-07	9.19E-07	9.40E-07	1.08E-06	1.11E-06
Plomb	1.85E-07	2.21E-07	2.26E-07	2.39E-07	2.44E-07
Toluène	1.28E-07	5.18E-08	5.30E-08	5.66E-08	5.80E-08
Xylènes	2.03E-05	9.24E-06	9.45E-06	1.10E-05	1.13E-05
Particules diesel	9.48E-03	1.40E-03	1.43E-03	7.64E-04	7.80E-04
Propionaldéhyde	6.72E-05	2.92E-05	2.98E-05	4.06E-05	4.15E-05
16 HAP eq. BaP	4.41E-03	3.19E-03	3.24E-03	2.63E-03	2.67E-03

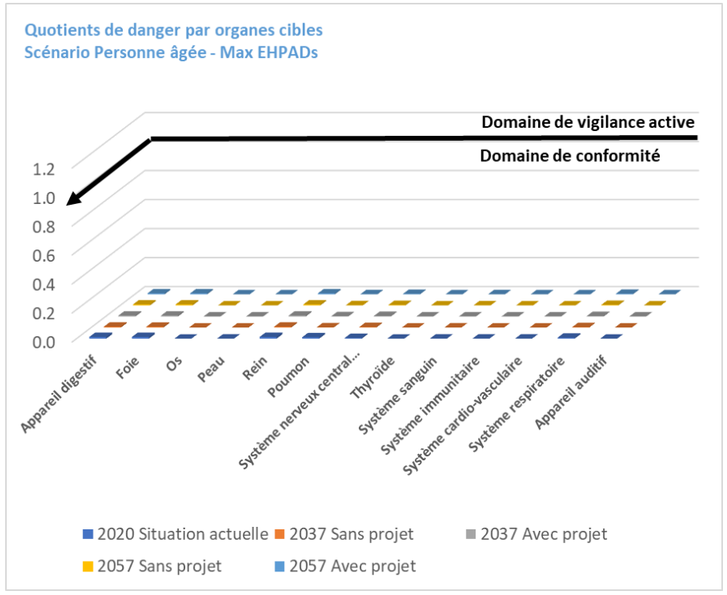


Figure 121 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario personne âgée - Voie inhalation – Max EHPADs

- Scénario « Personne malade »

Tableau 62 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau des hôpitaux/foyers – Voie inhalation - scénario personne malade

	Scénario personne malade Max hôpitaux/foyers				
Seuil d'acceptabilité = 1	**2020 Actuel**	**2037 Sans projet**	**2037 Avec projet**	**2057 Sans Projet**	**2057 Avec projet**
Acétaldéhyde	7.55E-05	3.20E-05	3.21E-05	4.34E-05	4.35E-05
Acroléine	3.85E-02	1.34E-02	1.34E-02	1.78E-02	1.78E-02
Arsenic	1.39E-05	1.61E-05	1.61E-05	1.74E-05	1.74E-05
Benzène	7.13E-04	2.81E-04	2.81E-04	2.76E-04	2.77E-04
1,3-butadiène	2.53E-03	1.79E-03	1.80E-03	2.54E-03	2.54E-03
Cadmium	2.62E-07	3.21E-07	3.21E-07	3.56E-07	3.57E-07
Chrome	4.20E-04	3.81E-04	3.81E-04	3.55E-04	3.55E-04
Dioxines	5.18E-08	1.30E-08	1.30E-08	1.11E-08	1.11E-08
Éthylbenzène	1.53E-06	7.65E-07	7.66E-07	8.40E-07	8.42E-07
Formaldéhyde	1.83E-04	7.66E-05	7.67E-05	1.04E-04	1.04E-04
Furanes	7.69E-08	1.94E-08	1.94E-08	1.67E-08	1.67E-08
Mercure	3.05E-04	3.13E-04	3.13E-04	3.17E-04	3.17E-04
Naphtalène	5.87E-04	4.24E-04	4.25E-04	3.70E-04	3.70E-04
Ammoniac NH_3	7.79E-04	1.43E-03	1.43E-03	2.19E-03	2.19E-03
Nickel	3.81E-06	5.60E-06	5.61E-06	6.70E-06	6.72E-06
Plomb	1.19E-06	1.39E-06	1.40E-06	1.52E-06	1.52E-06
Toluène	5.50E-07	3.12E-07	3.12E-07	3.38E-07	3.38E-07
Xylènes	9.35E-05	5.57E-05	5.58E-05	6.56E-05	6.57E-05
Particules diesel	6.31E-02	8.66E-03	8.67E-03	4.76E-03	4.77E-03
Propionaldéhyde	4.09E-04	1.74E-04	1.74E-04	2.38E-04	2.39E-04
16 HAP eq. BaP	2.99E-02	2.14E-02	2.14E-02	1.76E-02	1.76E-02

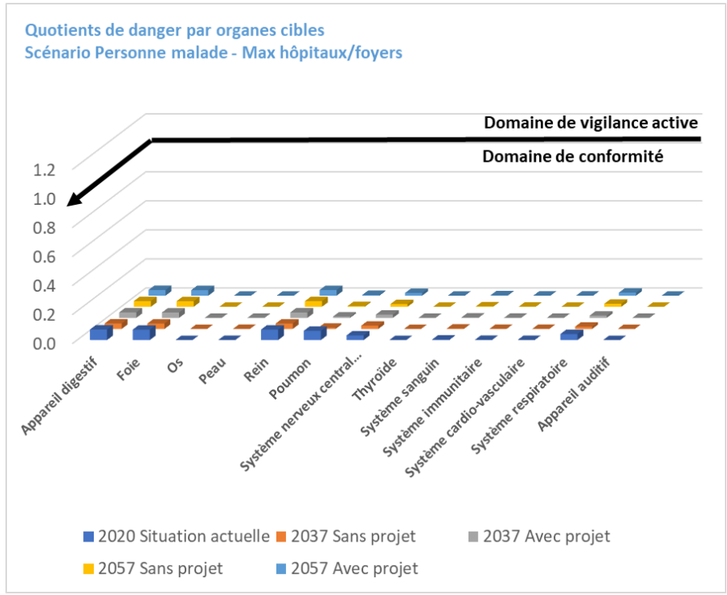


Figure 122 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario personne malade - Voie inhalation – Max Hôpitaux/Foyers

- Scénario « Résident »

Tableau 63 : Quotients de dangers maximaux par composé au niveau de la zone d'étude et de l'emprise projet – Voie inhalation - scénario résident

	Scénario résident Centiles 90 Zone étude & Max Emprise projet						
Seuil d'acceptabilité = 1	**2020 Actuel**	**2037 Sans projet**	**2037 Avec projet – Résident Hors Projet**	**2037 Avec projet – Résident Emprise Projet**	**2057 Sans Projet**	**2057 Avec projet – Résident Hors Projet**	**2057 Avec projet – Résident Projet**
Acétaldéhyde	1,12E-04	4,49E-05	4,58E-05	3,27E-05	6,16E-05	6,24E-05	4,44E-05
Acroléine	5,77E-02	1,88E-02	1,92E-02	1,37E-02	2,52E-02	2,56E-02	1,82E-02
Arsenic	1,89E-05	2,20E-05	2,29E-05	1,64E-05	2,37E-05	2,46E-05	1,77E-05
Benzène	1,46E-03	3,93E-04	3,99E-04	2,88E-04	3,87E-04	3,92E-04	2,83E-04
1,3-butadiène	3,63E-03	2,51E-03	2,54E-03	1,82E-03	3,60E-03	3,63E-03	2,59E-03
Cadmium	3,58E-07	4,49E-07	4,57E-07	3,28E-07	4,92E-07	5,07E-07	3,63E-07
Chrome	5,67E-04	5,15E-04	5,16E-04	3,83E-04	4,80E-04	4,81E-04	3,57E-04
Dioxines	7,00E-08	1,76E-08	1,79E-08	1,32E-08	1,52E-08	1,56E-08	1,13E-08
Éthylbenzène	3,37E-06	1,07E-06	1,09E-06	7,87E-07	1,18E-06	1,20E-06	8,66E-07
Formaldéhyde	2,74E-04	1,07E-04	1,09E-04	7,81E-05	1,47E-04	1,48E-04	1,06E-04
Furanes	1,04E-07	2,63E-08	2,68E-08	1,97E-08	2,29E-08	2,35E-08	1,70E-08
Mercure	4,13E-04	4,24E-04	4,25E-04	3,17E-04	4,29E-04	4,30E-04	3,21E-04
Naphtalène	7,95E-04	5,77E-04	5,93E-04	4,31E-04	5,05E-04	5,19E-04	3,76E-04
Ammoniac NH_3	1,00E-03	1,46E-03	1,47E-03	1,39E-03	2,17E-03	2,22E-03	2,12E-03
Nickel	5,46E-06	7,85E-06	8,08E-06	5,76E-06	9,39E-06	9,58E-06	6,87E-06
Plomb	1,62E-06	1,92E-06	1,98E-06	1,42E-06	2,07E-06	2,16E-06	1,54E-06
Toluène	1,25E-06	4,37E-07	4,44E-07	3,21E-07	4,76E-07	4,83E-07	3,49E-07
Xylènes	1,88E-04	7,80E-05	7,92E-05	5,72E-05	9,26E-05	9,38E-05	6,75E-05
Particules diesel	8,52E-02	1,21E-02	1,25E-02	8,86E-03	6,67E-03	6,81E-03	4,86E-03
Propionaldéhyde	5,90E-04	2,45E-04	2,50E-04	1,78E-04	3,39E-04	3,43E-04	2,44E-04
16 HAP eq. BaP	4,01E-02	2,86E-02	2,87E-02	2,14E-02	2,35E-02	2,36E-02	1,76E-02

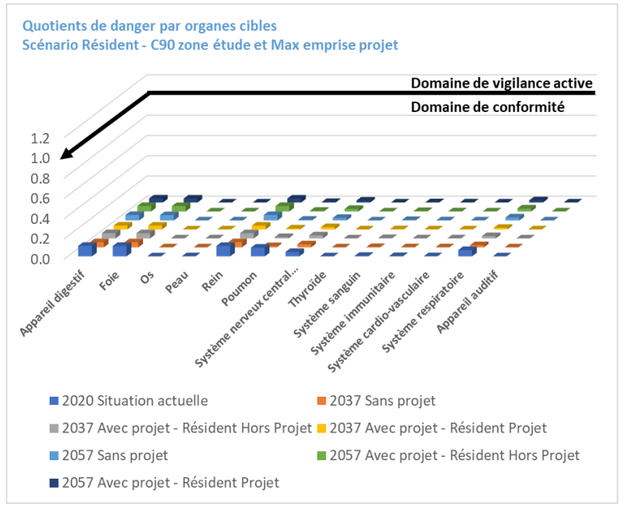


Figure 123 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario résident - Voie inhalation – Centiles 90 zone étude et Max emprise projet

Il est possible de constater que les Quotients de Danger (QD) sont tous inférieurs à 1, et cela, même en les additionnant par organe cible. Les QD et QD cumulés sont tous situés dans le domaine de conformité, quels que soient les horizons, situations et scénarios d'exposition examinés.

Ainsi, l'indice des risques non cancérigènes par inhalation est jugé non significatif pour l'ensemble des scénarios d'exposition étudiés.

Par conséquent, et au regard des connaissances actuelles, pour les effets chroniques à seuils, les effets critiques ne sont pas a priori susceptibles d'apparaitre au sein de la population exposée. De ce fait, aucun polluant ne nécessite une surveillance particulière.

La réalisation du projet n'est pas de nature à induire des effets pathologiques au sein des populations exposées, en comparaison aux situations fil de l'eau (2037 et 2057) respectives. En effet, les différences des valeurs des indicateurs sanitaires sont très faibles.

Cas particulier des substances sans VTR

Certaines substances étudiées dans ce document ne possèdent pas de VTR.
Néanmoins, l'Anses recommande de comparer les résultats obtenus en concentration moyenne annuelle avec les recommandations annuelles de l'OMS en ce qui concerne le dioxyde d'azote (NO_2) et les particules PM10 et PM2,5.

Les concentrations calculées au niveau des lieux vulnérables existants, les centiles 90 des concentrations de la zone d'étude pour les habitants hors emprise projet et les concentrations maximales sur l'emprise projet pour les habitants de l'emprise projet sont comparées aux recommandations annuelles de l'OMS pour le NO_2, les PM10 et les PM2,5.

Tableau 64 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les substances sans VTR – NO_2

NO_2 (µg/m³) Moyenne annuelle	Recommandation annuelle de l'OMS			10 µg/m³	
	2020 Actuel	**2037 Sans Projet**	**2037 Avec Projet**	**2057 Sans Projet**	**2057 Avec Projet**
CENTILE 90 ZONE ETUDE	4,46	1,13	1,13	0,42	0,42
MAX CRECHES	1,58	0,41	0,43	0,16	0,17
MAX ÉCOLES MATERNELLES	1,35	0,34	0,35	0,13	0,13
MAX ÉCOLES ÉLEMENTAIRES	1,50	0,38	0,38	0,14	0,14
MAX ÉCOLES PRIMAIRES	1,74	0,45	0,47	0,17	0,18
MAX EHPADS	0,50	0,13	0,13	0,05	0,05
MAX HOPITAUX/FOYERS	3,29	0,83	0,83	0,31	0,31
MAX Emprise Projet	3,31	0,83	0,84	0,31	0,31
Nota Bene	*Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers du réseau d'étude.*				

Seuil respecté Seuil dépassé

Tableau 65 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les substances sans VTR – PM10

PM10 (µg/m³) Moyenne annuelle	Recommandation annuelle de l'OMS			15 µg/m³	
	2020 Actuel	2037 Sans Projet	2037 Avec Projet	2057 Sans Projet	2057 Avec Projet
CENTILE 90 ZONE ETUDE	2,45	1,77	1,83	1,70	1,77
MAX CRECHES	0,92	0,72	0,76	0,70	0,73
MAX ÉCOLES MATERNELLES	0,76	0,56	0,58	0,54	0,56
MAX ÉCOLES ÉLEMENTAIRES	0,82	0,57	0,59	0,55	0,57
MAX ÉCOLES PRIMAIRES	1,00	0,78	0,81	0,75	0,78
MAX EHPADS	0,28	0,20	0,21	0,20	0,20
MAX HOPITAUX/FOYERS	1,79	1,24	1,25	1,20	1,20
MAX Emprise Projet	1,81	1,26	1,28	1,22	1,23
Nota Bene	*Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers du réseau d'étude.*				

Seuil respecté Seuil dépassé

Tableau 66 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les substances sans VTR – PM2,5

PM2,5 (µg/m³) Moyenne annuelle	Recommandation annuelle de l'OMS			5 µg/m³	
	2020 Actuel	2037 Sans Projet	2037 Avec Projet	2057 Sans Projet	2057 Avec Projet
CENTILE 90 ZONE ETUDE	1,41	0,85	0,87	0,80	0,83
MAX CRECHES	0,52	0,35	0,36	0,33	0,34
MAX ÉCOLES MATERNELLES	0,44	0,27	0,28	0,25	0,26
MAX ÉCOLES ÉLEMENTAIRES	0,47	0,27	0,28	0,26	0,27
MAX ÉCOLES PRIMAIRES	0,57	0,37	0,39	0,35	0,36
MAX EHPADS	0,16	0,10	0,10	0,09	0,09
MAX HOPITAUX/FOYERS	1,03	0,60	0,60	0,56	0,56
MAX Emprise Projet	1,04	0,60	0,61	0,57	0,58
Nota Bene	*Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers du réseau d'étude.*				

Seuil respecté Seuil dépassé

En considérant uniquement les émissions des brins du réseau d'étude, il est possible de constater que les recommandations annuelles de l'OMS pour le NO_2 et les particules PM10 et PM2,5 sont respectées aux horizons 2037 et 2057 en situations 'Fil de l'eau' et 'Projet', pour les lieux vulnérables, les résidents de la zone d'étude et de l'emprise projet. Il en va de même en situation 'Actuelle' 2020.

De plus, les variations de concentrations entre situation Projet et Fil de l'eau (2037 comme 2057) étant extrêmement faibles, la réalisation du projet n'induit pas une modification significative de l'exposition des habitants de la zone d'étude.

17.4. ÉVALUATION DE L'INDICATEUR SANITAIRE POUR LES EFFETS SANS SEUIL : CALCUL DE L'EXCES DE RISQUE INDIVIDUEL (ERI)

Cet indicateur représente la probabilité de survenue d'une pathologie pour les individus exposés, compte tenu du scénario construit.
On parle d'excès de risque car cette probabilité est liée à l'exposition au polluant considéré et s'ajoute au risque de base présent dans la population.

Les ERI calculés pour les différents scénarios d'exposition sont présentés dans les tableaux et figures ci-après.

- Scénario enfant

Tableau 67 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « enfant »

ENFANT	2020 Actuel	2037 Sans projet	2037 Avec projet – Résident Hors Projet	2037 Avec projet – Résident Emprise Projet	2057 Sans Projet	2057 Avec projet – Résident Hors Projet	2057 Avec projet – Résident Emprise Projet
Acétaldéhyde	5.48E-09	2.21E-09	2.26E-09	1.68E-09	3.04E-09	3.09E-09	2.30E-09
Arsenic	5.86E-12	6.86E-12	7.13E-12	5.30E-12	7.38E-12	7.67E-12	5.71E-12
Benzène	5.40E-08	1.42E-08	1.45E-08	1.08E-08	1.40E-08	1.42E-08	1.06E-08
1,3-butadiène	2.45E-10	1.70E-10	1.73E-10	1.29E-10	2.45E-10	2.48E-10	1.85E-10
Cadmium	2.18E-10	2.74E-10	2.80E-10	2.08E-10	3.00E-10	3.10E-10	2.30E-10
Chrome	9.29E-08	8.47E-08	8.52E-08	6.52E-08	7.89E-08	7.93E-08	6.07E-08
Dioxines	1.45E-11	3.69E-12	3.76E-12	2.87E-12	3.19E-12	3.28E-12	2.47E-12
Éthylbenzène	1.79E-09	5.61E-10	5.71E-10	4.30E-10	6.18E-10	6.31E-10	4.74E-10
Formaldéhyde	2.46E-08	9.70E-09	9.88E-09	7.38E-09	1.33E-08	1.35E-08	1.01E-08
Furanes	6.24E-12	1.60E-12	1.63E-12	1.24E-12	1.39E-12	1.43E-12	1.08E-12
Naphtalène	2.26E-08	1.65E-08	1.70E-08	1.28E-08	1.45E-08	1.49E-08	1.12E-08
Nickel	2.96E-11	4.27E-11	4.40E-11	3.27E-11	5.09E-11	5.21E-11	3.88E-11
Plomb	2.41E-12	2.87E-12	2.97E-12	2.21E-12	3.09E-12	3.22E-12	2.39E-12
Particules diesel	1.98E-06	2.86E-07	2.94E-07	2.18E-07	1.57E-07	1.61E-07	1.19E-07
16 HAP eq BaP	1.20E-08	8.61E-09	8.66E-09	6.67E-09	7.08E-09	7.12E-09	5.49E-09
Cumulé	**2.20E-06**	**4.27E-07**	**4.37E-07**	**3.26E-07**	**2.92E-07**	**2.97E-07**	**2.23E-07**

* Note : Parmi les crèches et les écoles (maternelles, élémentaires et primaires), la crèche (0 à 3 ans) et l'école (primaire : 3 à 11 ans) les plus exposés aux émissions des brins routiers du réseau d'étude, ont été utilisées pour calculer les ERIs.

En considérant les ERI par composés, pour l'ensemble des horizons et situations, il est observé que ceux-ci sont tous situés dans le domaine de conformité (c'est-à-dire inférieurs à la valeur seuil de 10^{-5}).
En considérant les ERI cumulés, il est possible de constater que ceux-ci sont également tous inclus dans le domaine de conformité, pour tous les horizons et situations.

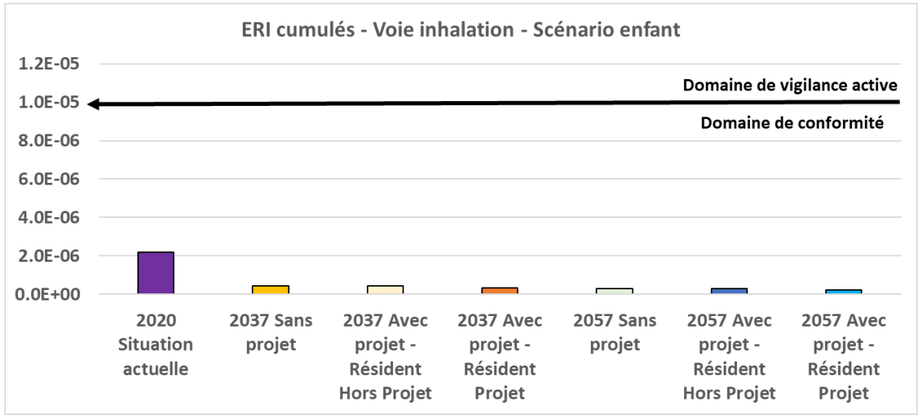


Figure 124 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario enfant (de 0 à 11 ans)

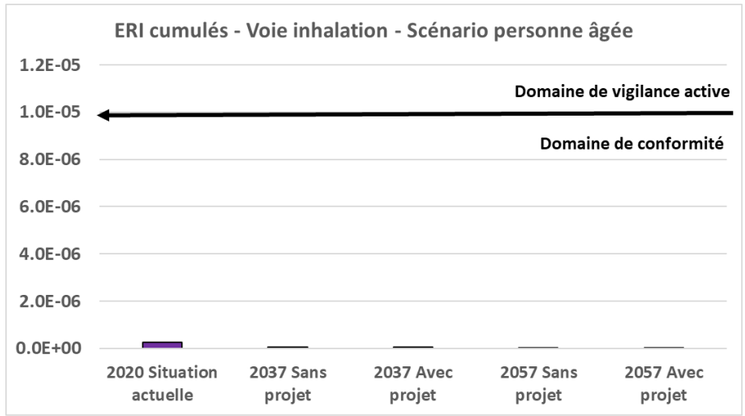


Figure 125 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario personne âgée

- Scénario personne âgée

Tableau 68 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « personne âgée »

PERSONNE ÂGÉE	2020 Actuel	2037 Sans projet	2037 Avec projet	2057 Sans Projet	2057 Avec projet
Acétaldéhyde	6.33E-10	2.69E-10	2.75E-10	3.70E-10	3.78E-10
Arsenic	6.95E-13	8.19E-13	8.37E-13	8.81E-13	8.99E-13
Benzène	5.78E-09	1.69E-09	1.73E-09	1.65E-09	1.69E-09
1,3-butadiène	2.91E-11	2.05E-11	2.10E-11	2.96E-11	3.03E-11
Cadmium	2.59E-11	3.23E-11	3.30E-11	3.57E-11	3.64E-11
Chrome	1.07E-08	9.87E-09	1.00E-08	9.19E-09	9.35E-09
Dioxines	1.67E-12	4.39E-13	4.48E-13	3.80E-13	3.88E-13
Éthylbenzène	1.86E-10	6.78E-11	6.94E-11	7.49E-11	7.67E-11
Formaldéhyde	2.83E-09	1.17E-09	1.20E-09	1.61E-09	1.65E-09
Furanes	7.19E-13	1.90E-13	1.94E-13	1.66E-13	1.69E-13
Naphtalène	2.64E-09	1.97E-09	2.00E-09	1.72E-09	1.76E-09
Nickel	3.47E-12	5.13E-12	5.25E-12	6.06E-12	6.19E-12
Plomb	2.86E-13	3.41E-13	3.49E-13	3.69E-13	3.77E-13
Particules diesel	2.30E-07	3.40E-08	3.48E-08	1.86E-08	1.90E-08
16 HAP eq BaP	1.39E-09	1.00E-09	1.02E-09	8.25E-10	8.39E-10
Cumulé	**2.55E-07**	**5.06E-08**	**5.16E-08**	**3.44E-08**	**3.51E-08**

En considérant les ERI par composés, pour l'ensemble des horizons, il est observé que ceux-ci sont tous situés dans le domaine de conformité (c'est-à-dire inférieurs à la valeur seuil de 10^{-5}).
En considérant les ERI cumulés, il est possible de constater que ceux-ci sont également tous inclus dans le domaine de conformité, pour tous les horizons.

- Scénario personne malade

Tableau 69 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « personne malade »

PERSONNE MALADE	2020 Actuel	2037 Sans projet	2037 Avec projet	2057 Sans Projet	2057 Avec projet
Acétaldéhyde	4.93E-09	2.09E-09	2.10E-09	2.84E-09	2.84E-09
Arsenic	5.83E-12	6.72E-12	6.74E-12	7.26E-12	7.27E-12
Benzène	3.44E-08	1.36E-08	1.36E-08	1.33E-08	1.34E-08
1,3-butadiène	2.28E-10	1.62E-10	1.62E-10	2.29E-10	2.29E-10
Cadmium	2.15E-10	2.63E-10	2.63E-10	2.92E-10	2.92E-10
Chrome	9.36E-08	8.48E-08	8.49E-08	7.90E-08	7.91E-08
Dioxines	1.46E-11	3.67E-12	3.67E-12	3.14E-12	3.14E-12
Éthylbenzène	1.07E-09	5.32E-10	5.33E-10	5.85E-10	5.86E-10
Formaldéhyde	2.19E-08	9.20E-09	9.22E-09	1.25E-08	1.25E-08
Furanes	6.28E-12	1.59E-12	1.59E-12	1.37E-12	1.37E-12
Naphtalène	2.26E-08	1.63E-08	1.63E-08	1.42E-08	1.43E-08
Nickel	2.77E-11	4.07E-11	4.08E-11	4.87E-11	4.88E-11
Plomb	2.39E-12	2.80E-12	2.80E-12	3.04E-12	3.04E-12
Particules diesel	1.99E-06	2.73E-07	2.74E-07	1.50E-07	1.51E-07
16 HAP eq BaP	1.22E-08	8.73E-09	8.74E-09	7.19E-09	7.20E-09
Cumulé	**2.19E-06**	**4.13E-07**	**4.14E-07**	**2.84E-07**	**2.84E-07**

En considérant les ERI par composés, pour l'ensemble des horizons, il est observé que ceux-ci sont tous situés dans le domaine de conformité (c'est-à-dire inférieurs à la valeur seuil de 10^{-5}).
En considérant les ERI cumulés, il est possible de constater que ceux-ci sont également tous inclus dans le domaine de conformité, pour tous les horizons.

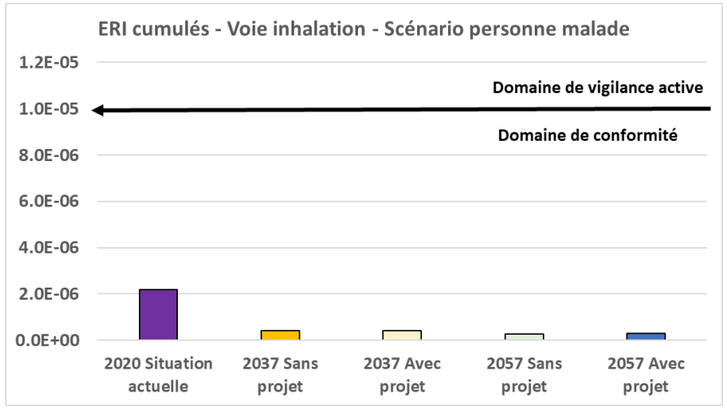


Figure 126 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario personne malade

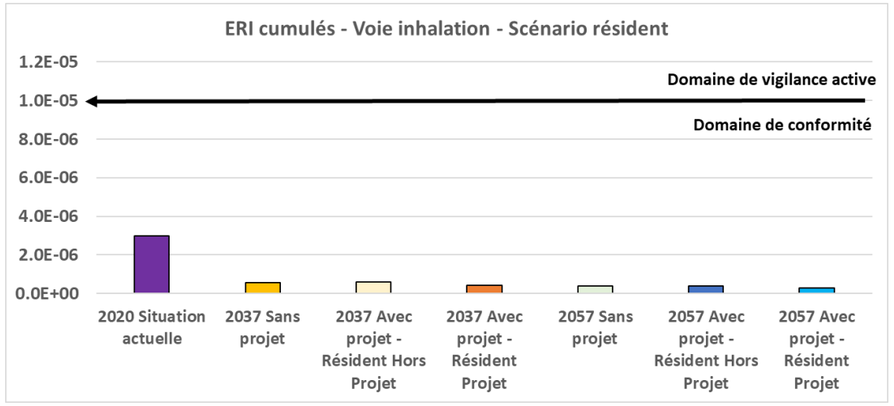


Figure 127 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario résident

- Scénario résident

Tableau 70 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « résident »

RÉSIDENT	2020 Actuel	2037 Sans projet	2037 Avec projet – Résident Hors Projet	2037 Avec projet – Résident Projet	2057 Sans Projet	2057 Avec projet – Résident Hors Projet	2057 Avec projet – Résident Projet
Acétaldéhyde	7.34E-09	2.94E-09	2.99E-09	2.14E-09	4.03E-09	4.08E-09	2.90E-09
Arsenic	7.90E-12	9.21E-12	9.57E-12	6.85E-12	9.91E-12	1.03E-11	7.39E-12
Benzène	7.07E-08	1.90E-08	1.93E-08	1.39E-08	1.87E-08	1.89E-08	1.36E-08
1,3-butadiène	3.27E-10	2.27E-10	2.29E-10	1.65E-10	3.25E-10	3.28E-10	2.34E-10
Cadmium	2.93E-10	3.68E-10	3.75E-10	2.68E-10	4.03E-10	4.15E-10	2.98E-10
Chrome	1.26E-07	1.15E-07	1.15E-07	8.54E-08	1.07E-07	1.07E-07	7.95E-08
Dioxines	1.97E-11	4.96E-12	5.04E-12	3.72E-12	4.28E-12	4.40E-12	3.19E-12
Éthylbenzène	2.35E-09	7.46E-10	7.58E-10	5.48E-10	8.21E-10	8.36E-10	6.03E-10
Formaldéhyde	3.29E-08	1.29E-08	1.31E-08	9.38E-09	1.77E-08	1.78E-08	1.27E-08
Furanes	8.48E-12	2.15E-12	2.19E-12	1.61E-12	1.87E-12	1.92E-12	1.39E-12
Naphtalène	3.06E-08	2.22E-08	2.28E-08	1.66E-08	1.94E-08	2.00E-08	1.45E-08
Nickel	3.96E-11	5.70E-11	5.87E-11	4.18E-11	6.82E-11	6.96E-11	4.99E-11
Plomb	3.24E-12	3.85E-12	3.98E-12	2.85E-12	4.15E-12	4.32E-12	3.09E-12
Particules diesel	2.69E-06	3.83E-07	3.93E-07	2.80E-07	2.10E-07	2.15E-07	1.54E-07
16 HAP eq BaP	1.64E-08	1.17E-08	1.17E-08	8.76E-09	9.60E-09	9.64E-09	7.21E-09
Cumulé	**2.99E-06**	**5.73E-07**	**5.85E-07**	**4.21E-07**	**3.93E-07**	**3.98E-07**	**2.88E-07**

En considérant les ERI par composés, pour l'ensemble des horizons et situations, il est observé que ceux-ci sont tous situés dans le domaine de conformité (c'est-à-dire inférieurs à la valeur seuil de 10^{-5}).
En considérant les ERI cumulés, il est possible de constater que ceux-ci sont également tous inclus dans le domaine de conformité, pour tous les horizons et situations.

Les ERI cumulés aux horizons futurs sont tous inférieurs à ceux en situation actuelle.

La réalisation du projet n'est pas de nature à induire des effets pathologiques, au sein des populations exposées, en comparaison aux situations 'Fil de l'eau' (2037 et 2057) respectives. En effet, les différences d'ERI cumulés sont très faibles voire négligeables.

17.5. ÉVALUATION DE L'INDICATEUR SANITAIRE POUR LES EFFETS AIGUS : COMPARAISON AVEC LES RECOMMANDATIONS DE L'OMS

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande des seuils en dessous desquels une exposition à ces concentrations ne révèle aucun effet sur la santé.

Les concentrations maximales horaires ou journalières calculées au niveau des lieux vulnérables existants, les centiles 90 des concentrations de la zone d'étude pour les habitants hors projet et les concentrations maximales sur l'emprise projet pour les habitants de l'emprise projet sont comparées aux recommandations journalières et/ou horaires de l'OMS pour le NO_2, les PM10 et les PM2,5.
Il est alors obtenu les résultats regroupés dans les tableaux ci-après.

Tableau 71 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les effets aigus – NO_2

NO_2 (µg/m³) Moyenne journalière	Recommandation journalière de l'OMS	25 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an			
	2020 Actuel	2037 Sans Projet	2037 Avec Projet	2057 Sans Projet	2057 Avec Projet
CENTILE 90 ZONE ETUDE	7,29	1,80	1,90	0,68	0,71
MAX CRECHES	6,21	1,62	1,67	0,63	0,65
MAX ÉCOLES MATERNELLES	5,25	1,33	1,41	0,51	0,54
MAX ÉCOLES ÉLEMENTAIRES	7,53	1,90	1,91	0,71	0,71
MAX ÉCOLES PRIMAIRES	7,32	1,90	1,96	0,73	0,76
MAX EHPADS	2,74	0,70	0,71	0,26	0,27
MAX HOPITAUX/FOYERS	15,65	3,95	3,95	1,46	1,46
MAX Emprise Projet	12,38	3,13	3,13	1,16	1,16
NO_2 (µg/m³) Moyenne horaire	Recommandation horaire de l'OMS	200 µg/m³			
	2020 Actuel	2037 Sans Projet	2037 Avec Projet	2057 Sans Projet	2057 Avec Projet
CENTILE 90 ZONE ETUDE	43,70	11,20	11,29	4,28	4,34
MAX CRECHES	16,31	4,25	4,38	1,64	1,70
MAX ÉCOLES MATERNELLES	13,58	3,43	3,63	1,31	1,39
MAX ÉCOLES ÉLEMENTAIRES	18,90	4,77	4,78	1,77	1,78
MAX ÉCOLES PRIMAIRES	19,13	4,97	5,12	1,92	1,97
MAX EHPADS	7,47	1,91	1,94	0,72	0,73
MAX HOPITAUX/FOYERS	38,60	9,74	9,74	3,60	3,60
MAX Emprise Projet	31,36	7,92	7,92	2,93	2,93
Nota Bene	*Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers du réseau d'étude.*				

Seuil respecté Seuil dépassé

Tableau 72 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les effets aigus – PM10

PM10 (µg/m³) Moyenne journalière	Recommandation journalière de l'OMS	45 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an			
	2020 Actuel	2037 Sans Projet	2037 Avec Projet	2057 Sans Projet	2057 Avec Projet
CENTILE 90 ZONE ETUDE	5,36	3,80	3,82	3,66	3,68
MAX CRECHES	1,80	1,40	1,45	1,35	1,40
MAX ÉCOLES MATERNELLES	1,53	1,15	1,23	1,11	1,19
MAX ÉCOLES ÉLEMENTAIRES	2,06	1,44	1,44	1,39	1,39
MAX ÉCOLES PRIMAIRES	2,10	1,63	1,70	1,57	1,64
MAX EHPADS	0,77	0,56	0,57	0,54	0,55
MAX HOPITAUX/FOYERS	4,25	2,94	2,94	2,84	2,84
MAX Emprise Projet	3,37	2,34	2,34	2,26	2,26
Nota Bene	*Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers du réseau d'étude.*				

Seuil respecté Seuil dépassé

Tableau 73 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les effets aigus – PM2,5

PM2,5 (µg/m³) Moyenne journalière	Recommandation journalière de l'OMS	15 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an			
	2020 Actuel	2037 Sans Projet	2037 Avec Projet	2057 Sans Projet	2057 Avec Projet
CENTILE 90 ZONE ETUDE	3,85	2,28	2,29	2,15	2,16
MAX CRECHES	1,27	0,84	0,87	0,79	0,82
MAX ÉCOLES MATERNELLES	1,08	0,69	0,73	0,65	0,69
MAX ÉCOLES ÉLEMENTAIRES	1,48	0,86	0,87	0,81	0,82
MAX ÉCOLES PRIMAIRES	1,49	0,97	1,02	0,92	0,96
MAX EHPADS	0,55	0,33	0,34	0,31	0,32
MAX HOPITAUX/FOYERS	3,07	1,76	1,76	1,66	1,66
MAX Emprise Projet	2,43	1,40	1,40	1,32	1,32
Nota Bene	*Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers du réseau d'étude.*				

Seuil respecté Seuil dépassé

En considérant uniquement les émissions des brins du réseau d'étude, pour les particules PM10 et PM2,5 en moyenne journalière et le NO_2 en moyenne horaire et moyenne journalière, les recommandations de l'OMS sont respectées en situation actuelle 2020 et aux horizons 2037 et 2057 en situations 'Fil de l'eau' et 'Projet', pour les lieux vulnérables, les résidents de la zone d'étude et de l'emprise projet.

Il convient de retenir qu'en France, *les seuils réglementaires applicables à la qualité de l'air ambiant* ***sont définis à l'****article R. 221-1 du Code de l'environnement****. Pour rappel, l'objectif de qualité est de 40 µg/m³ en moyenne annuelle pour le NO_2. Il convient de noter également que les lignes directrices de l'OMS ne sont pas juridiquement contraignantes. Elles apportent un référentiel commun au niveau international et permettent des comparaisons, et ce, malgré des règlementations nationales différentes.*
Les réglementations françaises et les directives européennes sont quant à elles juridiquement contraignantes pour la gestion de la qualité de l'air.

17.6. INCERTITUDES RELATIVES A L'EQRS

L'évaluation quantitative des risques sanitaires est segmentée en quatre étapes qui sont respectivement sujettes à des incertitudes spécifiques [Hubert, 2003].
Le tableau ci-dessous reprend de façon schématique les différentes étapes et les incertitudes qui leur sont associées.

Étape 1 : Identification du danger *Quels sont les effets néfastes de l'agent et son mode de contact ?*	▪ Interaction de mélanges de polluants ▪ Produits de dégradation des molécules mal connus ▪ Données pas toujours disponibles pour l'Homme ou même l'animal
Étape 2 : Choix de la VTR *Quelle est la relation entre la dose et la réponse de l'organisme ?*	▪ Extrapolation des observations lors d'expérimentation à dose moyenne vers les faibles doses d'exposition de populations ▪ Transposition des données d'une population vers une autre (utilisation de données animales pour l'Homme) ▪ Analogie entre les effets de plusieurs facteurs de risques différents (analogie entre différents polluants)
Étape 3 : Estimation de l'Exposition *Qui, où, combien et combien de temps en contact avec l'agent dangereux ?*	▪ Difficulté à déterminer la contamination des différents médias d'exposition (manque ou erreur de mesure, variabilité des systèmes environnementaux, pertinence de la modélisation) ▪ Mesure de la dose externe, interne et biologique efficace ▪ Difficulté pour définir les déplacements, temps de séjours, activité, habitudes alimentaires de la population
Étape 4 : Caractérisation du risque *Quelle est la probabilité de survenue du danger pour un individu dans une population donnée ?*	▪ Méconnaissance de l'action de certains polluants (VTR non validées) ▪ Hypothèses posées en termes de dispersion des polluants influencent le résultat ▪ Calcul de l'impact sanitaire qui rajoute un niveau d'incertitude

- Identification des dangers

L'identification des dangers est une démarche qualitative initiée par un inventaire des différents produits susceptibles de provoquer des nuisances d'ordre sanitaire.
À ce stade, les incertitudes sont liées au défaut d'information et aux controverses scientifiques.
Dans le cas présent, l'EQRS a porté sur les polluants dont les effets sont connus. Les autres ont été exclus de la démarche car les substances ont été jugées non pertinentes ou bien tout simplement car l'information n'existe pas.

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

- Évaluation des incertitudes sur l'évaluation de la toxicité

L'identification exhaustive des dangers potentiellement induits pour l'Homme, le risque lié à des substances non prises en compte dans l'évaluation et la possibilité d'interaction de polluants tendent à sous-estimer le risque en raison du manque de connaissances et de données dans certains domaines.
Les études toxicologiques et épidémiologiques présentent des limites. Les VTR sont établies principalement à partir d'études expérimentales chez l'animal, mais également à partir d'études et d'enquêtes épidémiologiques chez l'Homme. L'étape qui génère l'incertitude la plus difficile à appréhender est sans doute celle de la construction des relations dose-réponse, étape initiale de l'établissement des **V**aleurs **T**oxicologiques de **R**éférence [VTR]. Il est rappelé que pour le cas des produits cancérogènes sans effet de seuils, ces VTR sont considérées comme étant des probabilités de survenue de cancer excédentaire par unité de dose.
Lorsque les VTR sont établies à partir de données animales, l'extrapolation à l'homme se réalise en général en appliquant des facteurs de sécurité (appelés aussi facteurs d'incertitude ou facteurs d'évaluation) aux seuils sans effet néfaste définis chez l'animal.
Lorsque la VTR est établie à partir d'une étude épidémiologique conduite chez l'Homme (par exemple sur une population de travailleurs), l'extrapolation à la population générale s'effectue également en appliquant un facteur de sécurité afin de tenir compte notamment de la différence de sensibilité des deux populations.
Ainsi, les facteurs de sécurité ont-ils pour but de tenir compte des incertitudes et de la variabilité liées à la transposition inter-espèces, à l'extrapolation des résultats expérimentaux ou aux doses faibles, et à la variabilité entre les individus au sein de la population.
Ces facteurs changent d'une substance à une autre.
Pour certaines d'entre elles, il n'y a purement pas de facteur de quantification en l'état actuel des connaissances.

- Incertitudes sur l'évaluation de l'exposition

Quatre types d'incertitudes peuvent être associés à l'évaluation de l'exposition, à savoir :
L'incertitude portant sur :

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

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

- Caractérisation du risque

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

17.7. SYNTHESE DE L'EQRS – IMPACT DU PROJET SUR LA SANTE

Voie d'exposition inhalation

Les données trafic font ressortir que la réalisation du projet de rénovation urbaine se traduira par une hausse des volumes de trafic par rapport à la 'situation actuelle' 2020 et à la situation 'Fil de l'eau' en 2037 et en 2057 sur le réseau d'étude.

En considérant uniquement les émissions des brins du réseau d'étude, il est constaté que :

- **En situation actuelle et aux horizons futurs 2037 et 2057 (avec et sans projet) et pour tous les scénarios d'exposition étudiés (enfant en bas âge, écolier, personne âgée, personne malade, résident), tous les Quotients de Danger sont inférieurs à 1 (domaine de conformité), cela même en les additionnant par organe-cible.**

- **Les Excès de Risque Individuels par composé et en cumul sont tous inclus dans le domaine de conformité (c'est-à-dire inférieurs à la valeur seuil de 10^{-5} correspondant à 1 cas de cancer supplémentaire pour 100 000 personnes exposées, comparé à une population non exposée) en situation actuelle et aux horizons futurs 2037 et 2057 (avec et sans projet) sur la zone d'étude, quel que soit le scénario d'exposition étudié (enfant, personne âgée, personne malade et résident).**

- **Aucune différence significative n'est relevée concernant les indicateurs sanitaires calculés pour les populations d'ores et déjà présentes sur la zone d'étude, entre le scénario avec projet et sans projet.**

La réalisation du projet n'est pas de nature, a priori, à impacter significativement, ni la santé des populations environnantes comparativement à la situation sans projet (différences négligeables pour les valeurs des indicateurs sanitaires entre ces situations), ni la santé des résidents de l'emprise projet.

Les QD et les ERI cumulés sont inférieurs aux seuils pour l'ensemble des scénarios d'exposition évalués.

18. IMPACT DU PROJET SUR LES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

18.1. GENERALITES

Le bilan des gaz à effet de serre (GES) émis par l'activité humaine constitue une étape importante dans l'établissement des principes du développement durable, dans une perspective de préservation de l'environnement. Les 3 gaz à effet de serre considérés dans les bilans des émissions de GES sont les suivants :

- **Le dioxyde de carbone [CO_2] ;**
- **Le méthane [CH_4] ;**
- **Le protoxyde d'azote [N_2O].**

Chaque GES possède un certain pouvoir radiatif. Cette capacité de rayonnement dépend de la qualité chimique du gaz et de sa durée de vie dans l'atmosphère.
Pour établir une grille de comparaison, le dioxyde de carbone (CO_2) a été choisi comme étalon. Ainsi, les émissions de GES sont-elles quantifiées en tonnes équivalent CO_2, quel que soit le GES considéré.

- Les GES en Île-de-France et à Châtenay-Malabry

Les émissions de GES directes et indirectes en 2019 en Île-de-France représentent près de 37 920 kteqCO_2 (Scope 1+2). La répartition par secteurs est illustrée en figure suivante.

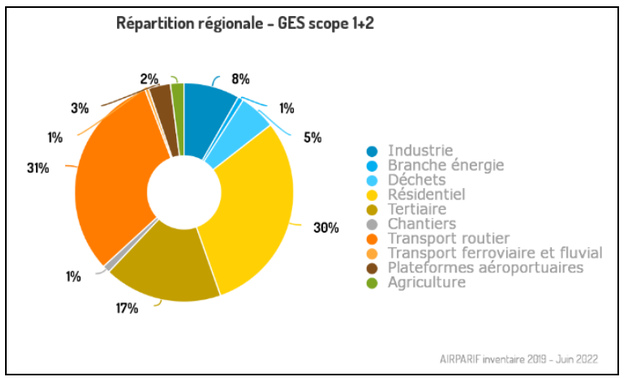


Figure 128 : Contribution par secteur (en %) aux émissions de GES (scope 1+2) en Île-de-France pour l'année 2019 (Source : Données Airparif)

En 2019, le transport routier est le principal contributeur aux émissions de GES directes et indirectes (GES scope 1 et 2) du territoire francilien avec 31 %, suivi par le secteur résidentiel avec 30 %. Viennent ensuite le tertiaire (17 %), le secteur industriel (8 %) et les déchets (5 %). Les autres secteurs contribuent pour moins de 5 % chacun.

L'évolution des émissions de GES en Île-de-France entre 2005 et 2019 tous secteurs confondus, est fournie ci-dessous.

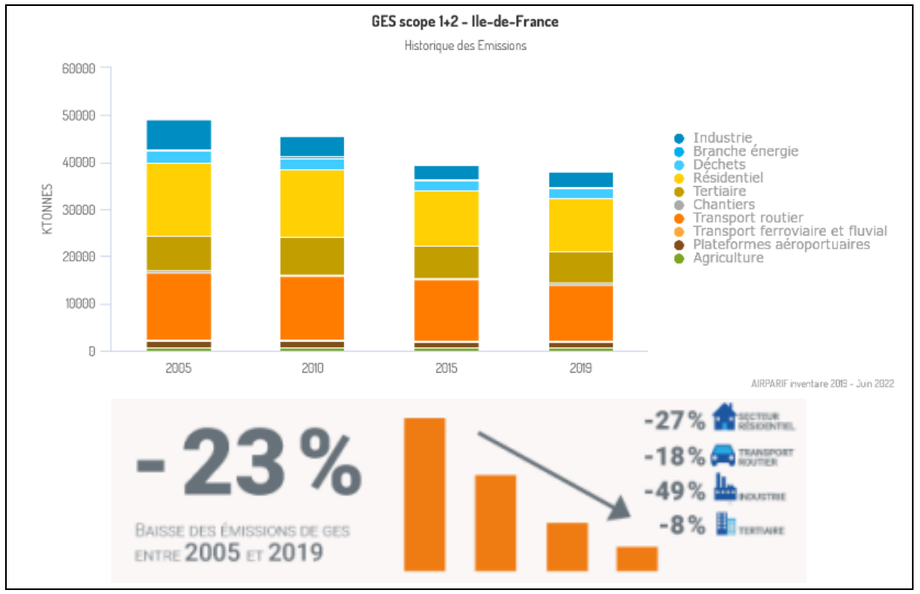


Figure 129 : Évolution des émissions de GES en Île-de-France entre 2005 et 2019 (source : Airparif)

Dans l'ensemble, les émissions directes et indirectes de **G**az à **E**ffet de **S**erre en équivalent CO_2 ont diminué de 23 % entre 2005 et 2019 en Île-de-France.
L'évolution des émissions de GES, directement liées aux consommations d'énergie, est plus faible que celle des polluants atmosphériques (NOx, particules…), dont la baisse est accrue par les améliorations technologiques de dépollution à l'échappement. Ces dernières n'induisent pas de baisse des émissions de GES qui sont directement liées à la consommation énergétique.

À Châtenay-Malabry, la répartition des émissions de GES (scopes 1 et 2) par secteur (graphique suivant) est sensiblement différente de celle de la région. En 2019, 71 kteqCO_2 de GES ont été émises à Châtenay-Malabry. Le secteur résidentiel est prépondérant avec 33 kteqCO_2, suivi par le transport routier et le tertiaire (respectivement 22 et 14 kteqCO_2). Les énergies fossiles représentent environ 76 % des énergies consommées sur la commune.

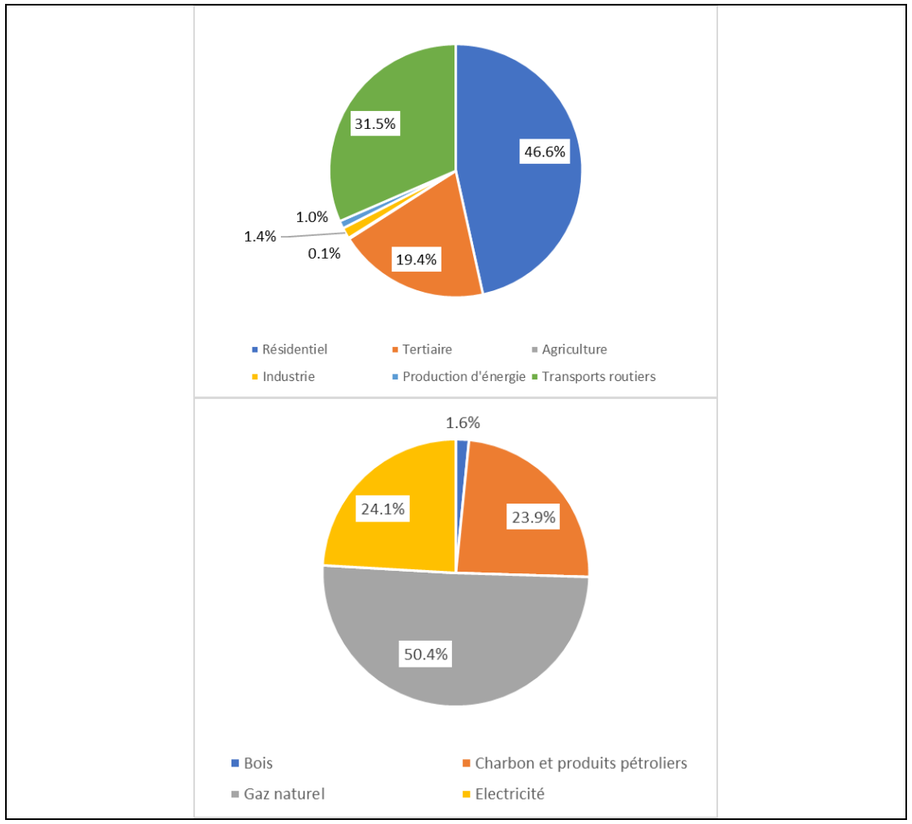


Figure 130 : Répartition sectorielle des émissions directes et indirectes de GES en 2019 (en haut) et énergies consommées en 2019 (en bas) à Châtenay-Malabry (Source : Energif/ROSE[25])

- Secteur résidentiel

Le mix énergétique en 2019 du secteur résidentiel pour l'Ile-de-France est précisé sur le diagramme suivant.

Les énergies fossiles représentent 55 % des énergies consommées par ce secteur en Île-de-France en 2019. Les émissions de gaz à effet de serre du secteur résidentiel en Île-de-France pour l'année 2019 sont de 11 430 kilo tonnes équivalent CO_2 (11 430 ktCO_2e), soit 30 % des émissions régionales de GES.

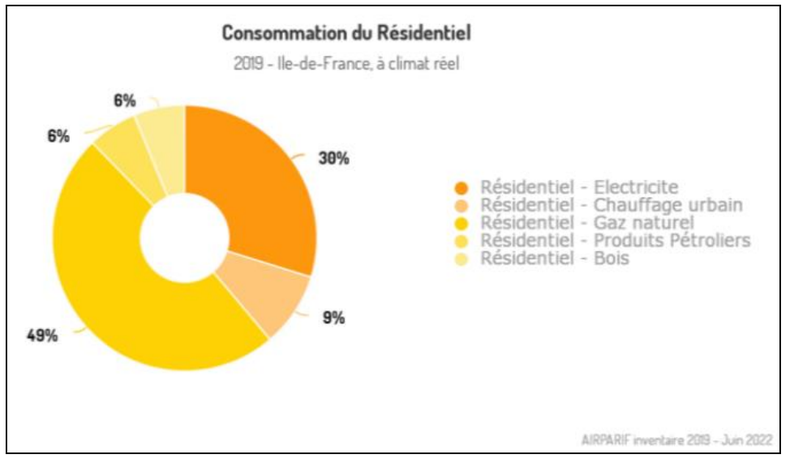


Figure 131 : Mix énergétique du secteur résidentiel en Ile de France en 2019 (source : Airparif)

La répartition des émissions de GES du secteur résidentiel en Île-de-France et leur évolution entre 2005 et 2019 est illustrée graphiquement sur l'histogramme ci-après.

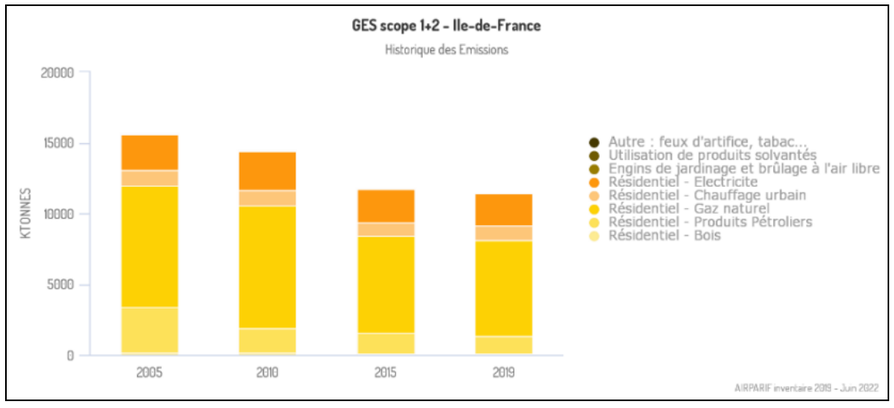


Figure 132 : Émissions de GES du secteur résidentiel en Ile-de-France entre 2005 et 2019 (Source : Airparif)

Une baisse de 27 % des émissions directes et indirectes de GES est observée en 14 ans pour ce secteur.
Les émissions directes et indirectes de GES sont liées à la consommation d'énergie, c'est pourquoi elles font apparaitre des émissions liées à l'électricité et aux réseaux de chaleur.
Le gaz naturel et l'électricité, énergies les plus consommées sur le territoire, représentent les principaux émetteurs de GES Scope 1+2. Sur 14 ans, leurs émissions sont en baisse, respectivement de 20 % et 10 % pour le gaz naturel et l'électricité.
Les émissions dues aux réseaux de chaleur et aux produits pétroliers ont également diminué (-10 % et -60 %).

[25] https://www.institutparisregion.fr/cartographies-interactives/energif-rose.html#

La baisse globale est liée à l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments et des équipements de chauffage, associée à des changements de combustible. La baisse relative à la consommation d'électricité est moindre, compte-tenu de l'augmentation des usages spécifiques.

Les histogrammes suivants représentent les données de consommations énergétiques du secteur résidentiel à Châtenay-Malabry en 2019 et le parc résidentiel en 2020.

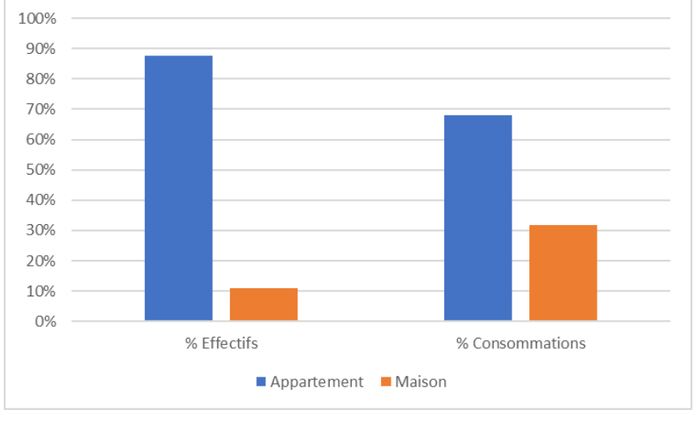


Figure 133 : Composition du parc résidentiel en 2020 et part des consommations entre maisons et appartements et 2019 à Châtenay-Malabry (source : INSEE et Energif/ROSE)

Le chauffage des habitations représente environ 49 % des consommations énergétiques du secteur résidentiel de la commune de Châtenay-Malabry.

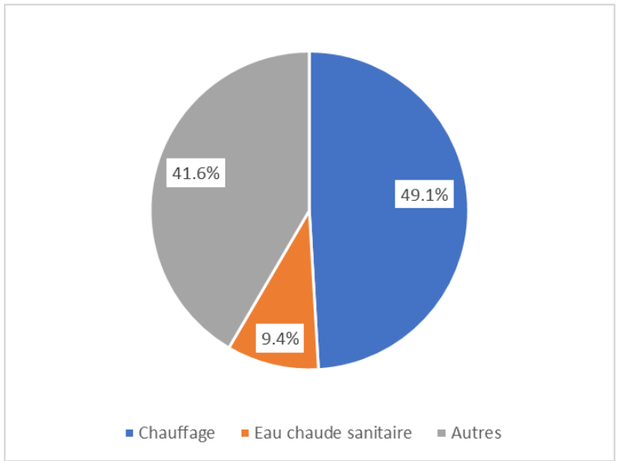


Figure 134 : Répartition de la consommation énergétique du secteur résidentiel par usage en 2019 à Châtenay-Malabry (Source : Energif/ROSE)

- Secteur tertiaire

Le mix énergétique en 2019 du secteur tertiaire en Île-de-France est représenté ci-après.

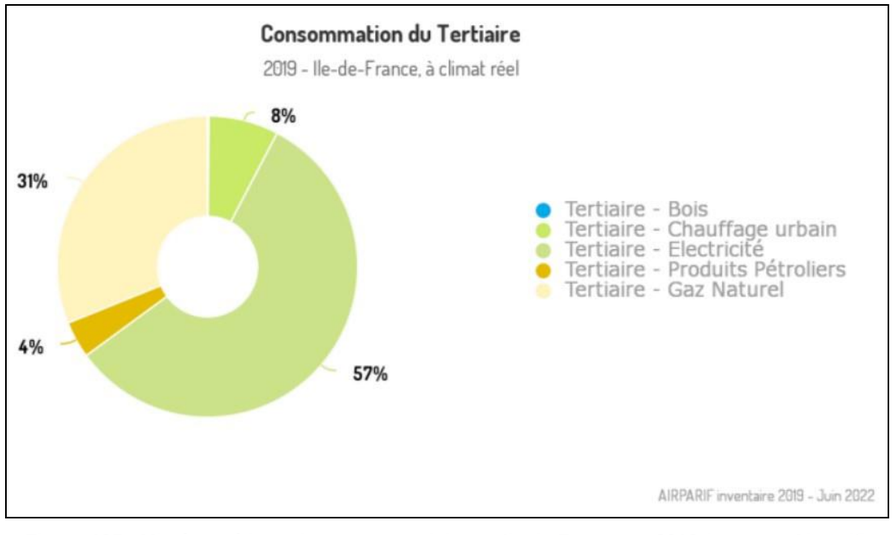


Figure 135 : Mix énergétique du secteur tertiaire en Ile de France en 2019 (source : Airparif)

Les énergies fossiles représentent plus du tiers des énergies consommées par le secteur tertiaire en Île-de-France, en 2019. Les émissions de gaz à effet de serre du secteur tertiaire en Île-de-France pour l'année 2019 sont de 6 620 kilo tonnes équivalent CO_2 (6 620 ktCO_2e), soit 17 % des émissions régionales de GES.
La répartition des émissions de GES du secteur tertiaire en Île-de-France et l'évolution entre 2005 et 2019 est illustrée ci-après.

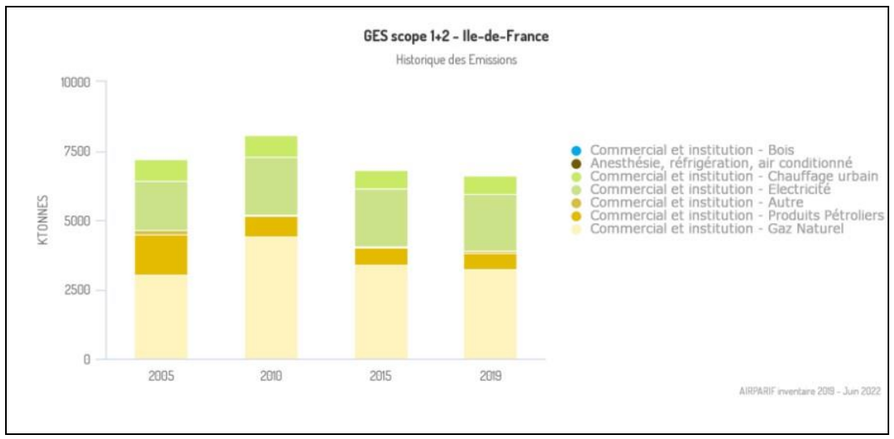


Figure 136 : Émissions de GES du secteur tertiaire en Ile-de-France entre 2005 et 2019 (Source : Airparif)

Une baisse de 8 % des émissions directes et indirectes de GES est observée en 14 ans pour ce secteur en Île-de-France.

Le gaz naturel et l'électricité, énergies les plus consommées du secteur tertiaire sur le territoire, sont les principaux émetteurs de GES 1+2. En lien avec leur consommation, leurs émissions évoluent sur 14 ans, respectivement de +6 % et +16 %, avec une hausse entre 2005 et 2010 de 45 % pour le gaz naturel, et de 17 % pour l'électricité, en partie liée à la rigueur de l'hiver 2010.
Quant aux émissions dues aux réseaux de chaleur et aux produits pétroliers, elles ont diminué (-15 % et -58 %), en lien avec la baisse de leurs consommations (-7 % et -55 %).

Les graphiques suivants illustrent les données de consommations énergétiques du secteur tertiaire pour la commune de Châtenay-Malabry en 2019.

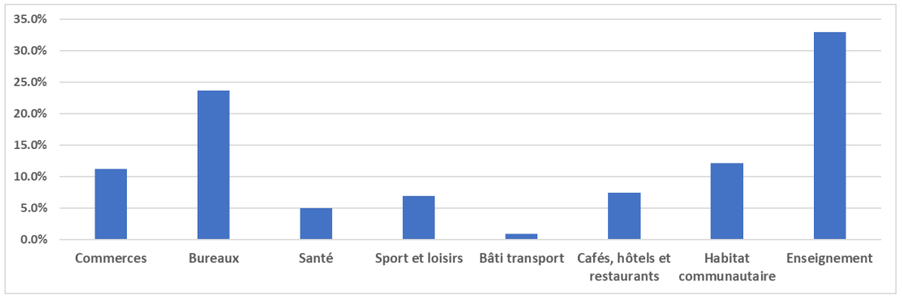


Figure 137 : Consommation d'énergie en GWh du secteur tertiaire à Châtenay-Malabry en 2019 (source : Energif/ROSE)

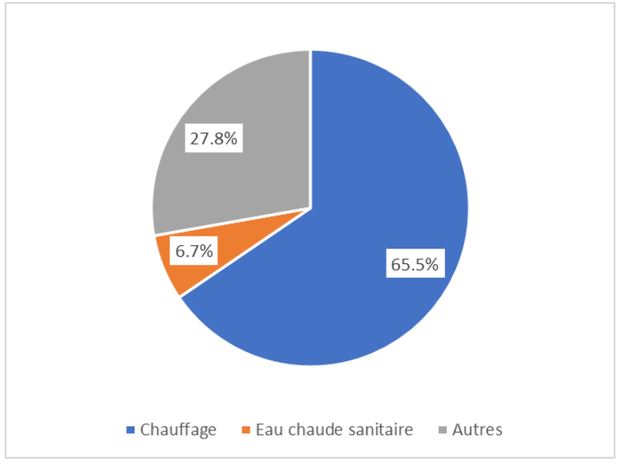


Figure 138 : Répartition de la consommation énergétique du secteur tertiaire par usage en 2019 à Châtenay-Malabry (Source : Energif/ROSE)

L'enseignement et les bureaux sont les principaux consommateurs d'énergie du secteur tertiaire à Châtenay-Malabry en 2019.

Le chauffage représente environ deux tiers des consommations énergétiques du secteur tertiaire à Châtenay-Malabry en 2019.

- Transport routier

Selon les inventaires du CITEPA[26], en faisant exception de l'année 2020 exceptionnelle du fait des mesures de restriction de déplacement liée à la lutte contre l'épidémie de Covid-19, les émissions de GES en équivalent dioxyde de carbone du trafic routier sont dans l'ensemble en baisse après plusieurs années de faible hausse (cf. schéma ci-après).

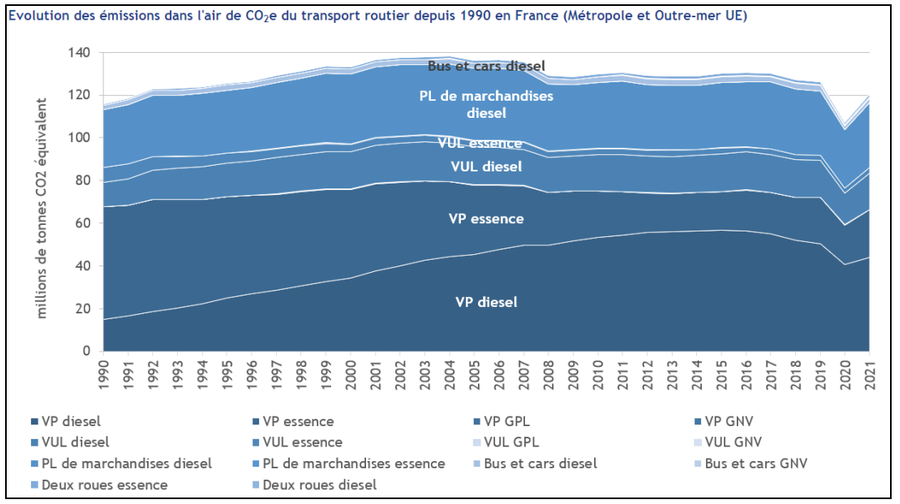


Figure 139: Évolution des émissions de GES en équivalent CO_2 du transport routier (Source : Citepa, avril 2023 - Format SECTEN)

Cette baisse s'explique par la dé-diésélisation du parc de véhicules particuliers, conjuguée à la baisse des consommations moyennes par véhicule.

La figure suivante présente les émissions de GES par type de transports en France, en 2020. Il est possible d'observer que les véhicules particuliers sont les principaux émetteurs de GES, tous transports confondus.

[26] Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique

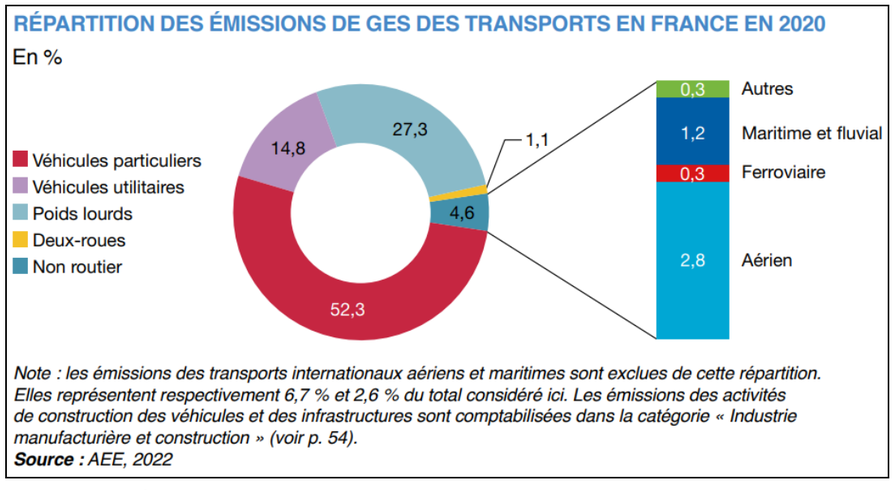


Figure 140 : Émissions de GES par type de transports en France (source : DataLAB Climat ; Chiffres clés du climat France, Europe et Monde - édition décembre 2022 ; Ministère de la Transition Écologique)

Pour rappel l'année 2020 a été particulière du fait de l'épidémie de Covid-19 et des confinements liés. Les émissions du secteur des transports ne sont vraisemblablement pas représentatives d'une situation « normale ».

La répartition des émissions de GES du transport routier en Île-de-France et l'évolution entre 2005 et 2019 est schématisée ci-dessous.

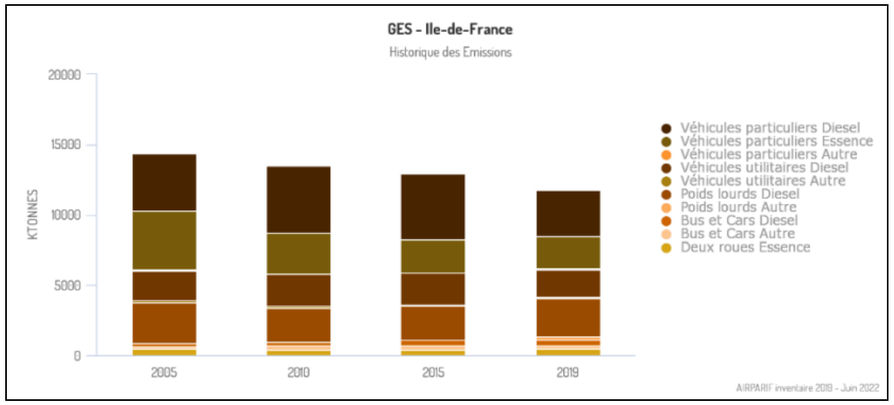


Figure 141 : Émissions de GES du transport routier en Ile-de-France entre 2005 et 2019 (Source : Airparif)

Selon Airparif, le transport routier représentait 31 % des émissions de GES en Île-de-France en 2019 (soit 11 770 kteqCO_2). Entre 2005 et 2019, les émissions de GES ont baissé de 18 % pour ce secteur.

Les émissions de GES liées aux VP diesel, principaux contributeurs, sont en baisse de 20 % entre 2005 et 2019 (-31 % depuis 2015), la part de ces véhicules ayant tendance à reculer dans le parc ces dernières années.
Parmi les autres contributeurs notables, les émissions de GES des poids lourds diesels marquent une légère baisse de 3 % liée à une baisse des kilomètres parcourus, celles liées aux VP essence diminuent de 45 % et celles des VUL diesel diminuent de 6 %.
L'évolution des émissions de GES des différents types de véhicules est liée d'une part à leur contribution aux kilomètres parcourus, mais également aux consommations unitaires des véhicules qui ont tendance à diminuer.

18.2. ÉMISSIONS DE GES SUR LE RESEAU D'ETUDE

La quantification en GES a été effectuée au moyen du logiciel COPERT pour les émissions engendrées par le trafic du réseau d'étude.

Pour mémoire, les émissions de gaz à effet de serre dépendent directement :

- **Du type de véhicule (2R / VP / VUL / PL, essence/diesel, cylindrée) ;**
- **De la technologie du véhicule (conventionnel, euro 1 à 6) ;**
- **Des paramètres liés à la circulation (vitesse, pente, moteur froid etc.).**

Les quantités des gaz à effet de serre émis par le trafic routier sur le réseau d'étude considéré sont reportées dans les tableaux et figures suivants.

Tableau 74: Quantité de GES produits par le trafic routier sur le réseau d'étude – Phase exploitation

[kilo équivalent 100 ans CO_2/jour]	2020 Horizon actuel	2037 Sans projet	2037 Avec projet	2057 Sans projet	2057 Avec projet
CO_2 [PRG = 1]	78 717	76 004	76 850	73 450	74 263
N_2O [PRG = 265]	32	14	14	17	17
CH_4 [PRG = 30]	922	767	777	683	692
TOTAL	**79 671**	**76 785**	**77 641**	**74 151**	**74 972**
PRG : pouvoir de réchauffement global – les PRG considérés sont ceux fournis par l'ADEME *via* le 5e rapport du GIEC de 2013[27]					

Les quantités de **G**az à **E**ffet de **S**erre sont dépendantes de la tendance des consommations de carburant. Par rapport à la situation actuelle, sur le réseau d'étude, les émissions de GES baissent pour les différentes situations et les horizons futurs (-3,3% en situation 'Fil de l'eau' 2037 ; -2,3 % en situation 'Projet' 2037 ; -6,5 % en situation 'Fil de l'eau 2057' et -5,5 % en situation 'Projet' 2057),.
Sur le réseau d'étude, la réalisation du projet va induire une légère augmentation des émissions de GES de (+1,1 % en 2037 et en 2057) par rapport à la situation Fil de l'Eau correspondante.

[27] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/methodo_BEGES_decli_07.pdf

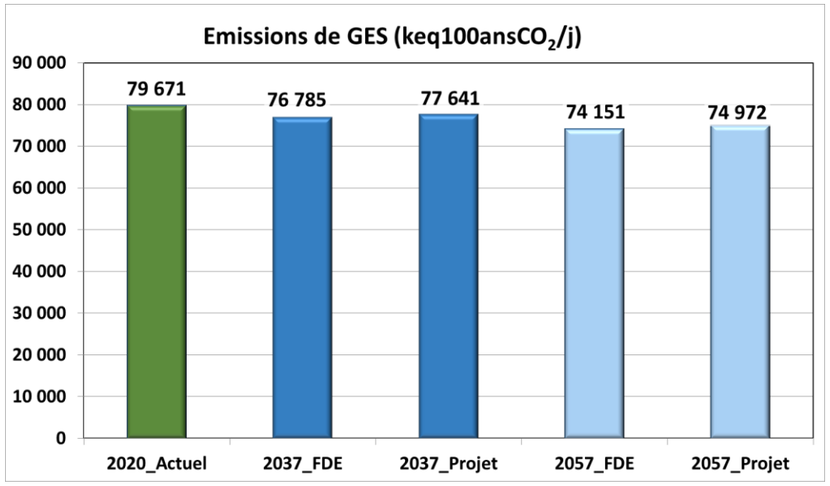


Figure 142: Émissions des gaz à effet de serre (kg équivalent 100 ans CO_2/jour) sur le réseau d'étude – Phase exploitation

- Répartition des différents GES émis

Bien que le méthane et le protoxyde d'azote possèdent un PRG beaucoup plus important que celui du dioxyde de carbone, ces deux composés ne représentent qu'une faible partie des émissions (cf. figure suivante).

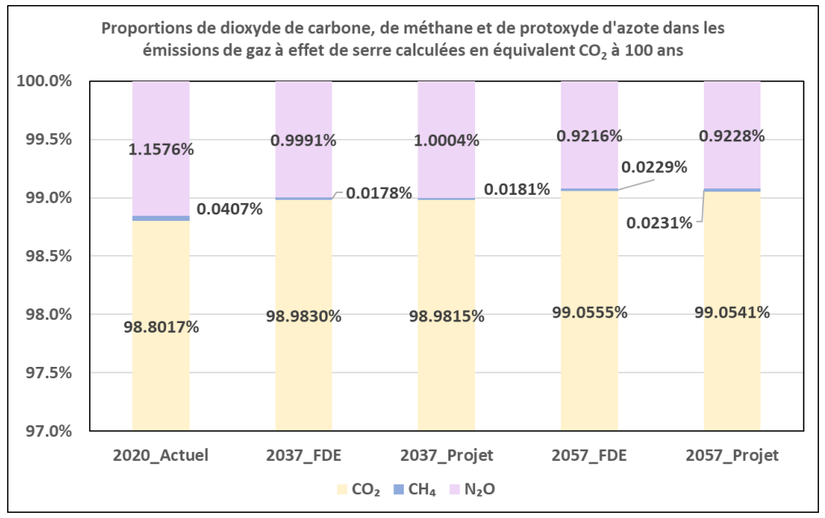


Figure 143: Proportions de dioxyde de carbone, de méthane et de protoxyde d'azote dans les émissions de GES calculées sur le réseau d'étude

Le dioxyde de carbone provient de la combustion de combustibles fossiles.
Il est utile de garder en mémoire que la réduction des émissions des gaz à effet de serre provenant du trafic routier passe par la décarbonation du parc roulant *via* le développement des véhicules à motorisations alternatives (électriques et/ou hybrides, …).

Les consommations de carburant sur le réseau d'étude baissent pour les différentes situations ('Fil de l'eau 'et 'Projet') aux horizons futurs (2037 et 2057), par rapport à la situation 'actuelle' 2020.

La mise en place du projet induit une légère augmentation des consommations de carburant sur le réseau d'étude par rapport à la situation Fil de l'Eau correspondante.

En corollaire, les émissions de Gaz à Effet de Serre liées au trafic routier suivent la même trajectoire.

Sur le réseau d'étude, la réalisation du projet va induire une légère augmentation des émissions de GES de (+1,1 % en 2037 et en 2057) par rapport à la situation Fil de l'Eau correspondante.

19. COUTS COLLECTIFS DES GAZ A EFFET DE SERRE ET DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

19.1. COUTS LIES AUX EMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

Le décret n°2003-767 a introduit, à propos des infrastructures de transport, un nouveau chapitre de l'étude d'impact concernant une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances induits pour la collectivité.
La monétarisation des coûts s'attache à comparer avec une unité commune (l'Euro) l'impact lié aux externalités négatives (ou nuisances) et les bénéfices du projet.

Dans une fiche-outils du 03/05/2019 (« *Valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique* »), le Ministère de l'Environnement recommande des valeurs tutélaires de la pollution atmosphérique. Ces valeurs ne couvrent pas tous les effets externes, mais elles concernent néanmoins la pollution locale de l'air sur la base de ses effets sanitaires. Ainsi, le rapport fournit, pour chaque type de trafic (poids lourds, véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers) et pour quelques grands types d'occupation humaine (urbain dense, urbain diffus, interurbain, etc.), une valeur de l'impact - principalement sanitaire - de la pollution atmosphérique.

Tableau 75 : Classes de densité

Densité de population de la zone d'étude	URBAIN Très dense	URBAIN Dense	URBAIN	URBAIN Diffus	Inter URBAIN
Fourchette [hab./km²]	> 4 500	1 500 - 4 500	450 -1 500	37 - 450	< 37
Densité moyenne [hab./km²]	6 750	2 250	750	250	25

Compte tenu de la densité de population moyenne de la zone d'étude (6 853 hab./km²), cette dernière est classifiée en tant que milieu urbain très dense.

Les valeurs à considérer pour l'évaluation des coûts de la pollution atmosphérique sont reportées dans le tableau ci-après.

Tableau 76 : Coûts unitaire de la pollution atmosphérique générée par le transport routier (en €2015 / 100 véhicules x km)

Types de véhicule	Densité de population	URBAIN Très dense	URBAIN Dense	URBAIN	URBAIN Diffus	Inter URBAIN
	Valeurs tutélaires pour le transport routier (en €2015 / 100 véhicules x km)					
	Véhicule Particulier	11,6	3,2	1,3	1,1	0,8
	VP diesel	14,2	3,9	1,6	1,3	1,0
	VP essence	4,4	1,3	0,6	0,4	0,3
	VP GPL	3,7	1,0	0,4	0,3	0,1
	Véhicule Utilitaire Léger	19,8	5,6	2,4	2,0	1,7
	VUL diesel	20,2	5,7	2,5	2,0	1,8
	VUL essence	6,3	1,8	0,7	0,5	0,3
	PL Diesel	133	26,2	12,4	6,6	4,4
	Deux-roues	6,7	1,9	0,8	0,6	0,5
	Bus	83,7	16,9	8,3	4,5	3,1

La fiche-outils précise qu'il est nécessaire d'actualiser ces valeurs suivant l'évolution du parc automobile et du PIB par rapport à la population.
Pour la région Île-de-France, l'évolution du PIB par habitant à retenir est de 1,8 % par an.

Au cours de la dernière décennie (2012-2022) l'inflation a été en moyenne de 1,28 % par an d'après l'INSEE. Cette valeur sera utilisée pour extrapoler les coûts aux horizons futurs.

L'application des valeurs recommandées et de leur règle d'évolution pour l'ensemble du trafic considéré conduit aux évaluations présentées dans les tableaux (valeurs journalières et annuelles) et les figures ci-après.

Tableau 77 : Estimation des coûts de la pollution atmosphérique générée par le transport routier sur le réseau d'étude

Type de véhicules	2020 Actuel (en €2020)	2037 Sans Projet (en €2037)	2037 Projet (en €2037)	2057 Sans Projet (en €2057)	2057 Projet (en €2057)
Sur une journée					
VL	42 935 €	45 040 €	45 576 €	62 748 €	63 494 €
PL	44 677 €	42 719 €	42 919 €	46 074 €	46 290 €
Coût total/jour	**87 613 €**	**87 759 €**	**88 495 €**	**108 822 €**	**109 784 €**
Sur l'ensemble de l'année					
VL	15 714 k€	16 440 k€	16 635 k€	22 903 k€	23 175 k€
PL	16 352 k€	15 592 k€	15 665 k€	16 817 k€	16 896 k€
Coût total/an	**32 066 k€**	**32 032 k€**	**32 301 k€**	**39 720 k€**	**40 071 k€**

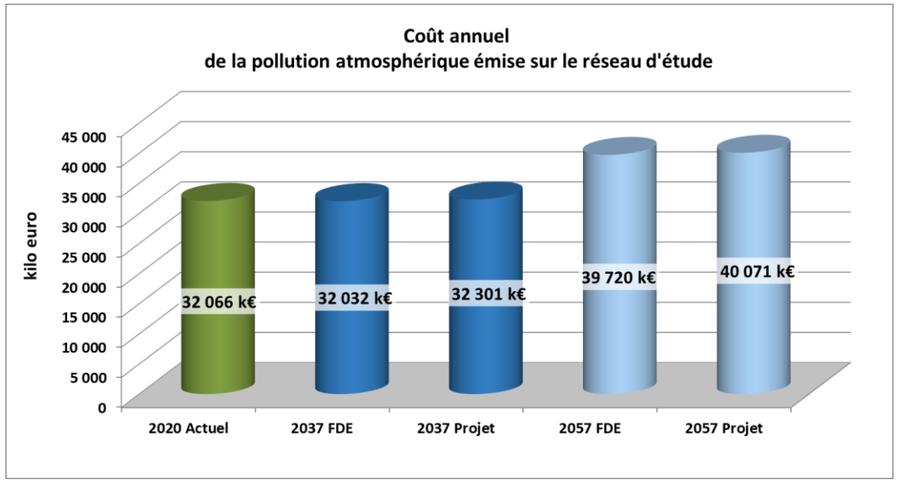


Figure 144 : Coût annuel de la pollution atmosphérique sur le réseau d'étude

Par rapport à la situation 'actuelle', le coût annuel de la pollution atmosphérique émise sur le réseau d'étude diminue très faiblement en situation 'Fil de l'eau' 2037 (-0,1 %), augmente légèrement en situation 'Projet' 2037 (+0,7%) et augmente en 2057 (+23,9 % en situation 'Fil de l'eau' et +25,0 % en situation 'Projet').

La mise en place de l'opération engendre une légère augmentation des coûts annuels de la pollution atmosphérique sur le réseau d'étude par rapport à la situation 'Fil de l'Eau' correspondante (+0,8 % en 2037 et +0,9 % en 2057).

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

19.2. COUTS LIES AUX EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

Le coût social du carbone peut être considéré comme étant la valeur du préjudice qui découle de l'émission d'une tonne de CO_2.
La monétarisation des conséquences de l'augmentation de l'effet de serre a été déterminée par une approche dite « tutélaire », dans la mesure où la valeur monétaire recommandée ne découle pas directement de l'observation des prix de marché mais relève d'une décision de l'État, sur la base d'une évaluation concertée de l'engagement français et européen dans la lutte contre le changement climatique.
Selon le document de France Stratégie intitulé « *La valeur de l'action pour le climat* » de février 2019, les valeurs à considérer pour une tonne d'équivalent CO_2 émise sont de 54 €$_{2018}$ en 2018, de 250 €$_{2018}$ en 2030 et de 500 €$_{2018}$ en 2040.

Le calcul des émissions de gaz à effet de serre (GES) a été réalisé à l'aide du logiciel COPERT **V**.

La figure et le tableau suivants fournissent l'estimation des coûts des rejets de gaz à effet de serre pour tous les scénarios considérés.

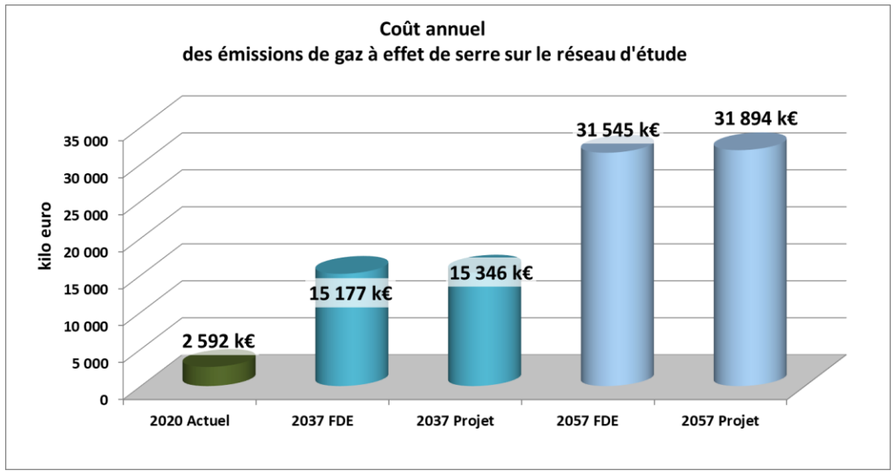


Figure 145 : Coût annuel des émissions de GES sur le réseau d'étude

Tableau 78 : Estimation des coûts des GES générés par le transport routier du réseau d'étude

	2020 Actuel (en €$_{2020}$)	2037 Sans Projet (en €$_{2037}$)	2037 Projet (en €$_{2037}$)	2057 Sans Projet (en €$_{2057}$)	2057 Projet (en €$_{2057}$)
Sur une journée	7 083 €	41 580 €	42 044 €	86 424 €	87 381 €
Sur une année	**2 592 k€**	**15 177 k€**	**15 346 k€**	**31 545 k€**	**31 894 k€**

Le coût des émissions de Gaz à Effet de Serre augmente aux horizons futurs par rapport à la situation 'Actuelle', en raison de la valeur tutélaire du carbone qui croît de façon marquée.

Par rapport à la situation 'Fil de l'Eau' correspondante, la mise en place du projet engendre une légère augmentation des coûts des émissions de GES sur le réseau d'étude (+1,1 % en 2037 et 2057).

20. FOCUS SUR LES ILOTS-TESTS

La réalisation du projet de rénovation urbaine sera étalée sur de nombreuses années.
La première phase consiste en la réalisation de 2 ilots-tests à relativement court terme (avant 2030 vraisemblablement) :

- Ilot-test 1 « MERMOZ » : Sur cet ilot le programme consiste en la rénovation de 5 289 m² de surface de plancher (SDP) et en la création de 6 539 m² SDP en neuf (frange nord-est de l'ilot) après démolition de bâtiments existants.
- Ilot test 2 « Les Escaliers » : Sur cet ilot le programme consiste en la rénovation/réhabilitation de 8 090 m² de SdP après démolition de l'ensemble du bâti. La programmation comportera uniquement du bâtiment neuf.

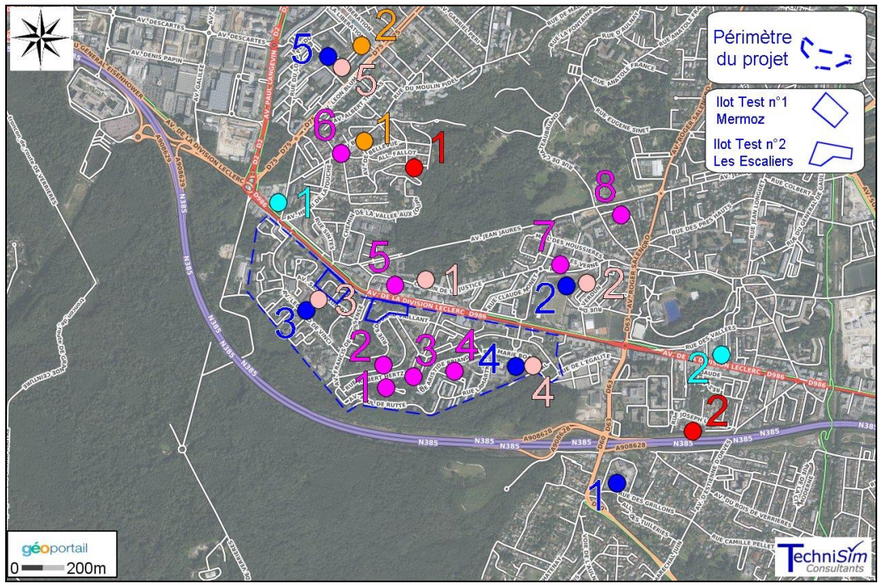


Figure 146 : Localisation des îlots-tests sur l'emprise projet et lieux vulénrables

Phase chantier

Pour rappel, les travaux de construction peuvent polluer l'environnement. Selon le type et la taille du chantier, les effets sont susceptibles d'être très limités à la fois géographiquement et dans le temps. Néanmoins, sur un grand chantier avec une activité longue et intensive, ils peuvent s'avérer importants (cf. §15).
Les données liées à la quantification des émissions liées aux activités de chantier (cf. §15.1) et les mesures de réductions des émissions liées aux activités de chantier (cf. 15.2) sont détaillées précédemment.

À ce jour, la durée prévisionnelle des travaux sur les îlots-tests (Mermoz et Escaliers) n'est pas connue. Tout comme sur l'ensemble de la zone d'étude, il s'avère complexe, au stade actuel de l'étude, d'évaluer quantitativement les émissions atmosphériques de cette phase.

En phase chantier, les émissions de polluants concernent uniquement les populations présentes sur la zone d'étude en l'état actuel.

Les opérations de chantier ne devraient pas, a priori, impacter significativement la qualité de l'air au niveau de la majorité des lieux vulnérables, compte tenu de la distance de ces derniers par rapport aux chantiers des deux îlots-tests.
Cependant, deux lieux vulnérables sont situés en proximité immédiate : l'école maternelle Suzanne Buisson, située à environ 30 m environ au sud-ouest de l'îlot-test Mermoz et le Multi-accueil Kid's Up Colchique situé à environ 50 m au nord de l'ilot test 2 Les escaliers (de l'autre côté de la D986).

Les vents dominants sur le secteur sont les vents du sud-ouest et du nord-est. Les émissions des chantiers sont donc susceptibles d'impacter ces lieux vulnérables :

- Ilot test 1 : émissions de la phase chantier rabattues vers l'école maternelle lorsque les vents viennent du nord-est ;
- Ilot test 2 : émissions de la phase chantier rabattues vers la crèche lorsque les vents viennent du sud-ouest.

Cependant, si des mesures de réduction des émissions en phase chantier sont appliquées lors des opérations, les impacts au niveau de ces lieux vulnérables devraient être minimes.

De plus, la réalisation des deux ilots test ne devrait pas être concomitante. Ainsi, les nuisances éventuelles en phase chantier ne seront pas cumulées sur une même période de temps.

En phase exploitation

- Émissions provenant des bâtiments créés

Pour rappel, les principales émissions générées par les bâtiments résidentiels sont évoquées précédemment (cf. §16.1)

Les bâtiments créés seront conformes, *a priori*, à la RE2020 (applicable à partir de *janvier 2022* pour les bâtiments à usage d'habitation), le décret contient de manière inchangée les exigences de la réglementation thermique 2012 (un futur décret, introduira les exigences de la RE2020 pour ces bâtiments).
Le principal objectif de la RE2020 est de ramener à énergie positive la performance énergétique de tous les bâtiments construits « après 2020 ». Cela sous-entend que les bâtiments construits devront d'une part, être fortement isolés avec une réduction drastique des ponts thermiques et, d'autre part, être équipés de chauffage à haute efficacité énergétique. Ainsi, les émissions liées aux systèmes de chauffage seront limitées.

La réalisation de la rénovation des certains bâtiments et la construction de logements neufs sur ces ilots tests à relativement court terme va contribuer à la baisse des émissions du secteur résidentiel et tertiaire sur la zone d'étude et donc contribuer à une baisse progressive de la pollution atmosphérique sur la zone d'étude.

- Émissions liées au trafic engendré par la rénovation des ilots tests

Sur ces 2 ilots test il est prévu une densification du nombre de logements. Cette densification va entrainer une augmentation des déplacements et donc éventuellement une augmentation des trafics automobile et donc des émissions de polluants.

Bilan sur les ilots-tests

À l'horizon de réalisation des ilots-test, avec ou sans projet, les concentrations maximales en polluants sur la zone d'étude devraient diminuer pour les principaux polluants émis à l'échappement, par rapport à la situation actuelle, en lien avec les améliorations des motorisations et des systèmes épuratifs, ainsi qu'à l'application des normes Euro et au développement des véhicules hybrides/électriques, combinées au renouvellement du parc roulant (diminution de la proportion des véhicules thermiques en faveur des motorisations non carbonés couplée à la diminution des véhicules non classés et des classes anciennes des normes Euro dans la part des véhicules thermiques demeurant en circulation). Concernant les polluants issus également par des phénomènes d'abrasion, leurs concentrations maximales devraient diminuer de manière moins importante du fait d'une compensation moins importante par les améliorations technologiques et le renouvellement du parc.
Néanmoins, les particules étant majoritairement émises par le secteur résidentiel / tertiaire ; dans le cas de la situation projet - scénario Projet, les émissions de particules supplémentaires liées à l'augmentation des trafics seront compensées en partie ou en totalité par la diminution des émissions liées à l'exploitation des bâtiments rénovés (moins émissifs que les bâtiments existants actuellement).

21. EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE ET DES GES SUR LA SANTE ET LE CLIMAT

21.1. EFFETS GENERAUX DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LA SANTE

De nombreuses études épidémiologiques, dont celles pilotées par l'Institut de Veille Sanitaire (InVS), mettent en évidence une relation entre pollution de l'air et santé dans les grandes agglomérations. Le risque existe d'ailleurs à partir de faibles niveaux de pollution.
Également, il subsiste de fortes présomptions de relation synergique entre les allergènes, en particulier les pollens et les polluants atmosphériques.
En outre, les effets sanitaires de la pollution de l'air varient selon les individus.
Les sujets les plus sensibles sont ainsi :

- **Les enfants, dont le système respiratoire en pleine évolution est davantage sensible aux agressions ;**
- **Les personnes âgées qui présentent des défenses immunitaires plus faibles et souvent des fragilités du système respiratoire et cardiovasculaire ;**
- **Les sujets atteints de troubles cardiovasculaires ou respiratoires (asthme, rhinite allergique, bronchite chronique) ;**
- **Les sujets en activité physique intense (sport ou travaux) qui respirent 5 à 15 fois plus qu'un individu au repos et s'exposent ainsi à des quantités supérieures de polluants.**

Les gaz et particules émis lors de la combustion du carburant présentent individuellement pour l'homme un risque toxicologique qui est relativement connu pour la plupart d'entre eux. Cependant, afin de définir le risque toxicologique des émissions automobiles à l'égard de la santé humaine, il faut considérer un ensemble, c'est à dire étudier la composition chimique d'un mélange gaz/particules et analyser la toxicité, l'interaction et les synergies des éléments qui le composent. Les connaissances dans ce domaine sont moins développées.

Les paragraphes ci-dessous présentent les effets sanitaires des principaux polluants de l'air, à savoir : les oxydes d'azote [NOx], les particules [PM], le monoxyde de carbone [CO], les composés organiques volatils [COV], le benzène [C_6H_6], le dioxyde de soufre [SO_2] le benzo(a)pyrène et les métaux lourds.

- Les oxydes d'azotes (NOx)

Les principaux effets des oxydes d'azote sur la santé humaine se manifestent par une altération de la fonction respiratoire, une hyper réactivité bronchique chez l'asthmatique et des troubles de l'immunité du système respiratoire.
Les oxydes d'azote sont des gaz très irritants. Ils pénètrent profondément dans l'arbre bronchique entraînant toux, irritations, étouffements, sensibilisation des bronches aux infections microbiennes, changements fonctionnels (baisse de l'oxygénation) …
La relation entre les NOx et les descripteurs sanitaires (mortalité, morbidité…) est difficile à établir et à mettre en évidence car leur teneur est fortement corrélée avec celle des autres polluants.

- Les particules (PM)

Les particules peuvent irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire (surtout chez l'enfant et les personnes sensibles).
Plus une particule est fine, plus sa toxicité potentielle est élevée.

Les particules de taille inférieure à 10 µm (particules inhalables PM10) peuvent entrer dans les poumons mais sont retenues par les voies aériennes supérieures, tandis que les particules de taille inférieure à 2,5 µm pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire et peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires. Selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), les particules dites « ultra fines » (diamètre particulaire inférieur à 0,1 µm) sont suspectées de provoquer des effets néfastes sur le système cardiovasculaire.
La taille des particules et la profondeur de leur pénétration dans les poumons déterminent la vitesse d'élimination des particules. Sur un même laps de temps (24 heures), plus de 90 % des particules supérieures à 6 µm sont éliminées, alors que seulement moins de 30 % des particules inférieures à 1 µm le sont.

L'une des propriétés les plus dangereuses des poussières est de fixer des molécules gazeuses irritantes ou toxiques présentes dans l'atmosphère (par exemple, des sulfates, des métaux lourds, des hydrocarbures). Ainsi, les particules peuvent entraîner des conséquences importantes sur la santé humaine et être responsables de maladies pulmonaires chroniques de type asthme, bronchite, emphysèmes (les alvéoles pulmonaires perdent de leur élasticité et se rompent) et pleurésies (inflammation de la plèvre, la membrane qui enveloppe chacun de nos poumons).
Ces effets (irritations des voies respiratoires et/ou altérations de la fonction respiratoire) s'observent même à des concentrations relativement basses.
Certaines particules ont aussi des propriétés mutagènes et cancérogènes (particules diesel).
En octobre 2013, le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé les particules issues des moteurs diesel comme étant cancérogènes pour l'homme (Groupe 1), sur la base d'indications suffisantes prouvant qu'une telle exposition est associée à un risque accru de cancer du poumon.

Les études publiées à ce jour permettent de dresser le tableau suivant pour les effets aigus des particules :

- **Les particules plus grandes que les PM10 n'ont, pour ainsi dire, aucun effet.**

- **Les particules grossières (différence massique estimée entre les PM10 et les PM2,5 ou entre les PM10 et les PM1), tout comme les particules fines (dont la masse estimée se situe à PM2,5 ou PM1) ou encore les particules ultrafines (estimées en nombre, pour les tailles inférieures à 0,1 µm) ont des incidences sur la mortalité et la morbidité. Leurs effets sont largement indépendants les uns des autres.**

- **La fraction grossière des PM10 est plus fortement corrélée avec la toux, les crises d'asthme et la mortalité respiratoire, alors que les fractions fines ont une incidence plus forte sur les dysfonctionnements du rythme cardiaque ou sur l'augmentation de la mortalité cardio–vasculaire. Mais les effets des particules fines ne s'expliquent pas uniquement par ceux des particules ultrafines, pas plus que les effets des particules grossières ne s'expliquent par ceux des particules fines.**

- **Compte tenu des concentrations et des variations que l'on rencontre habituellement aujourd'hui, les fractions grossières, fines et ultrafines ont des effets de même importance.**

- **Les effets sur la mortalité respiratoire sont ressentis immédiatement ou le jour suivant l'exposition à une forte charge en particules. Les effets sur la mortalité cardio–vasculaire se manifestent le plus fortement après 4 jours environ. Cela signifie que l'effet des particules grossières est ressenti immédiatement ou très rapidement après l'exposition et que celui des particules fines et ultrafines l'est de manière un peu différée (jusqu'à 4 jours après l'accroissement de la charge). Par ailleurs, si le risque relatif est plus grand pour la mortalité respiratoire, la mortalité cardio-vasculaire fait davantage de victimes.**

- **Les personnes souffrant d'affections des voies aériennes inférieures, d'insuffisance cardiaque et les personnes de plus de 65 ans présentent un risque accru.**

- **Les effets ont été démontrés par des études épidémiologiques, toxicologiques et cliniques.**

Les études publiées à ce jour permettent de dresser le tableau suivant pour les effets chroniques des particules sur la santé :

- **Les effets chroniques sont plus importants que les effets aigus ;**

- **Les études épidémiologiques ont démontré la corrélation entre de fortes charges en PM10, en PM2,5 ou en sulfates, et une mortalité ou une morbidité accrue ;**

- **Le carbone élémentaire (suie de diesel) présente un fort potentiel cancérogène ;**

- **Il n'existe pas (encore) d'étude concluante qui fasse la différence entre les effets chroniques des particules grossières, ceux des particules fines et ceux des particules ultrafines en matière de mortalité et de morbidité.**

- Le monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone provoque des hypoxies (baisse de l'oxygénation du sang) car il se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine. Il provoque également des céphalées, des troubles du comportement, des vomissements (c'est un neurotoxique), des troubles sensoriels (vertiges). C'est également un myocardiotoxique.
En se fixant sur l'hémoglobine du sang, le monoxyde de carbone forme une molécule stable, la carboxyhémoglobine, entraînant une diminution de l'oxygénation cellulaire qui est nocive pour le système nerveux central, le cœur et les vaisseaux sanguins.

- Les composés organiques volatils (COV)

Ces composés proviennent d'une mauvaise combustion des produits pétroliers (carburants) et de l'évaporation des carburants.
Les effets sont très divers selon les polluants : ils vont de la simple gêne olfactive à une irritation des yeux (aldéhydes), voire une diminution de la capacité respiratoire, jusqu'à des effets mutagènes et cancérigènes (comme le benzène).

- Le benzène (C_6H_6)

Deux cas d'intoxication peuvent être observés : intoxication par ingestion et intoxication par inhalation.
L'intoxication par ingestion se caractérise par des troubles digestifs, des troubles neurologiques pouvant aller jusqu'au coma et une pneumopathie d'inhalation.
Notons qu'en application cutanée, le benzène est irritant.
Lors d'une intoxication par inhalation, on observe des symptômes neurologiques tels que des troubles de conscience, de l'ivresse, puis de la somnolence pouvant mener à un coma, des convulsions à très hautes doses.
Ces symptômes apparaissent à des concentrations variables selon les individus :

- **À 25 ppm, pas d'effet ;**

- **De 50 à 100 ppm, apparaissent céphalées et asthénie ;**

- **À 500 ppm, les symptômes sont plus accentués ;**

- **A 3 000 ppm, la tolérance est seulement pendant 30 à 60 minutes ;**

- **A 20 000 ppm, la mort survient en 5 à 15 minutes.**

- Le dioxyde de soufre (SO_2)

Le dioxyde de soufre altère la fonction respiratoire de l'enfant et exacerbe les gênes respiratoires. De même, il trouble l'immunité du système respiratoire, abaisse le seuil de déclenchement chez le sujet asthmatique. C'est un cofacteur de la bronchite chronique.
Le dioxyde de soufre est un gaz très soluble. Il est ainsi absorbé à 85-99 % par les muqueuses du nez et du tractus respiratoire supérieur. Une faible fraction se fixe sur les particules carbonées et atteint donc les voies respiratoires inférieures. Il accentue l'intensité du bronchospasme chez les sujets asthmatiques.

- Le plomb (Pb)

De manière générale, les métaux lourds ont la propriété de s'accumuler dans l'organisme ce qui implique dans le long terme d'éventuelles propriétés cancérogènes.
Le plomb est un toxique neurologique, rénal et sanguin.
On distingue deux types d'intoxication au plomb : intoxication après inhalation (poussières ou fumées) ou intoxication par ingestion (régurgitation ou problème d'hygiène cutanée).

- Le cadmium (Cd)

Le cadmium est l'un des rares éléments n'ayant aucune fonction connue dans le corps humain. Les deux principales voies d'absorption sont l'inhalation et l'ingestion. Il peut provoquer des lésions des voies respiratoires et du rein. Les composés de cadmium sont également cancérigènes.

- L'arsenic (As)

La grande majorité des informations disponibles, relatives à l'exposition par inhalation à l'arsenic, provient de situations professionnelles (fonderies, mines ou usines de produits chimiques) et rapporte des effets principalement au niveau de :

- **L'appareil respiratoire (emphysème, pneumoconiose) ;**
- **Système cardiovasculaire (maladie de Raynaud) ;**
- **La peau (hyperkératose et hyperpigmentation) ;**
- **Système nerveux périphérique (neuropathies, diminution de la conduction nerveuse).**

- Le nickel (Ni)

Les études chez l'Homme (et l'animal) indiquent que le système respiratoire est la cible principale de la toxicité du nickel par inhalation. Une augmentation de l'incidence des décès par pathologie respiratoire a été trouvée chez des travailleurs exposés chroniquement au nickel. Les effets respiratoires étaient de type bronchite chronique, emphysème et diminution de la capacité vitale.

- Le benzo(a)pyrène (BaP)

Les études rapportées dans la littérature ne permettent pas de conclure quant au caractère cancérogène du benzo[a]pyrène à lui seul chez l'homme. Les études chez l'animal indiquent que le benzo[a]pyrène induit des tumeurs chez de nombreuses espèces animales par les trois voies d'exposition possibles : pulmonaire, orale et cutanée. Les effets rapports correspondent, une action à la fois locale et systémique.

21.2. CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Identiquement à l'échelle mondiale, l'évolution des températures moyennes annuelles en France métropolitaine montre un net réchauffement depuis l'année 1900.
Ce réchauffement a connu un rythme variable, avec une augmentation particulièrement marquée depuis les années 1980 (figure suivante).

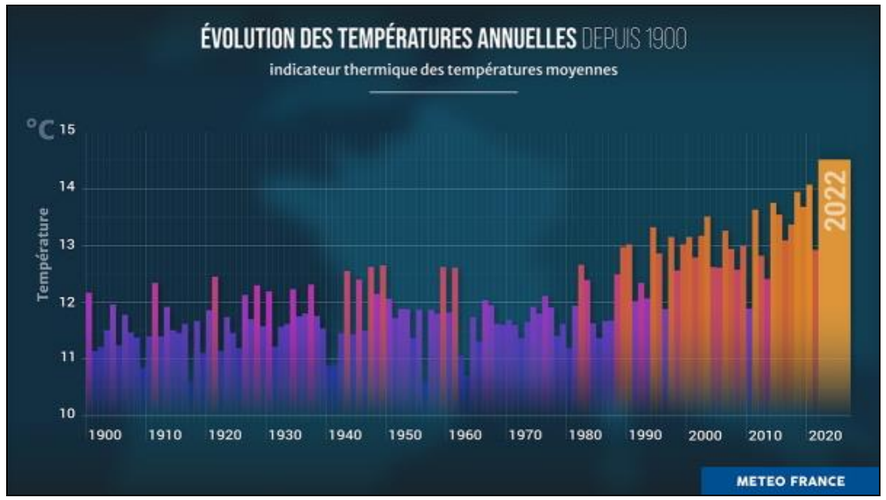


Figure 147 : Évolution des températures moyennes annuelles en France depuis 1900 (Source : Météo France)

Sur la période 1959-2009, la tendance observée est d'environ + 0,3°C par décennie. En 2020, la température moyenne annuelle de 14°C a dépassé la normale (référence 1961-1990) de 2,3°C, plaçant cette année-là au premier rang des années les plus chaudes observées en France métropolitaine depuis 1900, devant 2018 (13,9°C).

2021 ouvre la décennie avec des températures certes plus proches des normales, mais jalonnées de records chauds et d'épisodes extrêmes portant l'empreinte du changement climatique en cours[28]. 2021 se place néanmoins à la 20ème place des années les plus chaudes en France depuis 1900.

2022 détrône les précédents records en se plaçant en première position des années les plus chaudes avec 14,5°C en moyenne annuelle sur la France depuis 1900 (très loin devant 2020 qui détenait le précédent record). Ponctuée d'extrêmes climatiques, 2022 est un symptôme du changement climatique en France. Remarquable dans le climat actuel, elle pourrait devenir « normale » en 2050.

Les années les plus chaudes sont majoritairement des années très récentes : 8 des 10 années les plus chaudes depuis le début du XXe siècle sont postérieures à 2010 (cf. figure suivante).

Figure 148 : Les 10 années les plus chaudes en France depuis 1900 (Source : Météo France)

L'évolution du climat modifie la fréquence, l'intensité, l'étendue, la durée et le moment d'apparition des phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes. Les vagues de chaleur recensées depuis 1947 à l'échelle nationale ont été deux fois plus nombreuses au cours des 34 dernières années que sur la période antérieure.
Cette évolution se matérialise aussi par l'occurrence d'événements plus forts (durée, intensité globale) au cours des dernières années.

En France, selon le scénario intermédiaire du GIEC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat], le nombre de jours anormalement chauds devrait augmenter dans le futur, avec vraisemblablement plus de 100 jours supplémentaires par an à l'horizon 2100. Le sud et l'est de la France seraient les régions les plus affectées par ces changements. Cependant, la région Hauts-de-France, par exemple, a connu elle aussi une canicule l'été 2020.

21.3. IMPACTS DIRECTS DES CANICULES ET DES FORTES CHALEURS SUR LA SANTE

La région **Île-de-France** présente une exposition élevée aux épisodes de canicules remarquables de plus en plus fréquents, tout comme le reste du territoire métropolitain, liée notamment à l'**E**ffet **I**lot de **C**haleur **U**rbain (EICU). Cette exposition est particulièrement forte à Paris et en Petite Couronne, en raison de la forte densité urbaine et de la minéralisation de l'espace.
Depuis 2015, chaque été a présenté un épisode caniculaire remarquable, faisant suite à ceux de 2006 et 2003 pour le 21e siècle. L'été 2021 n'a présenté aucun épisode de chaleur remarquable et a été le plus frais depuis 2014.

En France métropolitaine[29], l'été 2022 est au deuxième rang des étés les plus chauds observés en France depuis 1900. La période de surveillance estivale 2022 a été marquée par trois périodes de canicules intenses et remarquables dont deux avec des départements de la façade atlantique placés en vigilance rouge, et deux épisodes successifs d'une douzaine de jours en régions Occitanie, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Auvergne-Rhône-Alpes.
La période de surveillance estivale 2022 s'inscrit dans un contexte particulier, à la fois sur le plan sanitaire avec une recrudescence de l'épidémie de Covid-19 mais également sur le plan climatique. En effet, l'été 2022 a également été marqué par d'autres phénomènes météorologiques extrêmes tels que la sécheresse, les feux de forêts, les orages et une canicule en mer méditerranée.

Les 3 vagues de chaleur de l'été 2022 se sont étendues du 14 au 22 juin, du 9 au 27 juillet et du 29 juillet au 14 août. La figure suivante présente les caractéristiques de ces épisodes.

[28] https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/climat/gel-en-avril-pluies-diluviennes-retour-sur-les-evenements

[29] Bulletin de Santé Publique. PACA. Été 2022. Canicule et Santé. Santé Publique France, novembre 2022.

Dates	Régions concernées	Nombre de départements	Durée moyenne par département (jours) [Min ; Max]	% de la population métropolitaine touchée
14/06 – 22/06	Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté, Centre-Val-de-Loire, Grand-Est, Nouvelle-Aquitaine, Occitanie, Pays-de-la-Loire, Provence-Alpes-Côte d'Azur	30	3,8 [3 ; 6]	26 %
9/07 – 27/07	Toutes les régions	52	5,0 [3 ; 14]	66 %
29/07 – 14/08	Toutes les régions métropolitaines à l'exception de l'Ile-de-France	39	5,3 [3 ; 14]	41 %

Figure 149 : Caractéristiques des différentes vagues de chaleur de l'été 2022 en France métropolitaine (source : Santé Publique France)

L'étendue géographique a été notable. Durant l'été 2022, 69 départements ont connu au moins une canicule, soit 78% de la population résidente. Ces départements ont connu en moyenne 8,4 jours de dépassement des seuils d'alerte.
Cinq départements du sud-est ont connu plus de 20 jours de canicules sur l'ensemble de l'été : le Vaucluse (22 jours), le Gard (23 jours), les Alpes de Haute Provence (24 jours), la Drôme (26 jours) et l'Isère (34 jours)

La **première canicule** a concerné plus d'un quart de la population résidente en France métropolitaine en juin 2022. Cette canicule est la plus précoce connue depuis le début des mesures de températures en 1947 et se caractérise par le déclenchement de vigilances rouge dans 14 départements de Nouvelle Aquitaine, Occitanie et Pays de la Loire. Il s'agissait, pour la plupart des départements, de fortes chaleurs concentrées sur peu de jours, avec des records absolus battus, notamment à Biarritz avec 42,9°C le 18 juin.

La **deuxième canicule**, plus longue, en juillet 2022, a concerné les deux tiers de la population française métropolitaine et l'ensemble des régions. Cet épisode a été marqué par le déclenchement de nouvelles vigilances rouges dans 15 départements des régions Bretagne, Nouvelle Aquitaine, Occitanie et Pays de la Loire et de nouveaux records absolus battus, le plus souvent supérieurs à 40 °C.

La **troisième canicule** pendant la première quinzaine d'août 2022 a commencé peu de temps après la fin de celle de juillet et a touché plus d'un tiers de la population. Elle a touché la quasi-totalité des régions, mais s'est principalement concentrée sur la moitié Sud, et a été particulièrement longue dans le sud-est, mais avec une intensité plus faible que lors des deux épisodes précédents.

L'été 2022, dans la tendance observée depuis 2015, se caractérise à l'échelle nationale par une intensification de l'exposition aux canicules. Les températures ont été, sur la quasi-totalité de l'été, au-dessus des normales et parfois extrêmes sur de courtes durées, notamment sur la façade atlantique.
En termes de sévérité (cumul des intensités quotidiennes sur les périodes de canicule), l'exposition de la population à l'échelle nationale en 2022, reste en deçà des étés 2019 ou 2020. Toutefois, une sévérité plus importante a été observée dans les régions de la moitié sud, du fait d'épisodes à répétition et durables, la durée de ces canicules est inédite et supérieure à 2003. Au-delà des canicules telles que définies historiquement, l'été 2022 a été marqué par des expositions à des épisodes de chaleur aux profils atypiques, notamment des pics extrêmes inédits de températures sur de très courtes durées sur la façade atlantique, et des chaleurs durables et successives notamment dans les régions Occitanie, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Auvergne-Rhône-Alpes.

Plusieurs pics de pollution à l'ozone concomitants à ces canicules ont pu être observés, notamment dans les régions Auvergne-Rhône-Alpes**,** Grand Est, Hauts-de-France, **Île-de-France**, Normandie, Nouvelle-Aquitaine, Occitanie et Provence-Alpes-Côte-d'Azur, avec des dépassements persistants du seuil d'information et de recommandation.

En **Île-de-France**, les trois canicules intenses qui ont marqué le territoire métropolitain durant l'été 2022 se sont traduites par trois épisodes de fortes chaleurs au cours desquels l'ensemble des départements de la région ont été classés par Météo-France en vigilance jaune ou orange canicule.
Des dépassements des seuils d'alerte biométéorologiques n'ont cependant été observés en Île-de-France qu'au cours de l'épisode du mois de juillet. Cet épisode, dans une région densément peuplée et urbanisée (îlots de chaleur urbains), a été marqué par des températures ponctuellement très élevées à la fois sur les maxima (> 40°C) mais aussi sur les minima (entre 20 et 25°C). Il est à noter qu'au cours de cet épisode caniculaire du mois de juillet des dépassements des seuils d'alerte biométéorologiques départementaux ont été observés alors même que les départements considérés étaient classés en niveau de vigilance verte canicule (les niveaux de vigilance étant basés sur les prévisions météorologiques).

Pour la région **Île-de-France**, et selon les 6 départements (75, 78, **92**, 93, 94, 95) concernés par des dépassements des seuils météorologiques, ce sont de 3 à 6 jours de canicule qui ont été observés sur l'ensemble de la période estivale (figure suivante).

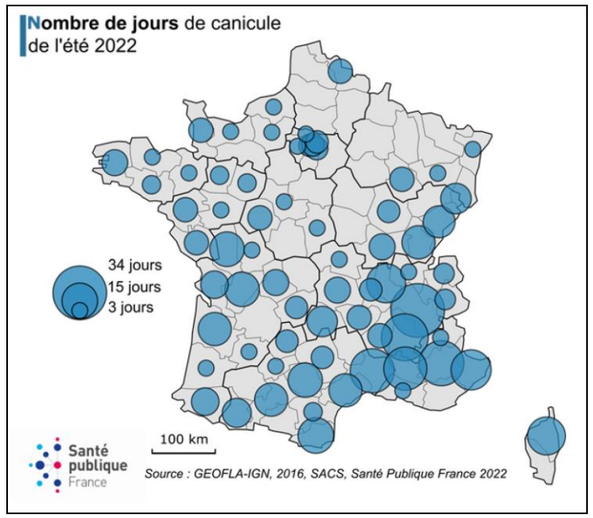


Figure 150 : Nombre de jours de canicule par département pendant l'été 2022 (source : Santé Publique France)

En région **Île-de-France**, du 1er juin au 15 septembre 2022, la chaleur a représenté 2 082 passages aux urgences (dont 1 333 suivis d'une hospitalisation, soit 64 %) et 285 actes SOS Médecins pour l'indicateur iCanicule.

L'épisode caniculaire du mois de juillet concentrait 20 % des passages aux urgences (n=406), 17 % des hospitalisations après passages aux urgences (n=221) et 22 % des actes SOS Médecins (n=64) pour iCanicule observés sur la période du 1er juin au 15 septembre 2022 (figure suivante).

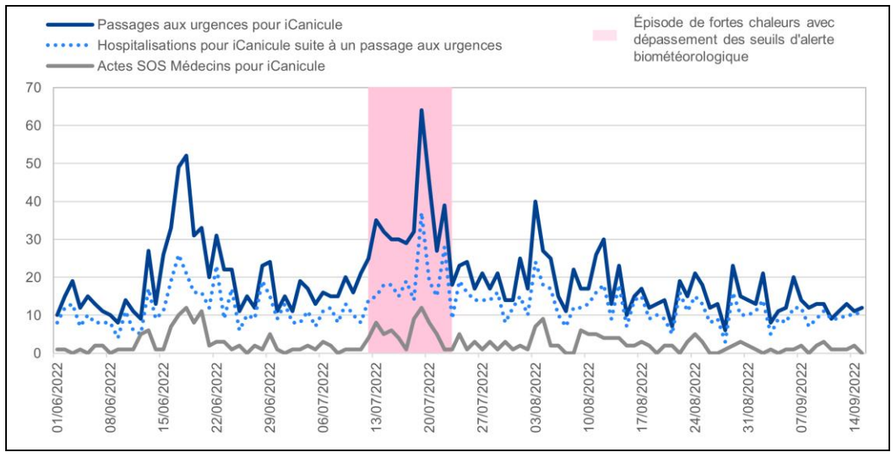


Figure 151 : Nombre quotidien de passages aux urgences, d'hospitalisations, d'actes SOS Médecins, pour iCanicule, Île-de-France, du 1er juin au 15 septembre 2022 (source : Santé Publique France)

Les passages en structures d'urgences aussi bien que les actes SOS Médecins concernaient principalement des 75 ans ou plus.
Les passages aux urgences pour hyperthermies et coups de chaleur concernaient principalement des adultes de 15 à 74 ans (60 % des patients ayant consulté pour ces diagnostics) ; pour déshydratations et pour hyponatrémies concernaient majoritairement les 75 ans ou plus (66 % des patients ayant consulté pour chacun de ces deux diagnostics). Ces répartitions étaient similaires à ce qui était observé dans l'activité SOS Médecins : 62 % des patients ayant consulté pour coups de chaleur étaient âgés de 15 à 74 ans et 93 % des déshydratations concernaient des 75 ans ou plus.

Les planches suivantes représentent la sévérité (cumul des valeurs maximales de dépassement des températures observées par rapport aux températures d'alerte sur la période de survenue) des vagues de chaleur et la surmortalité relative (% de décès en excès) par département pour les jours de dépassement des seuils d'alerte de l'été 2022.

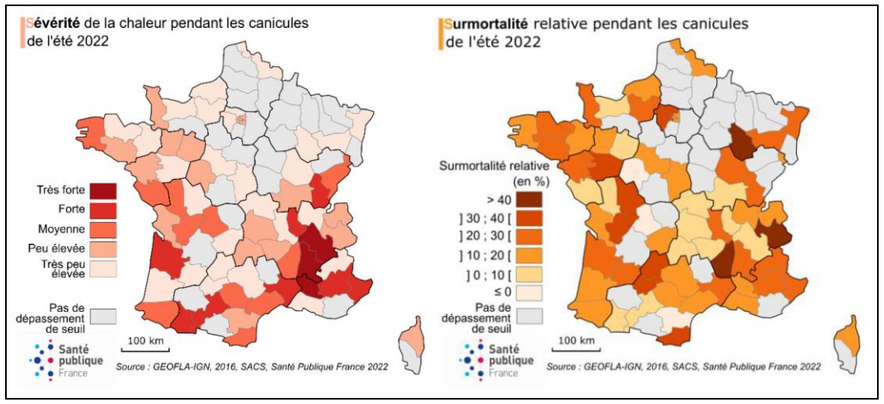


Figure 152 : Sévérité des vagues de chaleur et surmortalité relative (% de décès en excès) par département pour les jours de dépassement des seuils d'alerte de l'été 2022, France métropolitaine (source : Santé Publique France)

Nota : La sévérité de la chaleur a été peu élevée dans les Hauts-de-Seine lors des jours de dépassement des seuils d'alerte canicule de l'été 2022. Néanmoins, la surmortalité relative estimée est située entre 30 et 40 %.

En France métropolitaine, au cours des périodes de dépassement effectif des seuils départementaux, 2 816 [1 989 : 3 502] décès en excès ont été estimés soit une surmortalité relative de +17 % [+11 % : +22 %].
Les 75 ans et plus représentent la grande majorité de ces décès en excès, associée à une forte surmortalité relative de +20 % (1 décès sur 6 est en excès). La surmortalité la plus importante a été observée pour la 2ème période caniculaire, durant le mois de juillet, qui a concerné les deux tiers de la population (+1 901 décès en excès, +23 %).

Dans le contexte épidémique actuel de circulation du SARS-CoV-2, d'une part le Covid-19 a pu augmenter la vulnérabilité à la chaleur pour certaines personnes, et d'autre part l'exposition à la chaleur a pu aggraver l'état de certains malades atteints par le Covid-19. Ainsi, pour les mêmes périodes et départements, 894 décès liés à l'épidémie de Covid-19 ont été enregistrés à l'hôpital et dans les établissements médico-sociaux. Ces décès concernaient également pour les trois quarts les personnes de 75 ans et plus.

Au cours de la période de l'été 2022 et dans les départements franciliens où des dépassements de seuils d'alerte météorologique ont été identifiés, 325 [267 ; 365] décès en excès ont été observés, soit une surmortalité relative de +21 % [+17 % ; +23 %] (figure suivante).
Les personnes âgées de 75 ans et plus représentent la majorité des décès en excès (254 décès) avec un impact relatif global de +27 % [+22 % ; +30 %] estimé sur la période caniculaire du mois de juillet. L'impact chez les personnes âgées de 15 à 74 ans est de +13 % [+6 % ; +21 %]. Aucun impact n'est en revanche estimé chez les moins de 15 ans.

	Période du 11 au 21 juillet 2022 *			
	Nombre de décès		% Relatif	
	Estimation	[min : max]	Estimation	[min : max]
Moins de 15 ans	-4	[- 9 ; 0]	- 13 %	[- 28 % ; - 1 %]
15-74 ans	75	[+ 36 ; + 119]	+ 13 %	[+ 6 % ; + 21 %]
75 ans et plus	254	[+ 207 ; + 287]	+ 27 %	[+ 22 % ; + 30 %]
Tous âges	325	[+ 267 ; + 365]	+ 21 %	[+ 17 % ; + 23 %]

* Les impacts sont calculés pour chaque Département et pour les jours où les seuils ont été effectivement dépassés dans ce Département majorés de 3 jours pour prendre en compte les effets retardés.

Figure 153 : Mortalité en excès pendant les deux canicules, par âge, sur les périodes et les départements concernés par des dépassements des seuils d'alerte biométéorologiques, Île-de-France, été 2022 (source : Santé Publique France ; données extrapolées)

Ces résultats sont variables suivant les départements dans lesquels des dépassements de seuils d'alerte météorologiques ont été observés :

- **+92 décès [+72 ; +100] pour Paris (+18 % [+14 % ; +20 %]) ;**
- **+37 décès [+36 ; +38] pour les Yvelines (+32 % [+31 % ; +33 %]) ;**
- **+94 décès [+72 ; +106] pour les Hauts-de-Seine (+31 % [+24 % ; +35 %]) ;**
- **+25 décès [+17 ; +28] pour la Seine-Saint-Denis (+10 % [+7 % ; +12 %]) ;**
- **+40 décès [+38 ; +47] pour le Val-de-Marne (+13 % [+13 % ; +16 %]) ;**
- **+37 décès [+32 ; +46] pour le Val-d'Oise (+37 % [+30 % ; +50 %]).**

Au niveau national, l'excès de mortalité observé pendant les canicules de 2022 est le plus important depuis 2003, bien qu'inférieur aux 14 800 décès observés cette année-là. Lors de la canicule de 2003, les températures moyennes journalières ont atteint 32°C au cœur de Paris.
L'Île-de-France est la région où le taux de surmortalité a été le plus fort lors de la canicule d'août 2003. Le département où elle a davantage sévi est le Val-De-Marne, avec une augmentation de la mortalité de 171 %, d'après l'Inserm.

Chaque canicule présentant des caractéristiques propres, en termes de durée, d'intensité et de population exposée, la comparaison aux années précédentes est complexe. On note toutefois depuis 2015 que des canicules très étendues et atypiques, en termes d'intensité, de période et de zone de survenue, se traduisent toutes par une mortalité en excès conséquente.

Au niveau francilien, l'excès de décès pour la période caniculaire de l'été 2022 est moins élevé que les excès observés lors des périodes caniculaires des étés 2019 et 2020. En revanche, en termes de surmortalité relative, l'été 2022 se positionne devant l'été 2019 (+16 %) et au même niveau que l'été 2020.

Selon les scénarios du GIEC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat] la hausse attendue des températures d'ici la fin du siècle pourrait atteindre 5,7°C en période estivale. Le nombre de jours chauds devrait également augmenter. Dans ce contexte, l'exposition aux épisodes de canicule pourrait croître de façon significative.

La figure suivante fait état des vagues de chaleur en fonction de leur durée, en France entre l'année 1947 et juillet 2022.

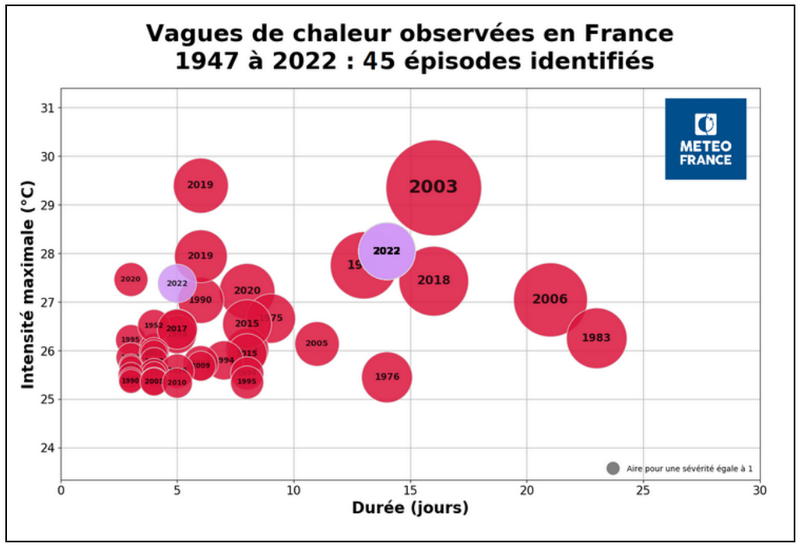


Figure 154 : Vagues de chaleur recensées en France sur la période 1947- juillet 2022 (source : météo France)

Au mois d'août 2022, 46 vagues de chaleurs sont recensées à l'échelle de la France depuis 1947 :

- **4 avant 1960 ;**
- **4 épisodes entre 1960 et 1980 ;**
- **9 épisodes entre 1980 et 2000 ;**
- **29 épisodes depuis 2000.**

Il y a eu autant de vague de chaleur avant 2005 qu'entre 2005 et 2020. Depuis 2010, on dénombre 22 vagues de chaleur (seules les années 2014 et 2021 n'en ont pas subi).

Alors qu'on comptait en moyenne moins de 5 jours de vagues de chaleur[30] sur la période 1976-2005, sans politique climatique, on estime qu'il y a 3 chances sur 4[31] pour que ce nombre augmente au moins de 5 à 25 jours supplémentaires en fin de siècle selon les régions par rapport à la période 1976-2005 (figure suivante).
Le contrôle des émissions de gaz à effet de serre déterminera leur stabilisation dans la seconde moitié du XXIe siècle.
Ainsi, on estime aussi que ce nombre n'augmenterait que faiblement au cours de la deuxième moitié du XXIe siècle dans un scénario avec politique climatique qui conduirait à stabiliser le réchauffement climatique avant la fin du siècle.

En revanche, sans politique climatique, le nombre de jours de vagues de chaleur augmentera drastiquement par rapport à la période 1976-2005 (figure suivante).

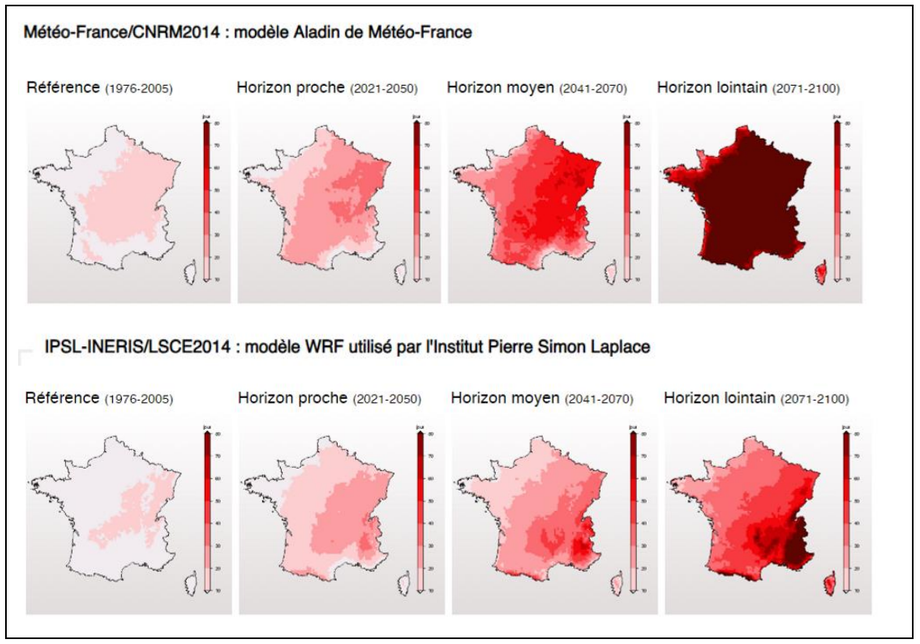


Figure 155 : Évolution du nombre de jours de vagues de chaleur en France par an selon le scénario RCP8.5 (sans politique climatique) et les modèles Aladin de Météo-France (en haut) et WRF de l'IPSL (en bas) ; échelle graduée de 10 à 80 jours (source : http://www.drias-climat.fr)

Au-delà de l'exposition aux épisodes de canicule, les aménagements urbains actuels favorisent le phénomène d'îlots de chaleur dans les zones urbaines et périurbaines, augmentant de ce fait la sensibilité des populations aux canicules**.**

La vulnérabilité actuelle de la population est forte. Cela s'explique par différents facteurs :

- **<u>Démographique :</u> les personnes âgées étant les plus vulnérables ;**
- **<u>Sociale :</u> les personnes fragilisées sur le plan économique ou social (isolement, etc.) sont particulièrement sensibles ;**
- **<u>Économique :</u> la canicule a également un impact sur le rythme de vie et la santé au travail ;**
- **<u>Culturel :</u> la faible culture du risque « chaleur » (sauf régions du sud de la France) ;**
- **<u>Organisationnel :</u> l'accessibilité aux soins et la performance opérationnelle du plan canicule constituent un facteur de vulnérabilité non négligeable.**

Le retour d'expérience de la canicule d'août 2003 a révélé cette forte vulnérabilité, comme en témoigne l'importance de son coût humain.

[30] Les vagues de chaleur sont définies ici comme 5 jours consécutifs avec une température maximale supérieure de 5 degrés à la normale 1976-2005, selon le rapport sur les scénarios climatiques pour la France
[31] https://meteofrance.com/changement-climatique/observer/changement-climatique-et-vagues-de-chaleur

En sus de l'augmentation significative de l'exposition de l'Île-de-France aux canicules, un scénario plausible de l'augmentation de leur fréquence pourrait accroître la fragilité des populations et mettre à mal les systèmes de gestion de crise.

La vulnérabilité future, déjà forte aujourd'hui, dépendra de plusieurs facteurs, c'est-à-dire la capacité à :

- **Réduire la fragilité des populations âgées et/ou dépendantes, dont le nombre augmentera significativement en Île-de-France (vieillissement de la population) dans un contexte de solidarité familiale incertain. Cette tendance lourde induit la nécessité d'augmenter l'offre d'aidants, aussi bien à domicile qu'en établissement, afin de répondre aux besoins des futures personnes dépendantes et de réduire leur faiblesse future ;**

- **Réduire l'augmentation tendancielle des inégalités sociales (notamment pour la population âgée de 60 ans ou plus) constitue un facteur non négligeable, notamment en matière d'accès à un logement adapté et de dépenses pour l'accès aux soins ;**

- **Adapter le rythme de travail lors des périodes de fortes chaleurs ;**

- **Maintenir la robustesse du système d'alerte et de gestion de crise, dans un contexte d'augmentation de la fréquence de ces épisodes, via la mise en place d'un système préventif performant en amont des crises pour éviter l'engorgement des services d'urgence ;**

- **Apporter des réponses en matière d'aménagement (qui dépend de la prise en compte du changement climatique dans les aménagements : bâti, présence de la nature en ville, inégalités territoriales, etc.).**

Les épisodes caniculaires peuvent être accompagnés de pics de pollutions à l'ozone, dont l'impact sur la santé humaine se traduit par une infection des muqueuses respiratoires et oculaires, notamment chez les personnes fragiles (enfants en bas âge et personnes âgées). Des liens entre la concentration en ozone et la surmortalité ont été établis : sur la période 1996-2003 en agrégeant les résultats obtenus pour 9 villes françaises, l'association correspond à une hausse de 1,01 % du risque de mortalité pour une augmentation de 10 µg/m^3 de la concentration en ozone. Cependant, sur la période de la canicule de 2003, les excès de mortalité attribués à la température ou à l'ozone sont très disparates selon les villes. De même, la contribution de l'ozone à cet excès varie très fortement, allant de moins de 3 % à Bordeaux, à plus de 85 % à Toulouse[32].
Néanmoins, les résultats confirment l'impact non négligeable sur la santé publique de la concentration d'ozone en zone urbaine.

La vulnérabilité actuelle aux pics de pollution à l'ozone peut donc être qualifiée d'élevée en fonction des zones géographiques.

[32] Relation entre température, ozone et mortalité dans neuf villes françaises pendant la vague de chaleur de 2003 – Analyse commentée de l'article paru dans Environ Health Perspect. 2006 ; 114 :1344-47

L'augmentation des températures moyennes estivales, de la fréquence et de l'intensité des canicules pourrait entraîner une augmentation de la pollution à l'ozone. Cependant, les politiques menées en matière de qualité de l'air permettent d'ores et déjà de réduire les émissions de polluants.
Le vieillissement de la population et l'augmentation possible des populations allergiques pourraient entraîner une augmentation du nombre de personnes exposées à cette pollution. Quoi qu'il en soit, il demeure complexe de prévoir l'évolution de la pollution atmosphérique future, ne serait-ce qu'au regard des politiques menées aujourd'hui quant à l'amélioration de la qualité de l'air et l'atténuation du changement climatique.

21.4. IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LES MALADIES ALLERGIQUES

Les allergies respiratoires se classent à la 4ème position des maladies chroniques à l'échelle mondiale. Parmi elles, les allergies aux pollens concernent 20 % des enfants à partir de 9 ans et 30 % des adultes[33]. Les habitants des zones urbaines y sont particulièrement sensibles.
Les chercheurs ont déjà pu observer des effets liés au réchauffement, tels qu'une augmentation de la période d'exposition aux pollens, liée à une pollinisation plus précoce pour certaines espèces, à un allongement de la période de pollinisation et à une modification de la répartition des végétaux sur le territoire. En outre, l'accentuation de la pollution atmosphérique stresse les plantes qui, en réaction, se mettent à produire davantage de pollens.
Les études épidémiologiques récentes laissent voir une augmentation de la fréquence de l'allergie pollinique, peut-être induite par la pollution atmosphérique. Le pollinose se développerait par augmentation de l'agressivité des pollens sous l'influence des polluants atmosphériques. La pollution agit de plus en plus sur les voies respiratoires en les fragilisant et en les rendant plus réceptives aux pollens.

La pollution atmosphérique stimule les effets des pollens :

- **Elle rend les pollens plus allergènes ;**

- **La sensibilité des individus aux pollens augmente lors des épisodes de pollution ;**

- **Elle peut contribuer à l'accroissement de la période de pollinisation.**

À Antony (ville la plus proche de Châtenay-Malabry), la saison pollinique 2022 s'est étalé de début février à fin août (figure suivante).

[33]https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/air-exterieur/pollens-et-allergies/article/effets-des-pollens-sur-la-sante#:~:text=L'exposition%20de%20la%20population,ann%C3%A9es%20dans%20les%20pays%20industrialis%C3%A9s.

Note : L'histogramme à gauche du calendrier permet de visualiser les proportions des pollens allergisants présents par rapport au total de tous les taxons polliniques confondus.

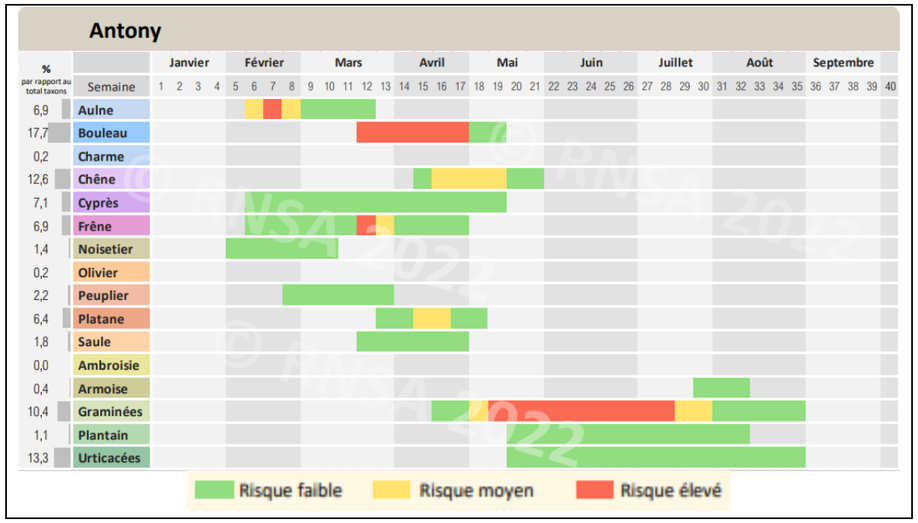


Figure 156 : Calendrier pollinique 2022 à Antony (source : RNSA / République Française / ARS)

Avec le changement climatique, la période de pollinisation pourrait s'allonger davantage.
La concentration atmosphérique en grains de pollen pourrait également s'accroître.
Les professionnels de santé s'attendent dès lors à une hausse du nombre de pathologies, sans qu'il soit possible d'en évaluer l'ampleur : l'Observatoire Régional de la Santé (ORS) porte actuellement un programme de recherche sur le sujet.

La vulnérabilité future des populations est susceptible d'évoluer à la hausse.
Cette vulnérabilité, en milieu urbain, sera notamment fonction du choix des espèces dans le cadre des politiques de végétalisation. L'enjeu majeur consiste à éviter l'aggravation des allergies vers des pathologies plus lourdes, comme l'asthme.

Le tableau immédiatement suivant rappelle les principaux pollens allergisants.

Tableau 79: Principaux pollens allergisants

Potentiel allergisant (0 = nul ; 5 = très fort)								
Arbres								
Cyprès	**Bouleau**	**Chêne**	**Charme**	**Frêne**	**Platane**	**Peuplier**	**Saule**	**Noisetier**
5	5	4	4	4	4	3	3	3
Hêtre	**Olivier**	**Tilleul**	**Aulne**	**Mûrier**	**Châtaignier**	**Orme**	**Pin**	
3	3	3	3	3	2	1	0	
Herbacées								
Graminées (1)	**Ambroisie**	**Armoise**	**Pariétaire**	**Chénopode**	**Plantain**	**Oseille**	**Ortie**	
5	5	4	4	3	3	2	1	

(1) phléole, ivraie, dactyle, paturin

Le Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA) fournit un guide de la végétation en ville afin de planter en se prévenant des risques allergiques et permettre une reconnaissance des espèces allergisantes[34].

21.5. IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES MALADIES INFECTIEUSES ET VECTORIELLES

Toujours à cause du changement climatique, l'exposition aux risques sanitaires liés aux maladies infectieuses et vectorielles pourrait augmenter.
Entre autres, l'augmentation des températures moyennes pourrait en effet créer des conditions favorables à leur implantation et/ou à leur développement.
Le développement de maladies infectieuses dans le cadre d'un évènement de crue extrême est aussi un risque à envisager. Pour ce qui concerne la vulnérabilité future à ces risques sanitaires, elle reste difficile à évaluer. Cela dépendra de plusieurs facteurs, notamment de la capacité régionale d'alerte et de gestion de crise dans le cas d'une épizootie/épidémie, ainsi que des moyens mis en œuvre pour contrôler le développement éventuel d'habitats favorables au développement ou à l'implantation des micro-organismes infectieux ou parasitaires.

Le changement climatique peut impacter la distribution de maladies infectieuses et vectorielles de diverses manières, notamment[35] :

- **Directement, en termes de développement du vecteur et/ou du parasite ;**
- **Indirectement, en termes de distribution et d'abondance des vecteurs ;**
- **Indirectement, à travers des modifications d'ordre socio-économiques susceptibles de modifier le contact homme-vecteur ;**
- **Indirectement ; à travers la modification de la composition des espèces végétales (biotope) et animales (hôtes, réservoirs).**

Par exemple : l'apparition d'*Aedes albopictus* (le 'moustique tigre') sur le territoire métropolitain depuis 2004 (liée à la densification des transports) qui sévit (au 1er janvier 2023) dans 71 des 96 départements métropolitains.

[34] http://www.vegetation-en-ville.org/ (site du RNSA)
[35] Influence du réchauffement climatique sur la propagation des maladies vectorielles et de leurs vecteurs – Centre national d'expertise sur les vecteurs – 23 février 2016

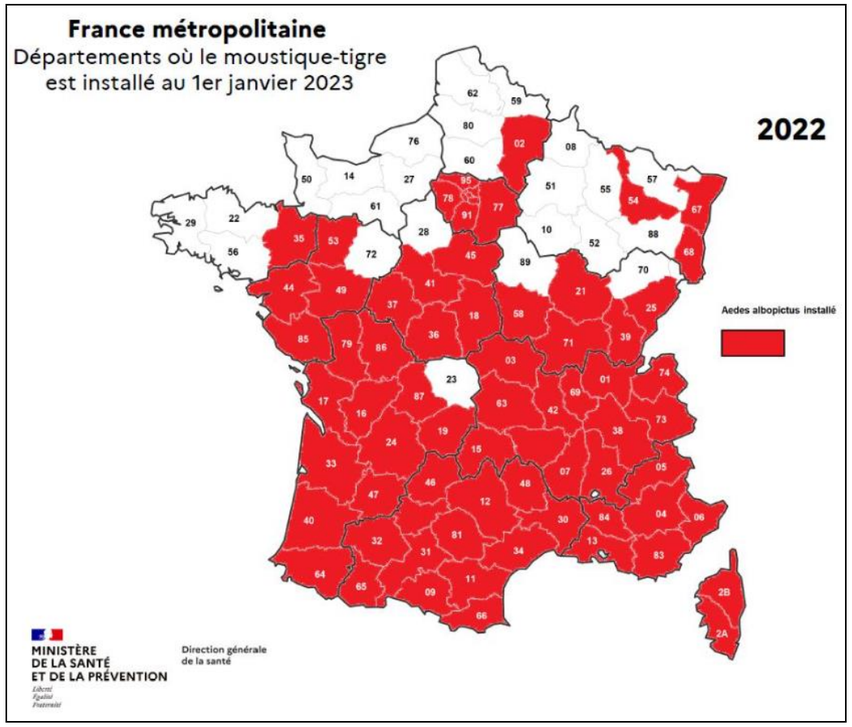


Figure 157 : Carte d'implantation du moustique tigre au 1er janvier 2023 en France métropolitaine

Le moustique tigre est essentiellement urbain. Son caractère anthropophile (qui aime les lieux habités par l'Homme) explique que, une fois installé dans une commune ou un département, il est pratiquement impossible de l'en déloger.

L'implantation du moustique *Aedes albopictus* n'est pas homogène pour chaque département. Fin 2021, l'implantation du moustique tigre a été constatée et confirmée sur 3 934 communes de métropole.

Aedes albopictus est installé durablement et actif dans les Hauts-de-Seine depuis 2017. Au 1er janvier 2022, plus de 40 % des communes du département sont colonisées et plus de 40 % de la population du département est exposée.

Ce moustique est un vecteur de maladies comme la dengue, le chikungunya, le Zika.
Les premiers cas de contamination autochtone des maladies portées par ce moustique en métropole sont apparus en 2010. Plus récemment, un autre type de moustique, très répandu, le *Culex pipiens,* a transmis un autre type de virus : le virus du Nil occidental (West Nile Virus).

Le nombre de cas autochtones certains ou probables est plutôt en augmentation (35 en 2018 ; 19 en 2017 pour 4 en 2010)[36]. Le changement climatique entre en jeu dans l'apparition des cas autochtones, et pas seulement pour des questions de température.
Ainsi, les onze cas autochtones de chikungunya de Montpellier seraient liés aux pluies exceptionnelles de 2014, qui ont provoqué la prolifération des insectes vecteurs de la maladie[37].

Année	Mois	Région	Département	Code dept.	Virus	Nb. Total de cas
2010	sept	PACA	Alpes-Maritimes	06	Dengue	2
2010	sept	PACA	Var	83	Chik.	2
2013	oct	PACA	Bouches-du-Rhône	13	Dengue	1
2014	août	PACA	Var	83	Dengue	1
2014	oct	PACA	Bouches-du-Rhône	13	Dengue	2
2014	sept	PACA	Var	83	Dengue	1
2014	oct	Occit.	Hérault	34	Chik.	12
2015	août	Occit.	Gard	30	Dengue	7
2017	août	PACA	Var	83	Chik.	17
2017	sept	PACA	Alpes-Maritimes	06	West-Nile	2
2018	juil	PACA	Alpes-Maritimes	06	West-Nile	22
2018	août	Occit.	Pyrénées orientales	66	West-Nile	1
2018	sept	PACA	Vaucluse	84	West-Nile	1
2018	août/sept	Corse	Corse du Sud	2A	West-Nile	2
2018	sept	PACA	Bouches-du-Rhône	13	West-Nile	1
2018	sept	Occit.	Gard	34	Dengue	1
2018	sept	Occit.	Hérault	34	Dengue	2
2018	oct	PACA	Alpes-Maritimes	06	Dengue 2	5

Figure 158 : Recensement des cas autochtones de maladies transmises par des vecteurs moustiques

En 2019, en France métropolitaine, 674 cas importés de dengue, 57 cas importés de chikungunya et 6 cas de Zika ont été déclarés. 12 cas autochtones ont été déclarés, 9 cas de dengue (Rhône et Alpes-Maritimes) et 3 cas de Zika (Var)[38].

En 2020, au 27 novembre, ont été confirmés 834 cas importés de dengue (dont 64 % avaient séjourné en Martinique et 23 % en Guadeloupe), 6 cas importé de chikungunya et 1 cas importé de Zika. Plusieurs épisodes localisés de transmission autochtone de dengue ont été identifiés : 13 cas confirmés au total, dont 7 dans les Alpes-Maritimes, 1 dans le Gard ou l'Hérault, 1 dans le Gard, 3 dans le Var, 1 dans l'Hérault[39].

[36] https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/risques-microbiologiques-physiques-et-chimiques/especes-nuisibles-et-parasites/article/cartes-de-presence-du-moustique-tigre-aedes-albopictus-en-france-metropolitaine
[37] https://lejournal.cnrs.fr/articles/moustique-tigre-une-inquietante-invasion
[38] https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/risques-microbiologiques-physiques-et-chimiques/especes-nuisibles-et-parasites/moustiques
[39] https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-a-transmission-vectorielle/chikungunya/articles/donnees-en-france-metropolitaine/chikungunya-dengue-et-zika-donnees-de-la-surveillance-renforcee-en-france-metropolitaine-en-2020

Du 1er mai 2021 au 10 décembre 2021 ont été confirmés en France métropolitaine 164 cas importés de dengue, dont 105 en provenance de la Réunion, 144 cas ont été diagnostiqués dans des départements avec implantation documentée *d'Aedes albopictus* ; 3 cas importés de chikungunya et aucun cas importé de Zika. Un cas autochtone de dengue a été identifié dans le département du Var le 26/07/2021[40].

Du 1er mai au 18 novembre 2022, ont été identifiés en France métropolitaine : 241 cas importés de dengue ; 227 ont été diagnostiqués dans des départements avec implantation documentée d'*Aedes albopictus* ; 20 cas importés de chikungunya ; 3 cas importé de Zika.
Neuf foyers de transmission autochtone de dengue (comptabilisant au total 65 cas) ont été identifiés au 16 octobre 2022 : 1 cas dans les Pyrénées-Orientales, 4 cas dans les Hautes-Pyrénées, 6 cas en Haute-Garonne ; 1 cas dans le Tarn-et-Garonne, 7 cas dans le Var, 44 cas dans les Alpes-Maritimes et 2 cas en Corse[41].
Un cas autochtone d'infection par le virus Usutu a été confirmé en Nouvelle-Aquitaine.

Aucun cas autochtone de maladies portées par ce moustique n'a été recensé sur le territoire de l'Île-de-France jusqu'alors.

21.6. IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES CONCENTRATIONS EN POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

Le projet franco-italien CLIMAERA[42] (2017-2020) sur le territoire ALCOTRA (3 régions italiennes : Piémont, Ligurie, Vallée d'Aoste et 2 françaises : Auvergne-Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur) s'est intéressé à rechercher les meilleures solutions visant à améliorer la qualité de l'air tout en réduisant l'impact sur le changement climatique ainsi que les interactions entre le changement climatique et la pollution atmosphérique.

Les objectifs de ce projet sont les suivants :

- **Évaluer la qualité de l'air entre plusieurs régions françaises et italiennes en tenant compte des changements climatiques ;**

- **Élaborer des préconisations pour diminuer les gaz à effet de serre et polluants, grâce à des scénarios d'émissions à l'horizon 2030 et 2050 et à une hiérarchisation des mesures à prendre en compte. Ces modélisations pourront aider les décideurs politiques de ces territoires à anticiper des actions adaptées (renouvellement des équipements de chauffage et du parc automobile, développement des transports collectifs…) ;**

- **Mieux comprendre les freins du grand public face aux changements des comportements et définir les messages et outils les plus adaptés pour y répondre.**

Les partenaires du projet, face à la thématique du changement climatique, ont fait appel au CMCC (Centre euro-Méditerranéen sur le Changement Climatique) pour modéliser à l'échelle du territoire ALCOTRA, l'évolution des paramètres météorologiques entre 2013, 2030 et 2050. L'étude du CMCC a mis en évidence un réchauffement global de ces régions pouvant aller jusqu'à +2°C en considérant un scénario d'évolution des émissions de gaz à effet de serre optimiste (RCP4.5). Les jours d'enneigement pourraient être réduits jusqu'à 25 jours par an dans le cas du scénario pessimiste sur l'ensemble de la zone alpine.

Ces jeux de données météorologiques ont ensuite permis de modéliser la qualité de l'air en considérant l'évolution des émissions de chaque région.

Il découle de ce projet que la qualité de l'air en 2030 et 2050 devrait s'améliorer par rapport à 2013 avec l'introduction et la mise sur le marché de technologies innovantes et moins polluantes, permettant de réduire d'année en année le bilan des émissions de chaque secteur d'activité.

L'impact du changement climatique a été abordé en comparant deux scénarios d'années météorologiques différentes, mais avec les mêmes émissions atmosphériques 2030 (un scénario « émissions 2030/météo 2013 » et un scénario « émissions 2030/météo 2030 »).
La conclusion tirée est forte : la météorologie de 2030 aura pour effet d'augmenter sensiblement (jusqu'à +5 µg/m^3 sur la moyenne annuelle) les concentrations de particules, notamment sur la région Auvergne-Rhône-Alpes et le Piémont. Ce constat est alarmant car une évolution des gaz à effet de serre "optimiste" (RCP4.5) a été prise en compte pour les scénarios météorologiques. En effet, la hausse des particules serait encore plus importante, si l'évolution des gaz à effet de serre s'avérait moins favorable.

[40] https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-a-transmission-vectorielle/chikungunya/articles/donnees-en-france-metropolitaine/chikungunya-dengue-et-zika-donnees-de-la-surveillance-renforcee-en-france-metropolitaine-en-2021
[41]https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-a-transmission-vectorielle/chikungunya/articles/donnees-en-france-metropolitaine/chikungunya-dengue-et-zika-donnees-de-la-surveillance-renforcee-en-france-metropolitaine-en-2022
[42] Interreg Alcotra ; CLIMAERA ; Rapport final. https://www.climaera.eu/fr/resultats/rapports

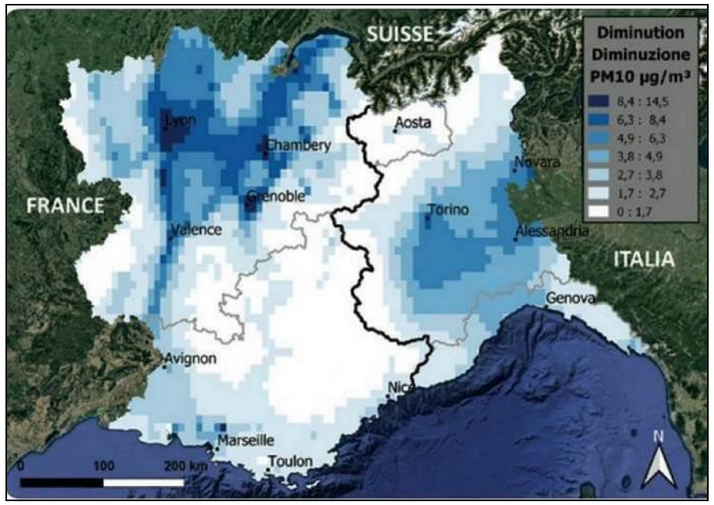


Figure 159 : Impact de la baisse des émissions anthropiques en 2030 sur les concentrations de PM10 par rapport à 2013 (scénario émissions 2030 - scénario émissions 2013) à météo 2013 constante (source : CLIMAERA**)**

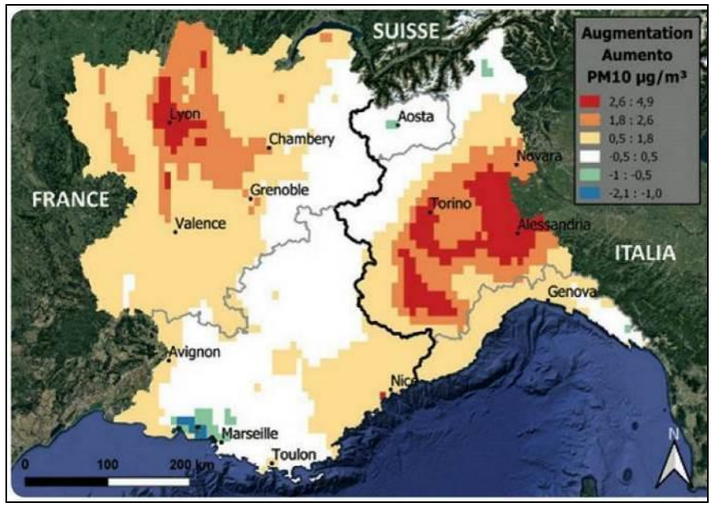


Figure 160 : Impact de la météo future 2030 sur les concentrations moyennes annuelles de PM10 par rapport à 2013 (scénario météo 2030 - scénario météo 2013) à émissions 2013 constantes (source : CLIMAERA**)**

Face à ces résultats, un outil capable de trouver des solutions pour contrebalancer l'impact du changement climatique a été testé. L'outil RIAT+, logiciel développé dans le cadre d'un projet européen antérieur (Programme LIFE), hiérarchise les mesures les plus efficaces pour réduire les concentrations annuelles de particules fines PM10, PM2,5 et/ou de dioxyde d'azote NO_2. Il permet également de répondre aux attentes de collectivités et de décideurs. En effet, chaque action est associée à un coût en euro et à la réduction d'émissions de gaz à effet de serre. Il est possible de sélectionner les meilleures actions réduisant les émissions atmosphériques et de gaz à effet de serre et de visualiser le bénéfice sur la qualité de l'air en 2030. Le chauffage au bois résidentiel et le trafic routier sont visiblement les deux secteurs sur lesquels il convient d'agir pour améliorer au mieux la qualité de l'air dans la plupart des régions partenaires du projet.

22. EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LA FAUNE, LA FLORE, LE SOL ET LES BATIMENTS

22.1. EFFETS SUR LES SOLS

La pollution de l'air a deux effets sur les sols :

- **La contamination des sols avec des substances potentiellement toxiques (les métaux lourds, par exemple) ;**
- **L'acidification des sols.**

La contamination du sol est due à la présence de polluants qui ont été dispersés, puis déposés sur le sol.
Diverses études ont montré que les dépôts de métaux lourds sont plus importants à proximité de la route (5 m à 25 m) et sont approximativement divisés par deux à 100 m de la voie. Ces résultats ont été confirmés par d'autres études portant sur la contamination des végétaux implantés près des voies de circulation. Les résultats indiquent que la contamination en métaux lourds (plomb, cadmium et zinc) est plus importante à proximité de la route (de 0,5 à 10 m) et devient beaucoup plus faible à une distance de 20 m. (Ward, 1994 ; Ylaranta, 1994 ; Malbreil, 1997 ; Garcia & Milan, 1998).

Les principaux effets de l'acidification sur la flore sont dus au dépôt de substances acidifiantes comme, par exemple :

- **Le dioxyde de soufre (SO_2) ;**
- **Les oxydes d'azote (NOx) ;**
- **L'ammoniac (NH_3).**

Les effets de l'acidification varient géographiquement et dépendent d'une combinaison de deux facteurs : la quantité de dépôts (secs et humides) et la sensibilité naturelle du récepteur en question (sol et eau).
L'acidification réduit considérablement la fertilité des sols, en affectant essentiellement leur biologie, en décomposant les matières organiques et en provoquant la perte de substances nutritives. De plus, l'acidification des sols est un facteur déterminant de la libération de cations tels que le fer, l'aluminium, le calcium, le magnésium ou les métaux lourds (présents dans le sol en quantités significatives, mais de façon généralement très peu mobile). Cela a pour effet de réduire le pouvoir tampon des sols (par la décomposition des minéraux argileux) et, partant, de modifier leur capacité à neutraliser l'acidité.
Ce phénomène se produit notamment sur les sols dotés d'un faible pouvoir tampon et constitue un problème grave, car irréversible.
Enfin, l'acidification des sols est étroitement liée à l'acidification de l'eau, qui peut affecter la vie aquatique, les eaux souterraines et l'approvisionnement en eau potable qui y est lié.

22.2. EFFETS SUR LA VEGETATION

La pollution atmosphérique gazeuse et particulaire affecte la végétation.
La pollution gazeuse pénètre dans les plantes par des orifices situés sur les feuilles, les stomates. La plante réagit en fermant ces stomates et en fabriquant des enzymes. L'absorption des polluants entraîne des perturbations au niveau d'un grand nombre de processus physiologiques cellulaires. La plante, pour faire face à ce stress extérieur, y remédie en mettant en place des processus de rétablissement. Si ces processus s'avèrent insuffisants pour réparer ou compenser les dysfonctionnements cellulaires, des dommages apparaissent sur la plante. À fortes doses, ces dommages peuvent être irréversibles et causer des mortalités cellulaires et l'apparition de nécroses foliaires.
La pollution particulaire se dépose sur les sols et est ensuite absorbée par les racines des plantes. Les polluants sous forme soluble sont les plus toxiques car ils sont assimilables par les plantes. Absorbés par les racines, ils peuvent ainsi s'accumuler dans la plante et contaminer la chaîne alimentaire.
Les possibilités d'accumulation des métaux dans les plantes varient en fonction de nombreux paramètres comme, par exemple les propriétés du sol (pH, composition), le type d'élément, le type d'espèce et le type d'organe considérés. Par ailleurs, l'observation de caractéristiques différentes de routes montre que la contamination des sols varie selon la géométrie de l'infrastructure (remblai, déblai) et les conditions climatiques locales.
Les polluants primaires sont peu phytotoxiques. Les effets sur les végétaux sont provoqués essentiellement par la transformation en polluants secondaires :

- **Pluies acides ;**
- **Formation d'ozone beaucoup plus phytotoxique (périodes chaudes).**

Les concentrations en polluants secondaires sont faibles en milieu urbain.
Ainsi, il y a peu d'effets sur la végétation.
En milieu interurbain, les polluants (principalement l'ozone, généré en milieu urbain) se répartissent sur de larges zones. Les concentrations, même à faible niveau, entraînent une réaction de défense des végétaux. Les exploitations agricoles et forestières en subissent directement les conséquences par une diminution de leur rendement.

Ozone (O_3)

L'ozone est un oxydant puissant, qui réagit directement avec les composés chimiques présents à la surface des cellules végétales (parois et membranes).
L'ozone peut entrainer des dégâts foliaires entrainant un vieillissement prématuré des feuilles, et donc une photosynthèse moins longtemps efficace, aboutissant à une diminution de la croissance et de la production des plantes. Cependant, l'impact sur le fonctionnement des plantes reste limité si juste une faible proportion de la surface des feuilles est endommagée.
L'ozone peut également avoir pour conséquence des perturbations du métabolisme sans dégâts apparents, mais qui conduisent à une diminution de la croissance ou de la productivité des cultures :

- **Réduction de la photosynthèse ;**
- **Augmentation de la respiration : une partie des sucres élaborés par la photosynthèse est consommée par la respiration pour fournir l'énergie nécessaire à la réparation des tissus abîmés par l'ozone.**

Particules en suspension (PM)

Les effets des poussières sur les écosystèmes sont encore assez peu connus.
Cependant, il est possible de citer plusieurs effets directs des particules sur la végétation :

- **Blocage des échanges gazeux ;**
- **Dégradation ou abrasion de la cuticule ;**
- **Diminution de la photosynthèse ;**
- **Développement d'organismes pathogènes, comme les champignons.**

Cela peut engendrer du stress sur les plantes, se traduisant par exemple par la multiplication des feuillaisons des arbres.
Les cultures maraîchères, fruitières et fourragères sont les plus exposées et présentent plus de risque de transfert vers l'animal et l'Homme. Par ailleurs, les céréales sont relativement protégées par leur enveloppe.
La majorité des poussières ne présente qu'une contamination de surface qui peut être diminuée par le lavage des aliments. Néanmoins, les particules peuvent également avoir une action sur le milieu, notamment par l'eau et le sol. Ainsi, certains polluants, comme les métaux lourds, peuvent être assimilés par les racines des plantes et transmis aux parties comestibles.

Au niveau physiologique, les métaux lourds peuvent être divisés en deux groupes :

- **Les éléments nécessaires au métabolisme, qui peuvent devenir toxiques en excès (Le zinc, par exemple) ;**
- **Les éléments non nécessaires (comme le plomb ou le cadmium) qui sont toxiques même à de faibles concentrations.**

Dioxyde d'azote (NO_2)

Le dioxyde d'azote présente également des effets sur divers écosystèmes.
Chaque écosystème possède des caractéristiques propres (notamment le type de sol) qui déterminent la vulnérabilité de ce dernier aux apports d'azote.
Dans les écosystèmes pauvres en élément nutritifs, l'apport d'azote modifie la compétition entre les espèces, au détriment des espèces adaptées aux substrats pauvres. D'importants changements sont ainsi observés dans la composition des espèces lorsque le milieu se sature peu à peu d'azote.
On peut également noter la modification du rapport partie 'aérienne'/partie 'racinaire' des plantes.
Les surfaces de captation des eaux (racines) diminuent par rapport aux surfaces de transpiration (feuilles). Cela entraîne une augmentation de la sensibilité à la sècheresse et au froid de la plante, avec par conséquent une réduction de la croissance de la plante (et par extension, une réduction de rendement s'il s'agit de plantes agricoles).

Impact de la pollution atmosphérique liée au trafic routier sur la végétation

Dans la réglementation française, deux polluants (en sus de l'ozone) ont un niveau critique mentionné pour la protection de la végétation.
Il s'agit des NOx avec un niveau critique à 30 µg/m^3 (exprimé en équivalent NO_2) en moyenne annuelle et du SO_2 avec un niveau critique à 20 µg/m^3 en moyenne annuelle et hivernale.

Les tableaux qui vont suivre présentent les résultats des modélisations pour l'ensemble des situations et horizons, concernant les polluants visés.

En ne considérant que les émissions liées au trafic routier du réseau d'étude :

-Pour le SO_2 : quels que soient l'horizon et la situation, le niveau critique pour la protection de la végétation est respecté sur l'intégralité de la zone d'étude.

-Pour les NOx : pour la situation actuelle 2020 et pour les situations 'Fil de l'eau' et 'Projet' 2037, les concentrations maximales dépassent le niveau critique pour la protection de la végétation sur la zone d'étude. Ce qui n'est pas le cas pour les différents scénarios à l'horizon 2057.

Tableau 80 : Résultats des modélisations pour les oxydes d'azote – moyenne annuelle

NOx (µg/m³) Moyenne annuelle en équivalent NO_2	Niveau critique pour la protection de la végétation			30 µg/m³ en moyenne annuelle	
	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
ZONE ETUDE - MAX	117,86	31,69	31,70	20,37	20,37
CENTILE 90	17,90	4,84	4,86	3,11	3,18
CENTILE 80	9,24	2,62	2,82	1,69	1,81
CENTILE 70	6,95	1,92	1,97	1,24	1,27
CENTILE 60	5,70	1,63	1,69	1,06	1,09
CENTILE 50	4,90	1,36	1,42	0,88	0,92
Nota Bene	*Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis*				

Niveau critique dépassé Niveau critique respecté

Tableau 81 : Résultats des modélisations pour le dioxyde de soufre – moyenne annuelle

SO_2 (µg/m³) Moyenne annuelle	Niveau critique pour la protection de la végétation			20 µg/m³ en moyenne annuelle et hivernale	
	2020 Actuel	2037 Fil de l'eau	2037 Projet	2057 Fil de l'eau	2057 Projet
ZONE ETUDE - MAX	0,37	0,48	0,48	0,54	0,54
CENTILE 90	0,06	0,08	0,08	0,09	0,09
CENTILE 80	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05
CENTILE 70	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04
Nota Bene	*Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis*				

Niveau critique dépassé Niveau critique respecté

22.3. EFFETS SUR LA FAUNE

Les animaux, ou la faune, ne sont pas immunisés contre l'effet de la pollution atmosphérique. Les polluants préoccupants comprennent les pluies acides, les métaux lourds, les polluants organiques persistants (POP) et d'autres substances toxiques. (Source : gouvernement Canada).

Pour mieux comprendre cet effet, il est important de se rappeler que les animaux comprennent une grande variété d'espèces, comme les insectes, les vers, les mollusques, les poissons, les oiseaux et les mammifères, dont chacune interagit différemment avec son milieu. Par conséquent, l'exposition et la vulnérabilité de chaque animal aux effets de la pollution atmosphérique peuvent aussi être différentes.

La pollution atmosphérique peut être préjudiciable à la faune de deux principales façons.
Elle :

- **Détériore la qualité de l'environnement ou de l'habitat où les animaux vivent**
- **Diminue la disponibilité et la qualité de l'approvisionnement alimentaire**

- Effets de la pollution atmosphérique sur la qualité de l'habitat

Les animaux vivent sur et dans le sol aussi bien que dans l'eau. Ils doivent aussi respirer de l'air en utilisant des poumons, des ouïes ou une autre forme d'échange gazeux, comme la diffusion passive à travers la surface de la peau. Toutes ces conditions influent sur la vulnérabilité d'un animal aux effets de la pollution atmosphérique.

Les pluies acides peuvent modifier la composition chimique et la qualité du sol et de l'eau. Par exemple, les plans d'eau peuvent devenir trop acides pour que certains animaux puissent y survivre ou avoir des fonctions physiologiques normales. Les pluies acides peuvent aussi accroître la lixiviation des métaux lourds présents dans le sol, comme l'aluminium, dans les habitats aquatiques, ce qui augmente la disponibilité dans la colonne d'eau des métaux lourds comme l'aluminium et le mercure, qui sont très toxiques pour de nombreux animaux, y compris les poissons.

Certains métaux lourds, comme le mercure, peuvent être transportés dans l'atmosphère très loin de leurs sources d'émission.

Bien qu'elles ne soient pas aussi bien connues, d'autres formes de pollution atmosphérique, comme le Smog, les particules et l'ozone troposphérique, détériorent la santé de la faune de la même façon que la santé humaine, et produisent des effets sur les poumons et le système cardiovasculaire.

- Effets de la pollution atmosphérique sur l'approvisionnement et la qualité alimentaire

Bon nombre de métaux lourds, de substances toxiques, de polluants organiques persistants (POP) et d'autres polluants atmosphériques sont nocifs pour la faune en entrant dans la chaîne trophique et en influant sur l'approvisionnement et la qualité alimentaires.

Une fois consommés, bon nombre de ces polluants s'accumulent et s'emmagasinent dans les tissus des animaux. Lorsque les animaux sont mangés par d'autres animaux de la chaîne trophique, ces polluants continuent de s'accumuler et d'accroître leur concentration. Ce processus est appelé la bioaccumulation. Les prédateurs du haut de la chaîne, comme les ours et les aigles entre autres, sont particulièrement vulnérables à la bioaccumulation de ces types de polluants atmosphériques.
Par exemple, le mercure est tellement préoccupant qu'il est recommandé de réduire la fréquence à laquelle nous mangeons certains types de poissons en raison de la quantité de ce métal lourd qui peut se retrouver dans leur chair.

Ces polluants atmosphériques peuvent être toxiques pour les animaux en perturbant leur fonction endocrinienne, en endommageant leurs organes, en accroissant leur vulnérabilité au stress et à la maladie, en diminuant leur chance de reproduction et en causant éventuellement leur mort.

Les changements dans l'abondance d'une espèce, causés par la pollution atmosphérique peuvent grandement influer sur l'abondance et la santé des espèces dépendantes. Par exemple, la perte de certaines espèces de poissons due à l'augmentation des concentrations d'aluminium peut permettre aux populations d'insectes de s'accroître, ce qui peut être avantageux pour certains types de canards qui se nourrissent d'insectes, mais cette perte peut être préjudiciable aux aigles, aux balbuzards pêcheurs et à bon nombre d'autres animaux qui comptent sur le poisson pour s'alimenter.

Il s'avère très complexe de bien comprendre et déterminer dans quelle mesure et de quelle façon ces changements toucheront d'autres espèces de l'écosystème.

- En bref

La pollution de l'air affecte également la faune : déclin de certaines populations pollinisatrices, difficultés de certaines espèces à se reproduire ou à se nourrir.
Elle modifie la physiologie des organismes, l'anatomie et les caractéristiques du biotope et des populations.

22.4. EFFETS SUR LES BATIMENTS

Depuis plus de deux siècles, le grand développement des industries, des transports et du chauffage a entraîné d'importantes émissions dans l'atmosphère de composés soufrés, azotés et carbonés. Ces composés sont soit gazeux (SO_2, NOx, CO, CO_2 ...), soit particulaires (cendres volantes et suies). Soumis au fil des ans à leur action, les matériaux des façades, essentiellement la pierre, le ciment et le verre, se détériorent. (Source : Airparif)

L'observation d'un bâtiment ou d'une statue révèle l'ampleur de cette dégradation physique et esthétique attribuée au dépôt et à l'accrochage de poussières noirâtres. Ainsi, sur une même façade, coexistent des zones sombres et des zones claires. Les premières, abritées de la pluie, sont couvertes d'une fine pellicule de suies associées à une faible quantité de sulfates et de carbonates. A l'inverse, les zones claires, frappées par la pluie ou parcourues par des ruissellements d'eau, offrent l'aspect d'un matériau nu, lavé ou même érodé : les particules déposées entre deux pluies ont été évacuées, ainsi que les sulfates et les carbonates qui auraient pu se former. Si les zones sombres sont anciennes et n'ont pas été nettoyées depuis quelques décennies, elles comportent non pas des pellicules fines mais des croûtes noires épaisses très sulfatées et contenant des cendres volantes. Ces croûtes épaisses se sont formées à une époque où la pollution par le dioxyde de soufre était importante.
La répartition de ces zones sombres et claires sur une même façade répond à une logique simple : les parties hautes du bâtiment, plus fréquemment atteintes par la pluie, comportent une majorité de zones claires, tandis que ses parties basses, soumises plus directement aux émissions du trafic automobile, comportent une majorité de zones sombres. Vers la base des murs, le jeu croisé de la pollution atmosphérique, de la pluie, des remontées à partir du sol d'eau chargée de sels, et la plus ou moins grande fragilité de la pierre liée à sa composition et à sa porosité, amène la formation d'un puzzle de petites taches noires, grises et blanches dues au détachement périodique de petites écailles aux contours sinueux.

La surface de tous les matériaux peut se couvrir de suies noires : pierre, plâtre, ciment, béton, verre, vitrail, brique, céramique, bois, plastique, métaux... mais seuls ceux qui comportent des carbonates peuvent se sulfater en profondeur car le SO_2 les transforme facilement : c'est le cas des calcaires et des grès calcareux.

Le verre des fenêtres et des façades de beaucoup de grands immeubles contemporains est chimiquement stable du fait de sa composition (silicium, calcium et sodium) : la pluie, même acide, l'altère très peu en profondeur. En revanche, sur les zones qu'elle lave, elle laisse des traces blanchâtres ou grisâtres qui le rendent flou ; sur les zones qu'elle n'atteint pas, des dépôts de suies noires se développeraient rapidement si des nettoyages réguliers ne les empêchaient de se former.

Le cas des vitraux anciens est plus préoccupant : de composition différente de celle des vitres modernes (silicium, calcium et potassium), ils sont facilement attaqués chimiquement par la pluie, jusqu'à être profondément corrodés, voire troués. Dans les zones situées à l'abri de la pluie, des dépôts de suies noires se forment et demeurent en place, car on ne nettoie pas régulièrement les vitraux, sauf lors de grandes campagnes de restauration, rares et très coûteuses.

23. QUALITE DE L'AIR INTERIEUR

23.1. PRESENTATION

Le projet prévoyant la création de logements, la problématique de la pollution de l'air intérieur dans les habitations est donc un sujet à prendre en considération. En effet, en France, une personne passe en moyenne 80 à 90 % de son temps en milieu clos, que ce soit en habitat, au travail ou dans les transports. Chaque année en France, la pollution de l'air intérieur est responsable du décès d'environ 20 000 personnes et engendre un coût socio-économique évalué à 19,5 milliards d'euros[43]. Aussi, la question de la qualité de l'air intérieur est un sujet faisant l'objet de plus en plus d'études sanitaires et scientifiques.

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

L'origine de ces polluants est multiple. En effet, certains polluants proviennent de l'interaction avec l'air extérieur, mais la plupart sont émis à l'intérieur même des bâtiments, que ce soit par les équipements, les matériaux de construction ou les activités humaines.
La pollution de l'air intérieur peut avoir des effets sur la santé plus ou moins graves : toux, céphalées, irritation des yeux et de la gorge, fatigue, nausées, cancer.

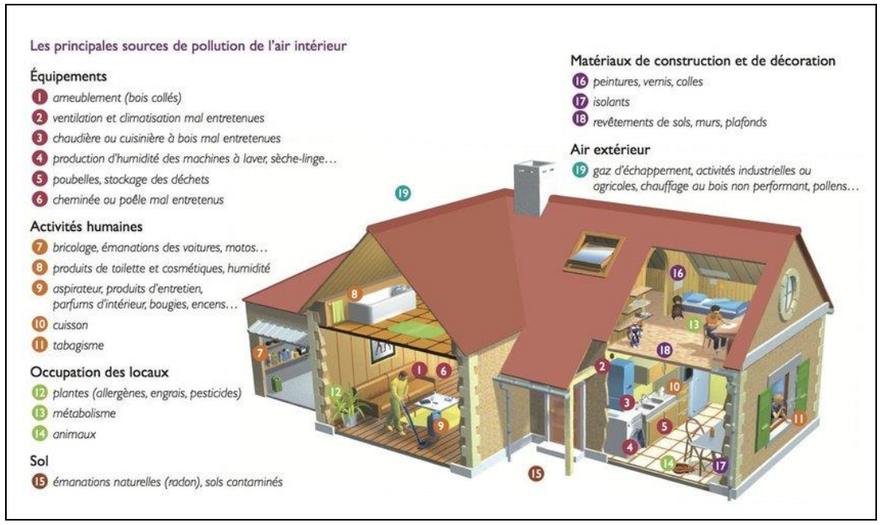


Figure 161 : Principales sources de pollution de l'air intérieur en habitat (source : Ademe)

[43] ANSES (avril 2014) « *Étude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur* »

23.2. POLLUANTS

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

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

Les **oxydes d'azote** (NOx) sont une famille de gaz formés d'azote et d'oxygène, comprenant principalement le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2). Émis lors de combustions à haute température, la pollution intérieure provient essentiellement des appareils de chauffage ou de production d'eau chaude, des gazinières, du tabagisme ou de la circulation automobile (transfert de la pollution extérieure à l'intérieur des bâtiments).

Les **Composés Organiques Volatils** (COV) sont des substances pouvant facilement se trouver sous forme gazeuse dans l'atmosphère. Ils correspondent à plusieurs familles chimiques : alcanes, alcènes, aldéhydes, cétones, esters, alcools, terpènes…
Les sources intérieures de COV sont les activités humaines (tabagisme, produits d'entretien, bricolage, utilisation de bougies, d'encens…), les matériaux de construction, l'ameublement (vernis, peinture, colles…) et les équipements (imprimantes, appareils de chauffage…).

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

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

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

23.3. RECOMMANDATIONS

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

Le taux d'humidité est un facteur important de la pollution de l'air intérieur. Un air trop humide tend à favoriser le développement de moisissures et bactéries dont les spores et toxines peuvent affecter la santé, tandis qu'un air trop sec fragilise les muqueuses respiratoires et les rend plus sensibles à la pollution. L'OQAI recommande un taux d'humidité relative compris entre 40 et 60 % pour une température de 18 à 22°C.
Il est donc conseillé de maintenir une humidité aux alentours de 50 %, dans un premier temps par une bonne ventilation des locaux, et dans un second temps par l'installation d'un humidificateur ou déshumidificateur d'air.

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

Figure 162 : Étiquette des émissions en polluants volatils des produits de construction et de décoration

L'emploi de produits d'entretien doit respecter les dosages et les consignes d'utilisation indiquées sur l'étiquette et stockés, flacon fermé, dans une zone ventilée.
Les appareils de combustion (chauffage et gazinière) doivent être entretenues et vérifiées périodiquement.
Enfin, le tabagisme, ainsi que l'utilisation de bougies, d'encens et de parfums d'intérieur est déconseillé.

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

24. MESURES D'EVITEMENT, DE REDUCTION ET DE COMPENSATION DES IMPACTS

Concernant les secteurs résidentiel et tertiaire, la construction de bâtiments économes en énergie permet de minimiser les émissions par une moindre consommation. De plus, les modes de chauffage et de production d'eau chaude fonctionnant sans combustion permettent de réduire considérablement les émissions atmosphériques locales.

La **pollution atmosphérique** dans le domaine **des transports** est une nuisance pour laquelle **il n'existe pas de mesures compensatoires quantifiables**. Cependant, pour le transport routier, les améliorations des motorisations et des systèmes épuratifs, la généralisation de la norme Euro 6 (voire 7 dans quelques années) associée au renouvellement du parc roulant vont permettre une diminution des émissions, et donc une amélioration de la qualité de l'air.

Concernant les horizons à long terme (postérieurs à 2030), il est vraisemblable d'envisager que les émissions de polluants atmosphériques liées au transport puissent baisser de manière encore plus importante en fonction de plusieurs leviers tels que :

- **L'évolution de la législation sur les transports : vote du 08 juin 2022 du Parlement européen interdisant les ventes de véhicules à énergies fossiles carbonée à l'horizon 2035 (sachant qu'en 2020 ces derniers [motorisations 100 % essence ou diesel] représentent encore 54 % des ventes[44] de véhicules neufs ; 74 % si l'on inclus les motorisations hybrides essence et hybrides diesel) ou encore le développement des zones environnementales type ZFE (Zones à Faibles Émissions) imposant des restrictions de circulation pour certains véhicules.**

- **L'innovation sur de nouveaux modes de transport : de nombreux projets ou déploiements de technologies déjà existantes voient le jour, que ce soit pour le transport individuel ou collectif, afin de renouveler et révolutionner les mobilités dans le futur. Il est possible de citer :**

  - Le déploiement des véhicules électriques à batteries ou à pile à combustibles (hydrogène) et les projets de logistique du dernier kilomètre avec le projet ESPRIT (quadricycles électriques en autopartage emboitables et attelables pour former des trains routiers).
  - Les trains à sustentation magnétique tels que le Transrapid de Shanghai, le Linimo au Japon déjà en circulation.
  - Les capsules taxi autonomes à sustentation magnétique telles que le projet SkyTran.
  - Des capsules suspendues sur rails à propulsion humaine (par pédaliers) telles que le projet Shweeb.
  - Les « vactrain » tel que Hyperloop ou Transpod fonctionnant sur coussin d'air dans des tubes sous pression réduite : de nombreux projets ont été imaginés en France. Des projets similaires existent également pour le transport de marchandises en souterrain.
  - Les téléphériques urbains à vocation de transport en commun et non juste de desserte de sites touristiques, tels que Métrocable à Medellín, le téléphérique de Brest (800 000 personnes par an) ou de Toulouse déjà en fonctionnement. À Toulouse, la mise en service a eu lieu en mai 2022. Ce métrocable comporte 3 stations et desservira en 10 min un trajet nécessitant 40 min de voiture. Le projet de l'agglomération de Grenoble a été validé le 20 février 2020 et verra le jour en 2023. Ce téléphérique urbain reliera les communes de Fontaine et de Saint-Martin-le-Vinoux en survolant la rivière du Drac et l'autoroute A80.
  - Le développement des transports individuels en free-floating (vélos, trottinettes).
  - Concernant le transport maritime, des projets de bateaux au GPL et force des vents (coque ou voile gigantesque) ou encore solaires voient le jour tels que Vindskip, Efuture 13000C, Skysails.
  - Le transport aérien voit des projets d'avions modulables avec Clip-Air ou d'avion solaire (Solar Impulse), des projets reprenant le principe du dirigeable tels que SolarShip, Aeros.
  - Les projets d'hoverboard (skate en lévitation) utilisant le principe de supraconductivité tels que Magsurf ou Slide.

- **L'évolution des pratiques personnelles de transport :**

  - Déploiement des véhicules gyroscopiques roulant électriques monoplace (gyropode, gyroroue, gyroskate).
  - L'augmentation de la part modale du vélo (électrique ou non) en zone urbaine, la part modale augmentant de l'ordre de 10 % à 35 % par an dans les grandes villes françaises (source : ADEME).
  - L'utilisation importante du free-floating.

À l'égard de l'ensemble de ces projets, déjà en service ou en développement, visant la réduction du transport routier individuel, il est plausible d'envisager que dans le futur long terme, la mobilité telle que nous la connaissons aujourd'hui soit révolutionnée et que les émissions polluantes liées à la combustion des véhicules thermiques diminuent fortement et plus drastiquement que dans les perspectives actuelles.

En tout état de cause, plusieurs types de mesures peuvent être mis en place afin de minimiser l'exposition des populations à la pollution atmosphérique.

[44] http://carlabelling.ademe.fr/chiffrescles/r/venteParTypeEnergie

24.1. MESURES D'EVITEMENT

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

24.2. MESURES DE REDUCTION

Lorsque les mesures d'évitement ne peuvent être instaurées, il est alors nécessaire de faire appel à des mesures de réduction afin de limiter au maximum les situations à risque pour les populations.

Éloignement

L'éloignement consiste à installer les populations à distance des sources d'émissions, et particulièrement les populations sensibles pour réduire autant que possible leur exposition aux polluants atmosphériques.
Les sources routières doivent faire l'objet d'une attention particulière, car elles représentent une part importante des émissions de polluants (en moyenne en France, plus de 55 % pour le dioxyde d'azote et entre 15 et 20 % pour les PM10 et PM2,5).
Les mesures d'éloignement vis-à-vis des sources routières peuvent être mises en œuvre en imposant, par exemple, un retrait des constructions par rapport à la voie. Un foncier suffisant est alors nécessaire, mais le gain attendu, en termes d'exposition des personnes, peut rapidement se montrer important.

Adaptation de la morphologie urbaine

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

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

Recommandations constructives sur les bâtiments et gestion du bâtiment au quotidien

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

Pour limiter la pénétration de la pollution provenant de l'extérieur dans les bâtiments, il est possible d'agir, par exemple, sur :

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

24.3. AMENAGEMENTS DU TERRITOIRE

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

À l'échelle d'un aménagement, plusieurs paramètres exercent une influence sur l'exposition des populations et sur la dispersion des polluants :

- **La présence d'obstacles verticaux obstrue les flux d'air, mais peut aussi être mise à profit *via* des bâtiments « masques », par exemple, pour protéger des espaces vulnérables et/ou sensibles de voies au trafic soutenu.**

- **La présence d'obstacles horizontaux influence fortement la vitesse du vent en fonction des inégalités de hauteur de la canopée urbaine.**

- **Les configurations « en canyon » bloquent le flux d'air et limitent la ventilation.**

- **La complexité des rues et leur obstruction (rapport entre l'écartement des immeubles et leur hauteur) sont des facteurs aggravants.**

Les espaces ouverts (Nature en ville, parcs, jardins, voire espaces agricoles et naturels) permettent la circulation de l'air et la dispersion des polluants, contrairement à des bâtiments accolés les uns aux autres.
Ils peuvent aussi représenter un potentiel de fixation des polluants atmosphériques. L'impact sur la fixation ou la dispersion des polluants diffère selon les types de végétalisation et selon les espèces végétales et sont à considérer dans le choix des espèces :

- **Les toitures végétales captent les particules fines.**

- **Les parcs et forêts urbains contribuent à la réduction des particules en suspension et autres polluants (dioxyde de soufre, dioxyde d'azote…). Selon les travaux conduits au sein du Laboratoire Image-Ville-Environnement de l'Université de Strasbourg, la végétation permet une réduction des niveaux de concentrations de l'ordre de 0,4 % pour le NO_2 et de 1 % pour les PM10.**

- **La végétation en bordure de route capte une partie des émissions liées à la circulation routière.**

- **Les alignements d'arbres ont une capacité de captation mais limitent la ventilation des rues et la dispersion des polluants (notamment dans les rues « canyons » et/ou si le ratio entre le volume des arbres et le volume total de la rue est trop élevé).**

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

24.4. LUTTE CONTRE LES ILOTS DE CHALEUR URBAINS

Avec le réchauffement climatique, les vagues de chaleur devraient s'intensifier significativement en Europe dans les décennies à venir. Pour contrecarrer le phénomène des îlots de chaleur urbains, plusieurs solutions sont envisagées : de l'aménagement des espaces verts à l'arrosage des chaussées, en passant par la mise en œuvre de revêtements adaptés.
En effet, augmenter la couverture végétale au sol permet de rafraîchir plus efficacement les rues. Cet effet de rafraîchissement est d'autant plus efficace que la surface végétalisée est importante et que la proportion d'arbres est élevée. Selon les stratégies, on peut obtenir une baisse de 0,5°C à 2°C. La combinaison de végétation maximale permet d'atteindre jusqu'à -3°C localement[45].

[45] Modélisation de la végétation urbaine et stratégies d'adaptation pour l'amélioration du confort climatique et de la demande énergétique en ville, C. De Munck, 2013.

25. CONCLUSION DE L'ANALYSE DES IMPACTS

Ce chapitre a traité l'analyse des impacts relative au projet de rénovation urbaine de la Cité Jardin de Châtenay-Malabry, sur le territoire de la commune de Chatenay-Malabry (Hauts-de-Seine/92).

L'analyse des impacts a été conduite en prenant pour cadre la Note technique NOR : TRET1833075N du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières, en l'adaptant au contexte d'aménagement urbain.

Des établissements vulnérables à la pollution atmosphérique (crèches, écoles maternelles, élémentaires et primaires, EHPADs et hôpitaux/foyers) sont recensés en l'état actuel sur la zone d'étude. La programmation inclut des bâtiments liés au secteur résidentiel (rénovation urbaine) et aux activités tertiaires (création ou restructuration d'équipements publics).

Le projet d'aménagement va générer des émissions atmosphériques lors des phases :

- **Chantier ;**
- **Exploitation.**

Les bâtiments créés respecteront *a priori* la RE2020 (applicable à partir de *janvier 2022* pour les bâtiments à usage d'habitation et de *juillet 2022* pour les bâtiments à usage de bureaux et d'enseignement primaire et secondaire ; pour les autres constructions de bâtiments (hôtels, commerces, gymnase, université, hospitalier, restaurant, etc.), le décret contient de manière inchangée les exigences de la réglementation thermique 2012 (un futur décret introduira les exigences de la RE2020 pour ces bâtiments). Le principal objectif est de ramener la performance énergétique de tous les bâtiments construits « après 2020 » à énergie positive. Ainsi, les émissions polluantes liées aux bâtis devraient être restreintes.
Les émissions liées au bâti s'avèreront ainsi minimes, comparé aux autres sources d'émissions déjà présentes, en particulier la circulation automobile.

La réalisation du projet d'aménagement va induire une hausse globale des trafics sur le réseau d'étude, en moyenne journalière annuelle, comparativement aux trafics en situations actuelle 2020 et 'Fil de l'eau' (2037 et 2057).
Pour mémoire, au niveau des lieux vulnérables existants et de l'emprise projet, les concentrations calculées (en ne considérant que les émissions des brins du réseau d'étude) aux horizons futurs 2037 et 2057 (situation 'Fil de l'eau' et 'Projet') sont inférieures aux normes règlementaires pour les polluants faisant précisément l'objet d'une règlementation. Et cela même en les cumulant aux concentrations de fond (moyennes annuelles 2021) relevées au niveau de la station AirParif (« Vitry-sur-Seine » ; typologie : fond urbain) la plus proche du projet, pour le dioxyde d'azote et les particules.

Aux horizons futurs 2037 et 2057, les teneurs maximales modélisées sur la zone d'étude diminuent pour les principaux polluants émis à l'échappement par rapport à la situation actuelle 2020 (sauf SO_2 - pour lequel les concentrations maximales augmentent). Cela étant corrélé avec les **améliorations des motorisations et des systèmes épuratifs,** ainsi qu'à l'**application des normes Euro** et au **développement des véhicules hybrides/électriques,** combinées au **renouvellement du parc roulant** (diminution de la proportion des véhicules thermiques en faveur des motorisations non carbonés couplée à la diminution des véhicules non classés et des classes anciennes des normes Euro dans la part des véhicules thermiques demeurant en circulation)**. Et ce, malgré l'augmentation globale des volumes de trafic, en situations 'Fil de l'eau' et 'Projet' (pour les deux horizons),** par rappo**rt** à la situation actuelle.

Les polluants émis également par l'abrasion voient quant à eux leurs teneurs maximales sur la zone d'étude diminuer de manière moins importante (particules et benzo(a)pyrène), voire augmenter du fait de la hausse de trafic (métaux).

Les **impacts du projet** sont, ***par rapport** à la **situation 'Fil de l'eau' correspondante*** **:**

- **Pollution atmosphérique : une légère augmentation (voire une variation négligeable) des concentrations maximales en polluants est observée sur la zone d'étude (environ +0,02 % en 2037 et 2057 ; en moyenne sur les polluants réglementés). Les hausses maximales de concentrations sont situées majoritairement au niveau de la D986 et des voies reliées à celle-ci mais demeurent faibles en valeurs absolues.**
- **Enjeux populationnels (lieux vulnérables existants / habitants [emprise projet]) : il est constaté une légère hausse des concentrations en polluants au niveau des lieux vulnérables existants, ainsi que sur l'emprise projet.**

L'évaluation quantitative des risques sanitaires n'a pas mis en évidence de risques sanitaires significatifs pour les teneurs, les situations (actuelle, future avec ou sans projet), les voies et les durées d'exposition considérées, pour l'ensemble des scénarios d'exposition construits (Enfant en bas âge, écolier, personne âgée, personne malade, enfant et résident).
Aucun impact sanitaire significatif lié à la réalisation du projet d'aménagement, aux horizons 2037 et 2057, n'est remarqué au droit des lieux vulnérables existants et des résidents de la zone d'étude, comparativement à la situation 'Fil de l'eau' correspondante, au vu des scénarios d'exposition construits (différences négligeables pour les valeurs des indicateurs sanitaires entre les situations 'Projet' et 'Fil de l'eau'). Les indicateurs sanitaires calculés pour les résidents de l'emprise projet sont très inférieurs aux seuils.
De plus, les indicateurs sanitaires diminuent aux horizons 2037 et 2057 comparativement à la situation actuelle 2020.

En définitive, la réalisation du projet de « rénovation de la cité jardin de Châtenay-Malabry » comparativement à la situation 'Fil de l'eau' correspondante, n'est pas de nature à exercer d'impact significatif ni sur la qualité de l'air au niveau des lieux vulnérables existants et des habitations du projet, ni sur la santé des populations de la zone d'étude.

Le tableau suivant synthétise les impacts du projet.

THÈMES	Incidences projet
PHASE TRAVAUX	À ce jour, la durée prévisionnelle des travaux sur l'ensemble du quartier n'est pas connue. Il n'est donc pas possible d'estimer la quantité de poussières totales, émises pendant la phase travaux.
VEHICULES-KILOMETRES	D'après les hypothèses considérées, sur le réseau d'étude, par rapport à la situation 'Fil de l'Eau' correspondante, le projet induit une légère évolution des indices VK Tous Véhicules de +1,1 % en 2037 et en 2057. Sur le réseau d'étude, par rapport à la situation actuelle 2020, les indices VK Tous Véhicules augmentent légèrement en situation 'Fil de l'Eau' (+1,2 % en 2037 et en 2057) et 'Projet' (+2,3 % en 2037 et en 2057).
CONSOMMATION DE CARBURANT	En lien avec la hausse des VK, par rapport à la situation 'Fil de l'Eau' correspondante, le projet induit une légère évolution des consommations énergétiques de +1,1 % en 2037 et en 2057, sur le réseau d'étude. Par rapport à la situation actuelle 2020, la consommation de carburant sur le réseau d'étude diminue en situation 'Fil de l'Eau' (-3,3 % en 2037 ; -6,5 % en 2057) et 'Projet' (-2,3 % en 2037 ; -5,5 % en 2057).
ÉMISSIONS POLLUANTES	Par rapport à la situation 'Fil de l'eau' correspondante, la réalisation du projet induit une évolution des émissions de polluants atmosphériques de +1,3 % en 2037 et en 2057 (moyenne tous polluants confondus considérés dans cette étude). Les émissions de polluants (moyenne tous polluants confondus considérés dans cette étude) diminuent aux horizons futurs 2037 et 2057 par rapport à la situation actuelle 2020 (Horizon 2037 : Fil de l'eau -33,5 % ; Projet -32,6 %. Horizon 2057 : Fil de l'eau -26,9 % ; Projet -26,1 %) en lien avec le renouvellement du parc automobile et les améliorations technologiques des véhicules (diminution de la proportion des véhicules thermiques en faveur des motorisations non carbonés couplée à la diminution des véhicules non classés et des classes anciennes des normes Euro dans la part des véhicules thermiques demeurant en circulation), et ce, malgré la hausse des VK.
CONCENTRATION DANS L'AIR AMBIANT	D'après les hypothèses considérées, les concentrations maximales annuelles en polluants atmosphériques modélisées sur la zone d'étude (moyenne sur les polluants réglementés) évoluent par rapport à la situation 'Fil de l'eau' correspondante de +0,02 % en 2037 et en 2057, avec la réalisation du projet. Les hausses maximales de concentrations sont enregistrées au niveau de la D986 et des voies de circulation reliées à celle-ci. Il est important de retenir que ces hausses sont très localisées. Par ailleurs, en comparaison avec la situation actuelle 2020, les teneurs maximales sur la zone d'étude (moyenne sur les polluants réglementés) diminuent en 2037 (-14,7 % 'Fil de l'eau' et 'Projet') et en 2057 (-10,5 % 'Fil de l'eau' et 'Projet').
EQRS	En considérant les émissions des brins du réseau d'étude : - L'indice des risques non cancérigènes par inhalation est jugé non significatif pour l'ensemble des scénarios d'exposition étudiés (enfant en bas âge, écolier, personne âgée, personne malade, résident) aux horizons futurs (2037 et 2057) 'avec' ou 'sans' projet. - L'indice des risques cancérigènes par inhalation est jugé non significatif pour l'ensemble des scénarios d'exposition étudiés (enfant, personne âgée, personne malade et résident) aux horizons futurs (2037 et 2057) 'avec' ou 'sans' projet. - La réalisation du projet, par rapport à la situation 'Fil de l'eau' correspondante, n'engendre aucune variation significative des indices sanitaires pour les populations de la zone d'étude. - La réalisation du projet n'est pas de nature, a priori, à exercer d'impact significatif sur la santé des riverains de l'emprise projet (indicateurs sanitaires inférieurs aux seuils). - Les indices sanitaires calculés aux horizons futurs 2037 et 2057 (avec et sans projet) sont tous inférieurs à ceux en situation actuelle 2020.
COUT DES EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE	La mise en place de l'opération engendre une légère augmentation des coûts annuels de la pollution atmosphérique sur le réseau d'étude par rapport à la situation 'Fil de l'Eau' correspondante (+0,8 % en 2037 et +0,9 % en 2057). Par rapport à la situation 'actuelle', le coût annuel de la pollution atmosphérique émise sur le réseau d'étude diminue très légèrement en situation 'Fil de l'eau' 2037 (-0,1 %), augmente légèrement en situation 'Projet' 2037 (+0,7 %) et augmente pour les deux situations en 2057 (+23,9 % en situation 'Fil de l'eau' et +25,0 % en situation 'Projet').
ÉMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	Sur le réseau d'étude, la réalisation du projet va induire une légère augmentation des émissions de GES par rapport à la situation 'Fil de l'Eau' correspondante (+1,1 % en 2037 et en 2057). Par rapport à la situation actuelle, sur le réseau d'étude, les émissions de GES baissent pour les différentes situations et les horizons futurs (-3,3 % en situation 'Fil de l'eau' 2037 ; -2,3 % en situation 'Projet' 2037 ; -6,5 % en situation 'Fil de l'eau' 2057 et -5,5 % en situation 'Projet' 2057), en lien avec l'augmentation des consommations énergétiques.
COUT DES GAZ A EFFET DE SERRE	Le coût des émissions de Gaz à Effet de Serre augmente aux horizons futurs par rapport à la situation actuelle, en raison de la valeur tutélaire du carbone qui croît de façon marquée. Par rapport au scénario 'Fil de l'Eau' correspondant, la mise en place du projet engendre une légère augmentation des coûts des émissions de GES sur le réseau d'étude (+1,1 % en 2037 et en 2057).

Annexes

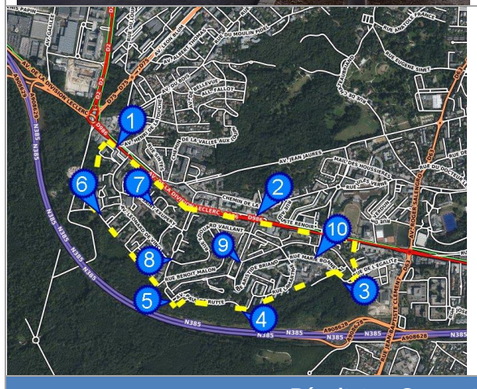
ANNEXE N°1 : GLOSSAIRE

AASQA	Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AEE	Agence Européenne de l'Environnement
ALD	Affections Longues Durées
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ARS	Agence Régionale de Santé
As	Arsenic
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
Ba	Baryum
B(a)P	Benzo(a)Pyrène
BPCO	Broncho-pneumopathie chronique obstructive
BTEX	Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes
CAA	Concentration Admissible dans l'Air
Cd	Cadmium
CépiDc	Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de Décès
Centile	Les centiles correspondent à des valeurs qui divisent un ensemble d'observations en 100 parties égales. C'est-à-dire, par exemple, le centile 90 correspond à la valeur pour laquelle 90 % des données ont une valeur inférieure et 10 % des données ont une valeur supérieure.
CEREMA	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CH_2O	Formaldéhyde
CH_4	Méthane
C_2H_4O	Acétaldéhyde
C_3H_4O	Acroléine
C_4H_6	1,3-Butadiène
C_6H_6	Benzène
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
CITEPA	Centre Interprofessionnel technique d'Étude de la Pollution Atmosphérique
CJUE	Cour de justice de l'Union européenne
CMI	Concentration Moyenne Inhalée
CO	Monoxyde de carbone
CO_2	Dioxyde de carbone
COPERT	COmputer Program to calculate Emissions from Road Transport
CORINAIR	CORe INventories AIR
COV	Composé Organique Volatil
COVNM	Composé Organique Volatil Non Méthanique
Cr	Chrome
DREES	Direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques
DRIEE	Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie
DRIEAT	Direction régionale et interdépartementale Environnement-Aménagement-Transports
EFSA	European Food Safety Authority
EHPAD	Établissement d'Hébergement pour Personnes Âgées Dépendantes
EICU	Effet d'Ilot de Chaleur Urbain
EIS	Évaluation de l'Impact Sanitaire
EPCI	Établissement Public de Coopération Intercommunale
EPT	établissement public territorial
ERI	Excès de Risque Individuel
ERU	Excès de risque Unitaire
EQIS	Évaluation Quantitative de l'Impact Sanitaire
EQRS	Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires
FET	Facteur d'équivalence Toxique
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
Hg	Mercure
HPM	Heure de pointe du matin
HPS	Heure de pointe du soir
IFSTTAR	Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux
IGN	Institut national de l'information géographique et forestière
INERIS	Institut national de l'environnement industriel et des risques
INRETS	Institut de recherche sur les transports
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
INSERM	Institut national de la santé et de la recherche médicale
InVS	Institut de Veille Sanitaire
IPP	Indice Pollution Population
IPSL	Institut Pierre Simon Laplace
IREP	Registre français des émissions polluantes
kep	kilo équivalent pétrole
LOM	Loi d'Orientation des Mobilités
MRL	minimum risk level
NH_3	Ammoniac
Ni	Nickel
NO	Monoxyde d'azote
NO_2	Dioxyde d'azote
NOx	Oxydes d'azote
N_2O	Protoxyde d'azote
O_3	Ozone
OAP	Orientation d'Aménagement et de Programmation

OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ORS	Observatoire Régional de Santé
PADD	Projet d'Aménagement et de Développement Durable
Pb	Plomb
PCET	Plan Climat Énergie Territorial
PCAET	Plan Climat Air Énergie Territorial
PDU	Plan de Déplacements Urbains
PDUIF	Plan de Déplacements Urbains Ile-de-France
PIB	Produit intérieur brut
PL	Poids Lourd
PLD	Plan Local de Déplacement
PLQA	Plans Locaux de Qualité de l'Air
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PLUi	Plan Local d'Urbanisme intercommunal
PM	Particulate Matter (particules fines en suspension)
PM10	Particules de taille inférieure à 10 µm
PM2,5	Particules de taille inférieure à 2,5 µm
PM1,0	Particules de taille inférieure à 1,0 µm
PNSE	Plan National Santé Environnement
PPA	Plan de Protection de l'Atmosphère
PREPA	Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques
PRG	Pouvoir de Réchauffement Global
PRQA	Plan Régional pour la Qualité de l'Air
PRSE	Plan Régional Santé Environnement
PRSQA	Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air
QD	Quotient de danger
REL	Risk Effect Level
RfC	Reference concentration
RIVM	[Pays-Bas] Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (Institut national de la santé publique et de l'environnement)
RNSA	Réseau National de Surveillance Aérobiologique
ROSE IdF	Réseau d'observation statistique de l'énergie et des émissions de gaz à effet de serre de la région Île-de-France
SCoT	Schémas de Cohérence Territoriale
SECTEN	SECTeur émetteur et ENergie
SDRIF	Schéma directeur de la région Île-de-France
SNBC	Stratégie Nationale Bas Carbone
SO_2	Dioxyde de soufre
SRADDET	Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires
SRCAE	Schéma Régional Climat, Air, Énergie
TCA	Tolerable concentration in air
TEPCV	Territoire à Énergie Positive pour la Croissance Verte
TCEQ	Texas Commission on Environmental Quality
TMJA	Trafic Moyen Journalier Annuel
TSP	Poussières Totales (*Total Suspended Particulate matter)*
TV	Tous Véhicules
US EPA	United States Environmental Protection Agency
UVP	Unité de Véhicule Particulier
VGAI	Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur
VK	Véhicules-Kilomètres
VL	Véhicule Léger
VMC	ventilation mécanique contrôlée
VP	Véhicule Personnel
VUL	Véhicule Utilitaire Léger
VTR	Valeur Toxicologique de Référence
ZCR	Zone à Circulation Restreinte
ZFE	zones à faibles émissions
ZPA	Zone de Protection de l'Air
ZPAd	Zone de Protection de l'Air départementale

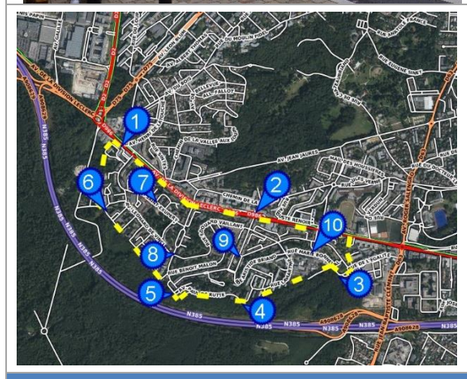
ANNEXE N°2 : FICHES DESCRIPTIVES - MESURES *IN SITU*

Point n°1	Projet de rénovation urbaine de la cité Jardin de Châtenay-Malabry		
Caractérisation du site			
Description du lieu de pose		**GPS WGS 84**	
2 Pl. Cyrano de Bergerac 92290 Châtenay-Malabry		48.76894 2.25002	
Type de milieu	Trafic	**Début mesure**	17/11/2022 à 11h08
Distance de la voie la plus proche	1 m	**Fin mesure**	16/12/2022 à 11h52
Type de Support Hauteur	Panneau directions 2,5 m	**Durée d'exposition**	696,7 h



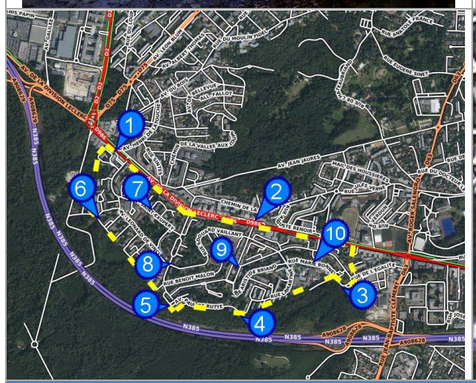
Résultats – Concentrations moyennes			
Composés mesurés	**N° du tube / matériel**	**Teneurs relevées (µg/m³)**	**Remarques**
NO_2	FTS 748	33,3	Concentration moyenne : 34,5 µg/m³ Écart relatif : 3,6 %
	FTS 749	35,7	
PM10	SD 15	17,4	Moyenne journalière sur la période du 17/11/2022 jusqu'au 16/12/2022 : - Maximum PM10 : 32,6 µg/m³ - Maximum PM2,5 : 28,5 µg/m³
PM2,5		15,1	

Point n°2	Projet de rénovation urbaine de la cité Jardin de Châtenay-Malabry		
Caractérisation du site			
Description du lieu de pose		**GPS WGS 84**	
358 Av. de la Division Leclerc 92290 Châtenay-Malabry		48.76562 2.26044	
Conditions d'exposition			
Type de milieu	Trafic	**Début mesure**	17/11/2022 à 12h11
Distance de la voie la plus proche	1 m	**Fin mesure**	16/12/2022 à 12h24
Type de Support Hauteur	Panneau indication 2,5 m	**Durée d'exposition**	696,2 h



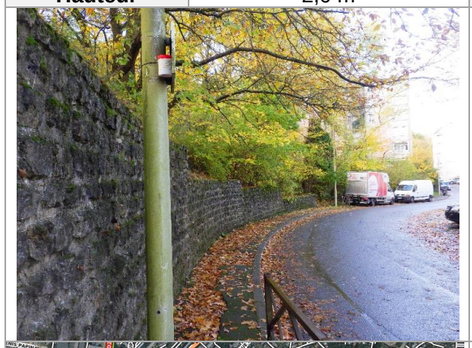
Résultats – Concentrations moyennes			
Composés mesurés	**N° du tube / matériel**	**Teneurs relevées (µg/m³)**	**Remarques**
NO_2	FTS 750	34,0	Concentration moyenne : 36,4 µg/m³ Écart relatif : 6,5 %
	FTS 751	38,8	

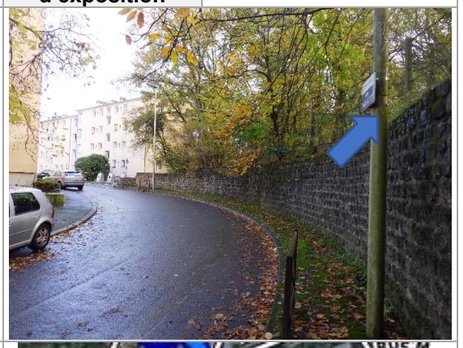
Point n°3	Projet de rénovation urbaine de la cité Jardin de Châtenay-Malabry		
Caractérisation du site			
Description du lieu de pose		**GPS WGS 84**	
1 Sq. Paul Vaillant Couturier 92290 Châtenay-Malabry		48.76245 2.26701	
Conditions d'exposition			
Type de milieu	Trafic	**Début mesure**	17/11/2022 à 11h46
Distance de la voie la plus proche	1 m	**Fin mesure**	16/12/2022 à 12h16
Type de Support Hauteur	Lampadaire 2,0 m	**Durée d'exposition**	696,5 h

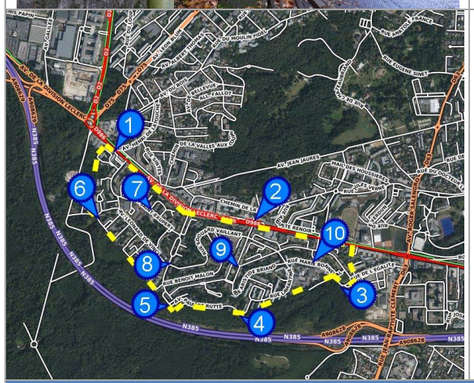


Résultats – Concentrations moyennes			
Composés mesurés	**N° du tube / matériel**	**Teneurs relevées (µg/m³)**	**Remarques**
NO_2	FTS 752	30,9	Concentration moyenne : 31,6 µg/m³ Écart relatif : 2,2 %
	FTS 753	32,3	

Point n°4	Projet de rénovation urbaine de la cité Jardin de Châtenay-Malabry		
Caractérisation du site			
Description du lieu de pose		**GPS WGS 84**	
11 Av. Paul de Rutté 92290 Châtenay-Malabry		48.761086 2.259591	
Conditions d'exposition			
Type de milieu	Trafic	**Début mesure**	17/11/2022 à 11h39
Distance de la voie la plus proche	1 m	**Fin mesure**	16/12/2022 à 12h09
Type de Support Hauteur	Lampadaire 2,0 m	**Durée d'exposition**	696,5 h

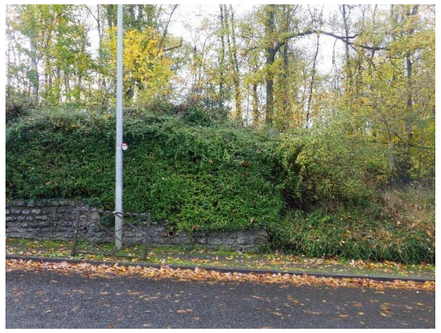


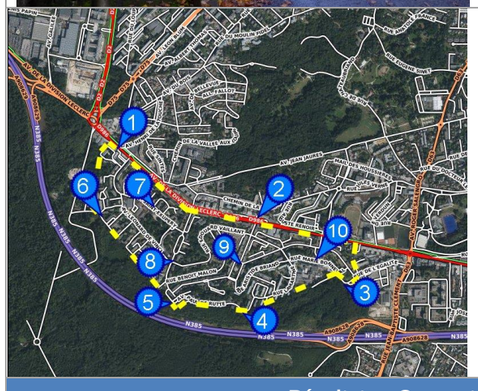




Résultats – Concentrations moyennes			
Composés mesurés	**N° du tube / matériel**	**Teneurs relevées (µg/m³)**	**Remarques**
NO_2	FTS 754	34,1	Concentration moyenne : 31,4 µg/m³ Écart relatif : 0,2 %
	FTS 755	34,0	

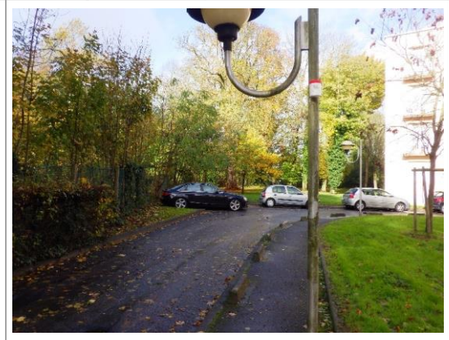
Point n°5	Projet de rénovation urbaine de la cité Jardin de Châtenay-Malabry		
Caractérisation du site			
Description du lieu de pose		**GPS WGS 84**	
Intersection sur Av. Paul de Rutté 92290 Châtenay-Malabry		48.76152 2.25414	
Conditions d'exposition			
Type de milieu	Trafic	**Début mesure**	17/11/2022 à 11h35
Distance de la voie la plus proche	1 m	**Fin mesure**	16/12/2022 à 12h06
Type de Support Hauteur	Lampadaire 2,5 m	**Durée d'exposition**	696,5 h

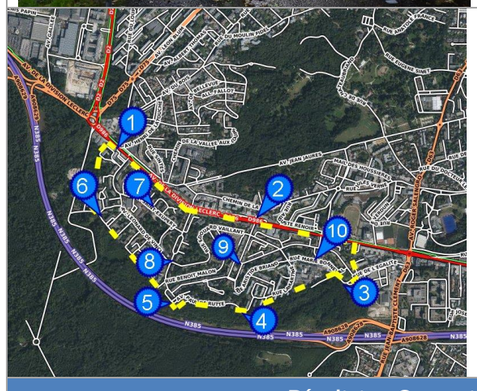




Résultats – Concentrations moyennes			
Composés mesurés	**N° du tube / matériel**	**Teneurs relevées (µg/m³)**	**Remarques**
NO_2	FTS 756	31,4	Concentration moyenne : 32,1 µg/m³ Écart relatif : 2,3 %
	FTS 757	32,9	

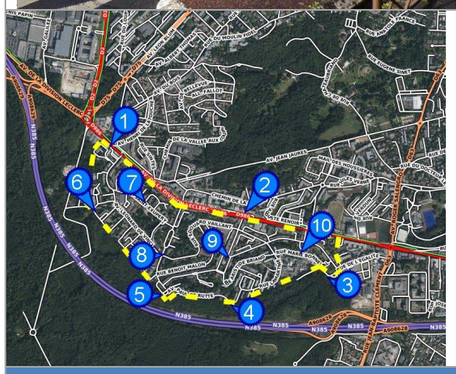
Point n°6	Projet de rénovation urbaine de la cité Jardin de Châtenay-Malabry		
Caractérisation du site			
Description du lieu de pose		**GPS WGS 84**	
Rte de Saint-Lieu 92290 Châtenay-Malabry		48.76572 2.24882	
Conditions d'exposition			
Type de milieu	Trafic	**Début mesure**	17/11/2022 à 11h23
Distance de la voie la plus proche	1 m	**Fin mesure**	16/12/2022 à 12h01
Type de Support Hauteur	Lampadaire 2,5 m	**Durée d'exposition**	696,6 h





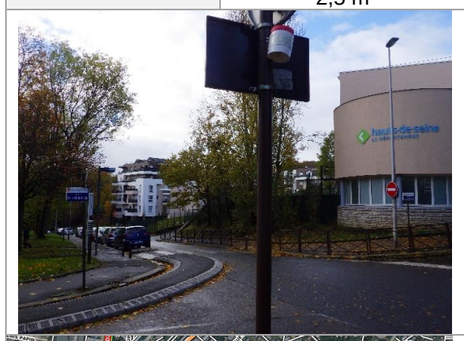
Résultats – Concentrations moyennes			
Composés mesurés	**N° du tube / matériel**	**Teneurs relevées (µg/m³)**	**Remarques**
NO_2	FTS 758	31,1	Concentration moyenne : 31,5 µg/m³ Écart relatif : 1,0 %
	FTS 759	31,8	

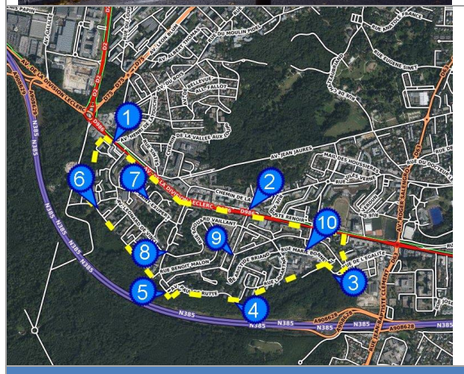
Point n°7	Projet de rénovation urbaine de la cité Jardin de Châtenay-Malabry		
Caractérisation du site			
Description du lieu de pose		**GPS WGS 84**	
7 Av. Saint-Exupéry, 92290 Châtenay-Malabry École Maternelle Suzanne Buisson		48.76616 2.25275	
Conditions d'exposition			
Type de milieu	Trafic	**Début mesure**	17/11/2022 à 11h17
Distance de la voie la plus proche	1 m	**Fin mesure**	16/12/2022 à 11h58
Type de Support Hauteur	Panneau « Dos d'âne » 2,5 m	**Durée d'exposition**	696,7 h



Résultats – Concentrations moyennes			
Composés mesurés	**N° du tube / matériel**	**Teneurs relevées (µg/m³)**	**Remarques**
NO_2	FTS 760	30,3	Concentration moyenne : 29,6 µg/m³ Écart relatif : 2,1 %
	FTS 761	29,0	

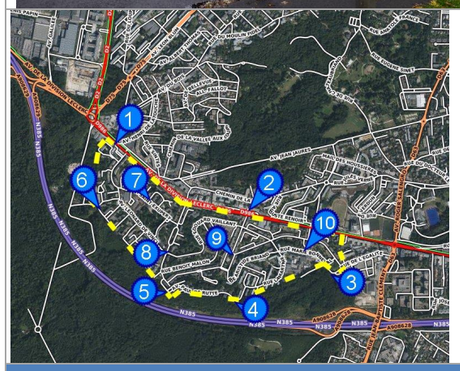
Point n°8	Projet de rénovation urbaine de la cité Jardin de Châtenay-Malabry		
Caractérisation du site			
Description du lieu de pose		**GPS WGS 84**	
21 Av. Francis de Pressensé 92290 Châtenay-Malabry		48.76350 2.25425	
Conditions d'exposition			
Type de milieu	Trafic	**Début mesure**	17/11/2022 à 11h29
Distance de la voie la plus proche	1 m	**Fin mesure**	16/12/2022 à 12h04
Type de Support Hauteur	Panneau « Sens interdit » 2,5 m	**Durée d'exposition**	696,6 h





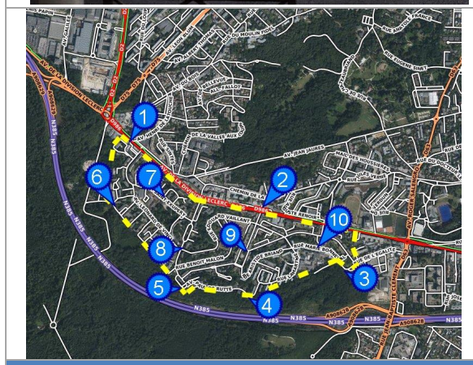
Résultats – Concentrations moyennes			
Composés mesurés	**N° du tube / matériel**	**Teneurs relevées (µg/m³)**	**Remarques**
NO_2	FTS 762	32,0	Concentration moyenne : 32,1 µg/m³ Écart relatif : 0,4 %
	FTS 763	32,3	

Point n°9	Projet de rénovation urbaine de la cité Jardin de Châtenay-Malabry		
Caractérisation du site			
Description du lieu de pose		**GPS WGS 84**	
29 Av. Albert Thomas 92290 Châtenay-Malabry		48.76341 2.25936	
Conditions d'exposition			
Type de milieu	Trafic	**Début mesure**	17/11/2022 à 12h05
Distance de la voie la plus proche	1 m	**Fin mesure**	16/12/2022 à 12h20
Type de Support Hauteur	Panneau « sens interdit » 2,0 m	**Durée d'exposition**	696,3 h



Résultats – Concentrations moyennes			
Composés mesurés	**N° du tube / matériel**	**Teneurs relevées (µg/m³)**	**Remarques**
NO_2	FTS 764	30,0	Concentration moyenne : 30,5 µg/m³ Écart relatif : 1,6 %
	FTS 765	31,0	

Point n°10	Projet de rénovation urbaine de la cité Jardin de Châtenay-Malabry		
Caractérisation du site			
Description du lieu de pose		**GPS WGS 84**	
6 Pl. Jean Allemane 92290 Châtenay-Malabry École maternelle Thomas Masaryk		48.76365 2.26479	
Type de milieu	Trafic	**Début mesure**	31/05/2022 à 11h53
Distance de la voie la plus proche	1 m	**Fin mesure**	16/12/2022 à 12h12
Type de Support Hauteur	Panneau « sens interdit » 2,0 m	**Durée d'exposition**	696,3 h



Résultats – Concentrations moyennes			
Composés mesurés	**N° du tube / matériel**	**Teneurs relevées (µg/m³)**	**Remarques**
NO_2	FTS 766	30,5	Concentration moyenne : 30,2 µg/m³ Écart relatif : 1,2 %
	FTS 767	29,8	
	FTS 768 (Blanc)	< 0,3	Inférieur à la LD
PM10	SD6	31,9	Moyenne journalière sur la période du 17/11/2022 jusqu'au 09/12/2022 : - Maximum PM10 : 65,2 µg/m³ - Maximum PM2,5 : 50,2 µg/m³
PM2,5		25,3	

ANNEXE N°3 : CONDITIONS METEOROLOGIQUES LORS DE LA CAMPAGNE DE MESURE *IN SITU* ET NORMALES

La qualité de l'air est directement liée aux conditions météorologiques[46]. En effet, elle peut varier pour des émissions de polluants identiques en un même lieu, selon divers facteurs (plus ou moins de vent, du soleil, etc.). De manière simplifiée :

- **Le vent est favorable à la dispersion des polluants, notamment à partir de 20 km/h. Toutefois, il peut également amener des masses d'air contenant des polluants en provenance d'autres sources. Lorsqu'il est de faible vitesse, ce phénomène de transport accompagné d'accumulation, n'est pas inhabituel.**

- **Les températures trop élevées ou trop basses sont défavorables à la qualité de l'air. La température agit à la fois sur la chimie et les émissions des polluants. Ainsi certains composés voient leur volatilité augmenter avec la température, c'est le cas des Composés Organiques Volatils. Le froid, quant à lui, augmente les rejets automobiles du fait d'une moins bonne combustion.**

- **Le soleil est un paramètre très important car ses rayons UV interviennent dans la formation de polluants photochimiques tel que l'ozone. Ainsi, plus il y a de soleil, plus la production d'ozone sera importante s'il existe dans l'atmosphère les précurseurs nécessaires à ces réactions chimiques (c'est-à-dire les oxydes d'azote et les Composés Organiques Volatils).**

- **Les précipitations influencent également la qualité de l'air. De fortes précipitations rabattent les polluants les plus solubles vers le sol (particules en suspension, dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, etc.).**

- **Le phénomène d'inversion de température peut être à l'origine d'une augmentation des concentrations en polluants. Normalement (conditions atmosphérique instable) la température de l'air diminue avec l'altitude (dans les basses couches de l'atmosphère), l'air chaud chargé de polluants se disperse à la verticale (principe de la montgolfière).**

- **Cependant, lorsque le sol s'est fortement refroidi pendant la nuit (par temps clair en hiver), et que la température à quelques centaines de mètres d'altitude est plus élevée que celle du sol, alors il y a phénomène d'inversion de la température (conditions atmosphériques stables). Les polluants se trouvent alors bloqués par cette masse d'air chaud en altitude plus communément appelée couche d'inversion. Ces inversions se produisent généralement lors des nuits dégagées et sans vent. Elles peuvent persister plusieurs jours, notamment en hiver où l'ensoleillement est faible. Dans les régions montagneuses, le phénomène est accentué par les brises de montagnes qui amènent l'air froid des sommets vers la vallée. Les pics de pollution au dioxyde de soufre, aux oxydes d'azote et aux particules en suspension sont souvent liés à ce phénomène d'inversion de température.**

[46] https://www.ligair.fr/la-pollution/les-influences-meteorologiques
https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/article/influence-de-la-meteo

Pour la période du 17 novembre au 16 décembre 2022, les données des paragraphes suivants proviennent de :

- **La station météorologique de Villacoublay-Vélizy (Coordonnées 48,77°N | 2,21°E), située à environ à 3,3 km au nord-ouest du projet ;**

- **La station météorologique d'Orly-Athis-Mons (48,72°N I 2,38°E) sise à environ 8,0 km au sud-est du projet.**

Température

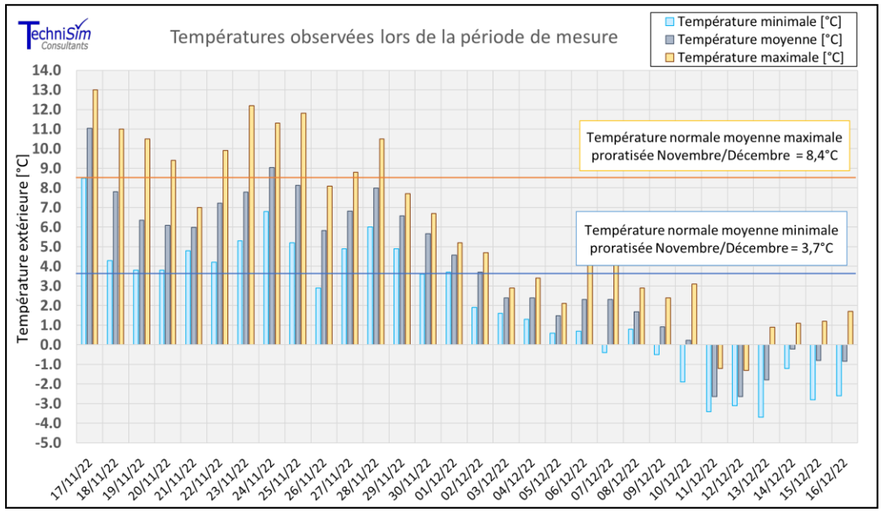


Figure 163 : Évolution de la température moyenne horaire sur la période de mesure

La température moyenne lors de la campagne de mesure *in situ* est de 3,8°C. Cela est inférieure à la moyenne pondérée des normales saisonnières de novembre/décembre à savoir 6,2°C (période 1991-2020), ce qui correspond à un écart à la normale de -38 %.

La moyenne des températures journalières minimales sur la période (2,0°C) est inférieure à la température normale moyenne minimale pondérée de novembre/décembre (3,7°C) soit un écart à la normale de saison de -46 %.
La moyenne des températures journalières maximales sur la période (5,9°C) est inférieure à la température normale moyenne maximale pondérée de novembre/décembre (8,4°C) soit un écart à la normale de saison de -30 %.

Cela traduit une période plus froide que la normale.

Pression atmosphérique

En météorologie, dès lors que la pression descend en dessous de 1010 hPa, il s'agit de basses pressions (« conditions dépressionnaires »). Le vent est plutôt fort et le temps est mauvais avec un ciel souvent fort encombré et des précipitations fréquentes. A contrario, lorsque la pression dépasse 1015 hPa, on parle alors de hautes pressions (« conditions anticycloniques »). Le temps est calme, mais pas forcément beau. En été, les hautes pressions impliquent un beau temps avec un ciel dégagé ; en hiver, les hautes pressions sont souvent accompagnées de brouillards et de nuages bas qui peuvent durer toute la journée.

Le graphique ci-dessous présente les pressions atmosphériques enregistrées au cours de la campagne de mesure.

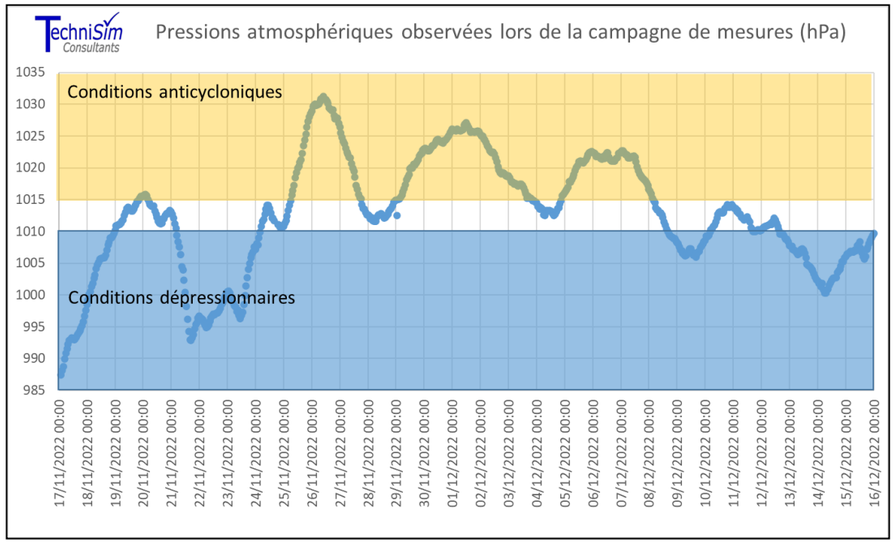


Figure 164 : Évolution de la pression atmosphérique lors de la période de mesure

A l'exception du début et de la fin de la campagne de mesure, les conditions météorologiques ont été majoritairement anticycloniques et relativement stables.

Vents moyens et rafales

Une rafale est, en un site donné, un renforcement brutal et passager du vent qui se traduit par une hausse brève et soudaine de sa vitesse instantanée en comparaison de la valeur alors acquise par sa vitesse moyenne. Chaque rafale possède une certaine amplitude qui fait passer le vent d'un minimum de vitesse instantanée à un maximum de vitesse instantanée appelé la vitesse de pointe de la rafale. Il peut survenir que cette vitesse de pointe soit supérieure de 50 % ou davantage à la vitesse du vent moyen. La plus grande des vitesses de pointe enregistrées dans un intervalle de temps donné fournit la vitesse maximale du vent au cours de cet intervalle.

Les moyennes journalières des vitesses[47] des vents moyens horaires ainsi que les rafales maximales journalières sont indiquées dans le tableau suivant pour la période de mesure.

Tableau 82 : Vitesse du vent moyen journalier et rafales de vents maximales journalières

Date	Vitesse [km/h]	Rafale Max [km/h]
17 nov. 2022	21,6	80,3
18 nov. 2022	13,2	36,4
19 nov. 2022	11,9	34,9
20 nov. 2022	14,1	39,6
21 nov. 2022	15,4	59
22 nov. 2022	19,7	52,2
23 nov. 2022	16,4	69,1
24 nov. 2022	16,8	52,6
25 nov. 2022	10,5	37,1
26 nov. 2022	10,1	33,5
27 nov. 2022	12,5	31
28 nov. 2022	9,8	31,7
29 nov. 2022	5,6	15,1
30 nov. 2022	11,5	31,3
1 déc. 2022	17,1	36,4
2 déc. 2022	14,0	43,9
3 déc. 2022	20,2	51,5
4 déc. 2022	16,3	36,4
5 déc. 2022	7,1	19,8
6 déc. 2022	6,8	21,2
7 déc. 2022	6,7	20,2
8 déc. 2022	5,9	15,5
9 déc. 2022	10,0	25,9
10 déc. 2022	9,0	23,8
11 déc. 2022	11,7	27,7
12 déc. 2022	12,1	37,8
13 déc. 2022	15,3	33,1
14 déc. 2022	9,3	23,4
15 déc. 2022	16,7	43,2
16 déc. 2022	11,1	34,9
Période	**12,6**	**80,3**

La vitesse moyenne du vent sur l'ensemble de la période est de 12,6 km/h. Les moyennes journalières sont comprises entre 5,6 km/h (le 29 novembre 2022) et 21,6 km/h (le 17 novembre 2022), avec des rafales atteignant au maximum 80,3 km/h le 17 novembre 2022.

[47] Vitesses mesurées à 10 mètres au-dessus du sol

Les figures suivantes représentent la fréquence et l'origine des vents (rose des vents) pendant la campagne de mesure *in situ* ainsi que la rose des vents annuelle à Châtenay-Malabry.

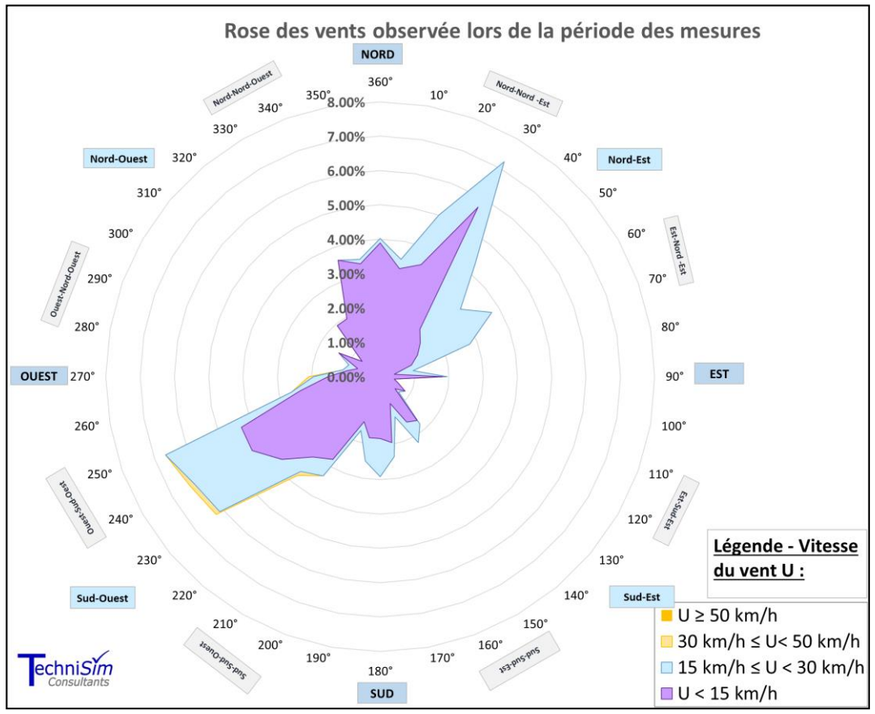


Figure 165 : Origine des vents lors de la période de mesure

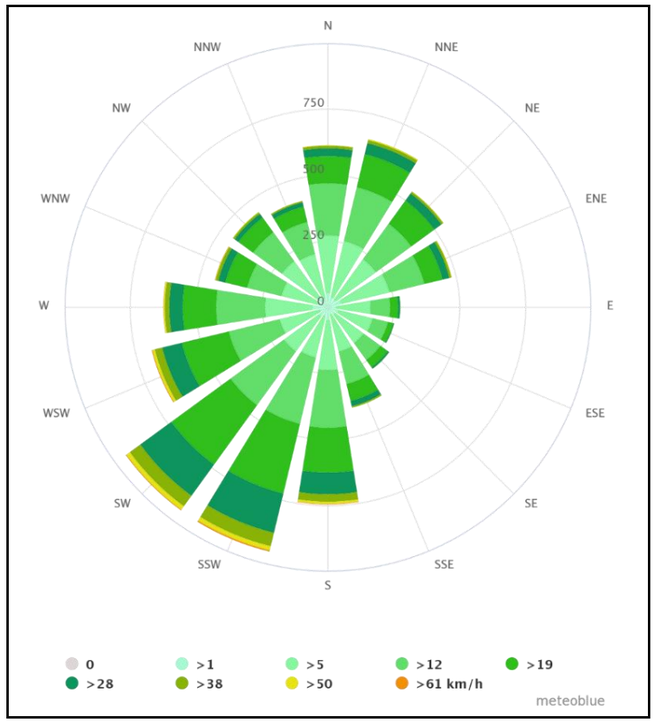


Figure 166 : Rose des vents annuelle à Châtenay-Malabry (source : MétéoBlue)

Lors de cette campagne, les vents enregistrés sont majoritairement des vents du nord-nord-ouest (fréquence de 7,2% sur le secteur 30°) et de l'ouest-sud-ouest (fréquence de 19,3 % sur les secteurs 230 à 250°).

Cette rose des vents obtenue sur la période de mesure est similaire à celle observée en moyenne annuelle sur le secteur.

Pour qualifier les vents, on peut utiliser l'échelle de Beaufort.
C'est une échelle de mesure empirique de la vitesse moyenne du vent sur une durée de dix minutes, utilisée dans les milieux maritimes.
L'échelle de Beaufort comporte 13 degrés (de 0 à 12).
Le degré Beaufort correspond à la vitesse moyenne du vent. Cette échelle est présentée dans le tableau qui va suivre.

Tableau 83 : Échelle de Beaufort

Force	Termes	Vitesse en nœuds	Vitesse en km/h	Effets à terre
0	Calme	< à 1	< à 1	La fumée monte verticalement
1	Très légère brise	1 à 3	1 à 5	La fumée indique la direction du vent. Les girouettes ne s'orientent pas.
2	Légère brise	4 à 6	6 à 11	On sent le vent sur la figure, les feuilles bougent.
3	Petite brise	7 à 10	12 à 19	Les drapeaux flottent bien. Les feuilles sont sans cesse en mouvement.
4	Jolie brise	11 à 15	20 à 28	Les poussières s'envolent, les petites branches plient.
5	Bonne brise	16 à 20	29 à 38	Les petits arbres balancent. Les sommets de tous les arbres sont agités.
6	Vent frais	21 à 26	39 à 49	On entend siffler le vent.
7	Grand frais	27 à 33	50 à 61	Tous les arbres s'agitent.
8	Coup de vent	34 à 40	62 à 74	Quelques branches cassent.
9	Fort coup de vent	41 à 47	75 à 88	Le vent peut endommager les bâtiments.
10	Tempête	48 à 55	89 à 102	Assez gros dégâts.
11	Violente tempête	56 à 63	103 à 117	Gros dégâts.
12	Ouragan	= ou > à 64	> à 118	Très gros dégâts.

Le graphe suivant présente les répartitions des vitesses moyennes horaires des vents mesurés selon l'échelle de Beaufort.

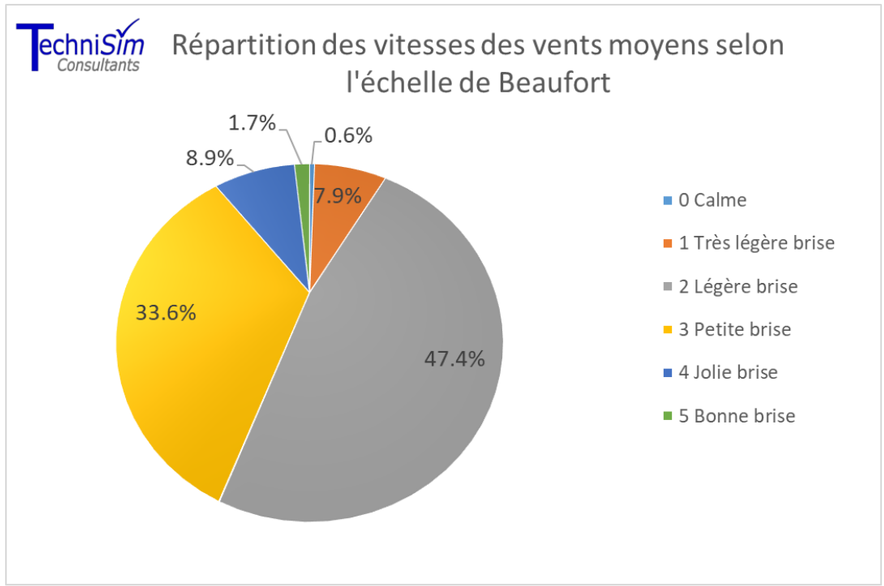


Figure 167 : Répartition des vitesses des vents selon l'échelle de Beaufort

Le vent a été présent de manière faible sur 89,4 % de la campagne : 0,6 % de 'calme', 8,0 % de 'très légères brises', 47,4 % de 'légères brises', et 33,6 % de 'petites brises'.
10,6 % de la campagne a présenté des épisodes venteux importants : 8,9 % des vents étaient des 'jolies brises' et 1,7 % de 'bonnes brises'.
Aucune catégorie supérieure à 'bonne brise' n'a été recensée sur les moyennes horaires des vents.

Les vents mesurés sont majoritairement des vents faibles ne favorisant pas une dispersion efficace des polluants. En effet, les vents de force 0 à 3 représentent 89,4 % des vents mesurés.
Les épisodes venteux important (vents de force supérieure ou égale à 4) permettant une dispersion efficace des polluants sont légèrement présents (10,6 % de la période de mesure).

Précipitations

Le diagramme suivant représente les précipitations enregistrées sur la période de mesures.

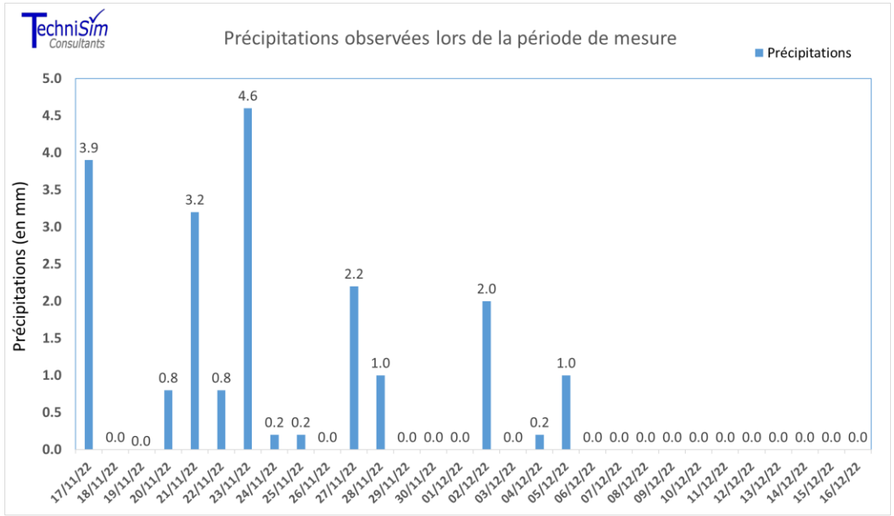


Figure 168 : Précipitations pendant la campagne de mesure

Lors de la campagne de mesure (30 jours), le cumul des précipitations a été de 20,1 mm répartis sur 12 jours dont 7 jours (17, 21, 23, 27, 28 novembre et 2 et 5 décembre 2022) présentant des précipitations supérieures ou égales à 1 mm.

Les précipitations sur cette période sont inférieures à la normale, la moyenne pondérée (pour 30 jours) de novembre/décembre étant de 62,1 mm [Données Météo-France pour 1991-2020], soit un écart de -68 %. Le nombre de jours présentant des précipitations supérieures ou égales à 1 mm est de 7. Cela est en-dessous de la normale proratisée de novembre/décembre (12,6 jours), ce qui fait un écart à la normale saisonnière de -44 %.

Cela traduit une période plutôt sèche, ne permettant pas fréquemment la dissolution des polluants gazeux et la retombée des particules.

Ensoleillement

Les durées d'ensoleillement pendant la période de mesure sont illustrées dans la planche suivante.
Les données concernant l'ensoleillement proviennent de la station Orly Athis-Mons.

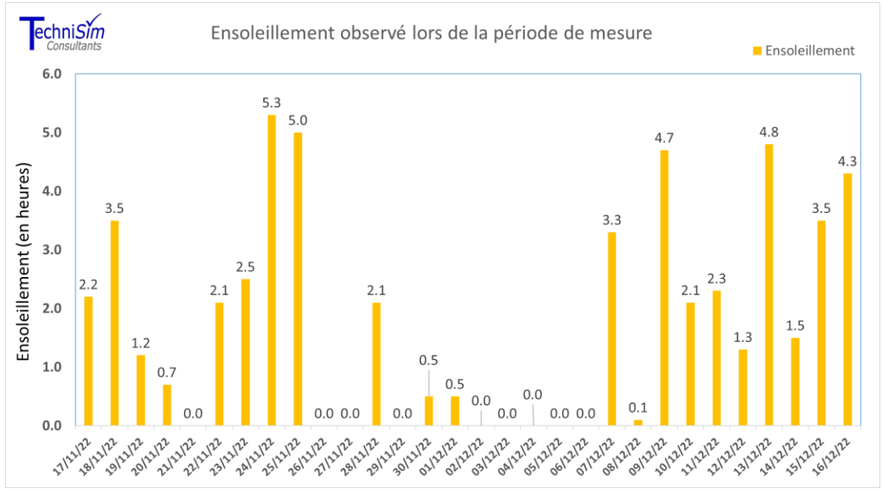


Figure 169 : Ensoleillement enregistré lors de la période de mesure

Le cumul des heures d'ensoleillement a été de 53,5 h sur 30 jours, soit en moyenne 1,8 h/j. L'ensoleillement sur cette période est inférieur à la normale, la moyenne pondérée (pour 30 jours) de novembre/décembre étant de 62,1 h (soit 2,1 h/j) [Données Météo-France 1991-2020], soit un écart à la normale de saison de -14 %.

ANNEXE N°4 : PRESENTATION DES DOCUMENTS DE PLANIFICATION

Les objectifs d'amélioration de la qualité de l'air sont fixés par les politiques publiques dans des plans qui existent à différents niveaux.
On peut distinguer 2 types de plans :

- **Des plans clairement basés sur des objectifs d'amélioration de la qualité de l'air : le futur Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'égalité des Territoires Schéma Régional Climat Air Énergie (SRADDET), les Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA), les Plans Locaux de Qualité de l'Air (PLQA).**

- **Des plans non orientés prioritairement sur l'amélioration de la qualité de l'air mais ayant un impact sur elle : les Plans de Déplacements Urbains (PDU), les Plans Climat (Air) Énergie Territoriaux (PCAET), les Schémas de Cohérence Territoriale (SCoT), les Plans Locaux de l'Urbanisme, le Plan Régional Santé Environnement (PRSE).**

La figure suivante présente l'articulation des documents de planification entre eux.

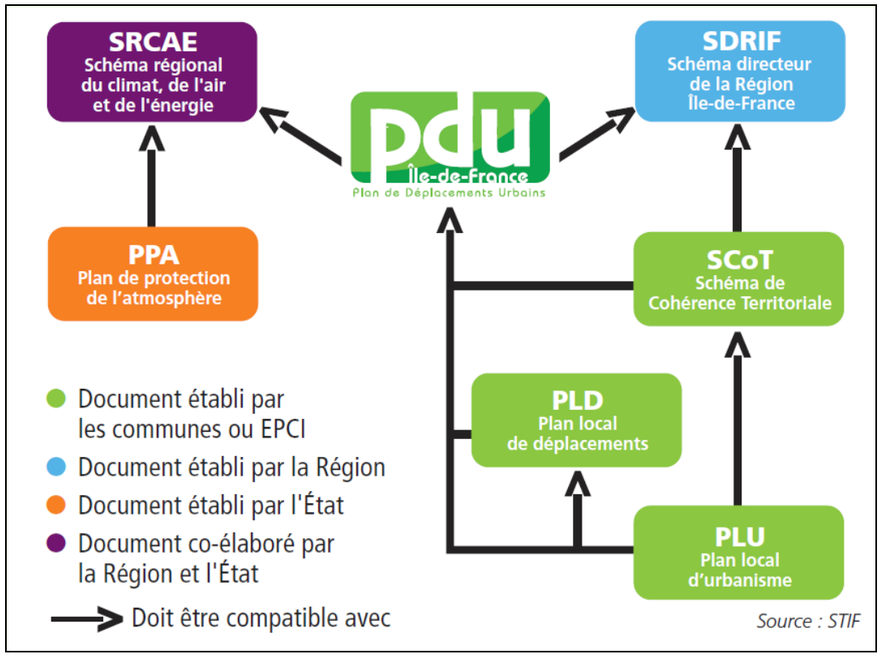


Figure 170 : Articulations des plans et schémas ayant lien avec la qualité de l'air (Source : PDUIF)

- Plan Régional de la Qualité de l'Air [PRQA]

Le Plan régional pour la qualité de l'air (2016-2021) « Changeons d'Air en Île-de-France » discuté et délibéré les 16 et 17 Juin 2016 contribue aux objectifs du PPA de la région.
L'exécutif régional a décidé de placer la qualité de l'air en tête de ses priorités environnementales et de santé publique.
Le PRQA Ile-de-France retient les propositions suivantes :

- **Qualité de l'air et innovation : ambition de 'smart-région' création d'un « LAB-AIR » avec l'appui d'Airparif ; favoriser l'émergence de 1000 tiers-lieux d'ici 2022 afin de réduire les déplacements quotidiens (télétravail)**

- **Fonds Air Bois : remplacement des équipements de chauffage individuel au bois ancien part des équipements modernes moins émetteurs**

- **Transports-mobilité : lutte contre la congestion routière ; développement de véhicules moins émetteurs (nouveaux véhicules urbains électriques et au bioGNV) ; développement des modes actifs (plan vélo régional) ; aide au remplacement des véhicules anciens pour les artisans ; préparation d'une expérimentation de voies réservées permettant à des bus et des véhicules à fort taux d'occupation de circuler rapidement ; accélérer le remplacement du parc de bus diésel par des véhicules faiblement émetteurs ; développer des parkings relais pour favoriser l'accès aux transports en commun.**

- **Écotaxe sur les poids lourds en transit ;**

- **Amélioration de la qualité de l'air intérieur : concilier rénovation énergétique et qualité de l'air intérieur ; ajouter la qualité de l'air intérieur aux éléments d'appréciation des candidatures au dispositif régional des 100 quartiers écologiques et innovants ; faire évoluer les référentiels de la région pour la construction durable ; accompagner dans les territoires les moins bien pourvus, le développement d'un réseau de conseillers médicaux en environnement intérieur (CMEI)**

- **Projet pilote pour l'amélioration de la qualité de l'air dans le métro**

- **Sensibilisation – éducation : thème de la qualité de l'air pour le projet « Éducation à l'environnement vers un développement durable »**

- **Soutien à Airparif**

- **Qualité de l'air et activité économique : accompagner les entreprises et industries franciliennes pour limiter leurs émissions de particules et gaz polluants ; favoriser l'économie circulaire pour limiter les déchets ; accompagner la rationalisation et l'optimisation des infrastructures informatiques des entreprises ; accompagner des programmes de recherche et d'innovation qui visent à limiter les émissions des industries manufacturières ;**

- **Exemplarité de la région**

- Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires [SRADDET]

L'article 10 de la loi portant nouvelle organisation territoriale de la République (NOTRe) modifie les dispositions du Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT) et introduit l'élaboration d'un Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) parmi les attributions de la région en matière d'aménagement du territoire.

Ces dispositions ne visent pas la région d'Ile-de-France, les régions d'Outre-mer et la Corse, qui sont régies par des dispositions spécifiques.

- Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie [SRCAE]

La loi dite « Grenelle 2 », promulguée le 12 juillet 2010 prévoit dans son article 68 la mise en place de **S**chémas **R**égionaux **C**limat **A**ir **É**nergie (SRCAE).

Le SRCAE remplace le Plan Régional de la Qualité de l'Air (PRQA) instauré par la loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie [dite loi 'Laure'], et vaut schéma régional des énergies renouvelables prévu par l'article 19 de la loi n°2009-967 du 3 août 2009 [dite Grenelle 1]. Ce modèle fait exception pour l'Île-de-France qui dispose également d'un nouveau PRQA depuis 2016.
Le SRCAE, révisable tous les 5 ans, est régi par les articles L. 222-1, 2 et 3 du Code de l'Environnement.

D'une part, le SRCAE doit contenir :

- **des orientations permettant de réduire les émissions des gaz à effet de serre ;**
- **des objectifs régionaux de maîtrise de demande en énergie ;**
- **des objectifs de valorisation du potentiel d'énergies renouvelables ;**
- **des orientations d'adaptation au changement climatique ;**
- **des orientations concernant la pollution atmosphérique.**

Et, plus spécifiquement, des orientations permettant, pour atteindre les normes de qualité de l'air mentionnées à l'article L.221-1 du code de l'environnement, de prévenir ou de réduire la pollution atmosphérique ou d'en atténuer les effets.
À ce titre, le SRCAE définit des normes de qualité de l'air propres à certaines zones lorsque leur protection le justifie.

D'autre part, ce schéma est concerné par :

- **un bilan régional de consommation et production énergétiques ;**
- **un bilan des émissions de gaz à effet de serre [GES] ;**
- **un bilan des émissions de polluants atmosphériques et de la qualité de l'air ;**
- **l'évaluation du potentiel d'économies d'énergie par secteur ;**
- **l'évaluation du potentiel de développement des énergies renouvelables ;**
- **l'analyse de la vulnérabilité de la région aux effets du changement climatique.**

Le SRCAE d'Île-de-France a été approuvé à l'unanimité par le Conseil Régional le 23 novembre 2012, puis arrêté par le Préfet de Région le 14 décembre 2012.
En fin de compte, il ressort du SRCAE Île-de-France 17 objectifs et 58 orientations thématiques qui ont été élaborées de façon à permettre l'atteinte des objectifs définis pour la région à l'horizon 2020 en matière de réduction des consommations énergétiques et de gaz à effet de serre, de développement des énergies renouvelables, d'amélioration de la qualité de l'air et d'adaptation au changement climatique.
Le SRCAE définit trois grandes priorités régionales pour 2020. Il s'agit de :

- **Renforcer l'efficacité énergétique des bâtiments avec un objectif de doublement du rythme des réhabilitations dans le tertiaire, et de triplement dans le résidentiel ;**
- **Développer le chauffage urbain alimenté par des énergies renouvelables et de récupération, avec un objectif d'augmentation de 40 % du nombre d'équivalents logements raccordés ;**
- **Réduire de 20 % les émissions de gaz à effet de serre du trafic routier, combiné à une forte baisse des émissions de polluants atmosphériques (particules fines, dioxyde d'azote).**

Parmi les 58 orientations, certaines concernent directement la qualité de l'air, par exemple :

- **Poursuivre l'amélioration des connaissances en matière de qualité de l'air ;**
- **Caractériser le plus précisément possible l'exposition des franciliens ;**
- **Inciter les franciliens et les collectivités à mener des actions améliorant la qualité de l'air.**

Le Schéma Régional Climat, Air et Énergie instauré par la Loi Grenelle II impose de cartographier des zones dites « sensibles » en termes de qualité de l'air. Ces zones se définissent par une forte densité de population (ou la présence de zones naturelles protégées) et par des dépassements des valeurs limites (VL) pour certains polluants (notamment PM10 et NO_2). Sur ces zones, les actions en faveur de la qualité de l'air sont qualifiées de prioritaires.

La zone sensible de l'Île-de-France correspond à la zone administrative de surveillance (ZAS) déclarée au niveau européen comprenant l'agglomération parisienne et l'agglomération de Meaux (cf. graphique ci-après).

Cette zone permet de représenter la totalité des habitants potentiellement impactés par un dépassement des valeurs limites en NO_2 et 99,9 % de la population potentiellement impactée par un risque de dépassement des valeurs limites en PM10.
Cette Zone Sensible pour la Qualité de l'Air (ZSQA) concerne plus de 10 millions d'habitants, soit presque 90 % de la population régionale et représente 24 % de la surface de l'Île de France et se distingue en tant que tissu urbain continu.

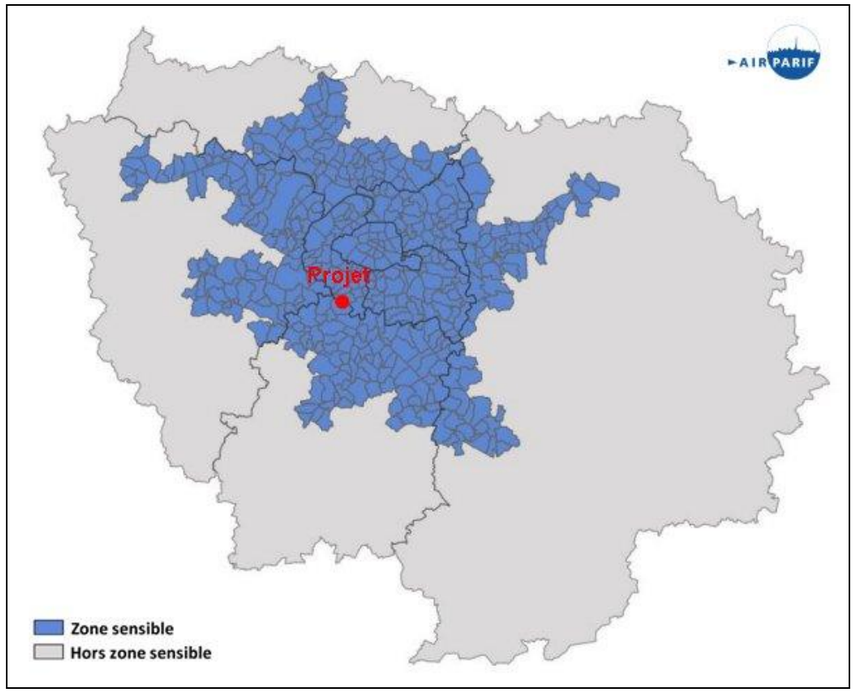


Figure 171 : Emplacement des zones sensibles pour la qualité de l'air en Île-de-France (Source : Bilan de la qualité de l'air 2021 Airparif)

La zone d'étude du projet est incluse dans la Zone Sensible pour la Qualité de l'Air d'Île-de-France en 2021 au sens du SRCAE.

Un premier bilan du SRCAE a été dressé pour l'année 2014. Ce bilan révèle la :

- **Baisse de 12 % des consommations énergétiques de la région par rapport à 2005, (sur l'objectif de 20% en 2020) ;**
- **Réduction de plus de 23% des émissions de gaz à effet de serre par rapport à 2005, (sur l'objectif de 28 % en 2020)**
- **Progression de 2,4% par rapport à 2009 des énergies renouvelables et de récupération, dans le mix énergétique (ce qui les porte à 7,4 % avec l'objectif de 11 % en 2020).**

- Stratégie Énergie-Climat de la région Île-de-France

Le Conseil régional d'Ile-de-France a adopté le 3 juillet 2018 sa stratégie Énergie-Climat, reposant sur deux horizons, 2030 et 2050, et trois principes : sobriété, production d'Énergie renouvelable et réduction de la dépendance énergétique.
Elle se décompose en 4 axes et 11 objectifs listés ci-dessous :

- **L'Île-de-France face à un défi énergétique majeur**
  - Une région attractive, dynamique mais dépendante
  - Une pluralité d'acteurs et d'opportunités pour relever les défis
  - Un retard considérable à rattraper
- **Une nouvelle ambition énergétique pour l'Île-de-France : sobriété, production d'énergie renouvelable et réduction de la dépendance**
  - Vers une Île-de-France 100% renouvelable
  - Une nouvelle gouvernance : La Région chef de file Climat, Air, Énergie
- **Un nouveau chemin pour la transition énergétique en Île-de-France**
  - Réduire fortement les consommations d'énergies : Une Île-de-France plus sobre
  - Une Île-de-France décarbonée, mobilisant toutes ses énergies renouvelables
  - Une énergie décentralisée : la Région impulse des dynamiques énergétiques territoriales et citoyennes
  - La Région agit en exemplarité et en transversalité
- **Lever tous les freins en matière de transition énergétique**
  - Énergies renouvelables
  - Sobriété énergétique

- Schéma Directeur de la Région d'Ile-de-France [SDRIF]

Le SDRIF est un document de planification qui vise à maîtriser la croissance urbaine et démographique et l'utilisation de l'espace en Ile-de-France, tout en garantissant le rayonnement international de cette région.

Le SDRIF a été adopté par la région et approuvé par décret en Conseil d'Etat. Il est appliqué sur l'ensemble de son périmètre et précise les moyens à mettre en œuvre :

- **Corriger les disparités spatiales, sociales et économiques de la région ;**
- **Coordonner l'offre de déplacement ;**
- **Préserver les zones rurales et naturelles afin d'assurer les conditions d'un développement durable de la région.**

Comme évoqué ci-dessus, il vise à concilier la maîtrise de la croissance urbaine et démographique et de l'utilisation de l'espace, d'un côté, avec l'objectif de garantir le rayonnement international de l'Ile-de-France, de l'autre.
Pour cela, il détermine notamment :

- **la destination générale de différentes parties du territoire,**
- **les moyens de protection et de mise en valeur de l'environnement,**
- **la localisation des grandes infrastructures de transport et des grands équipements,**
- **la localisation préférentielle des extensions urbaines, ainsi que des activités industrielles, logistiques, artisanales, agricoles, forestières et touristiques,**
- **une trajectoire permettant d'aboutir à l'absence de toute artificialisation nette des sols ainsi que, par tranches de 10 ans, un objectif de réduction du rythme de l'artificialisation.**

- 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, outre les zones où les valeurs limites et les valeurs cibles sont dépassées ou risquent de l'être, des **P**lans de **P**rotection de l'**A**tmosphère (PPA) doivent être élaborés dans toutes les agglomérations de plus de 250 000 habitants. 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 unique objectif de réduire les émissions de polluants atmosphériques et de maintenir ou ramener dans la zone du PPA concerné les concentrations en polluants à des niveaux inférieurs aux normes fixées à l'article R. 221-1 du Code de l'environnement.
Il doit fixer des objectifs de réduction, réaliser un inventaire des émissions des sources de polluants, prévoir en conséquence des mesures qui peuvent être contraignantes et pérennes pour les sources fixes (installations de combustion, usines d'incinération, stations-services, chaudières domestiques, etc.) et mobiles, et définir des procédures d'information et de recommandation ainsi que des mesures d'urgence à mettre en œuvre lors des pics de pollution.
Chaque mesure doit être encadrée fonctionnellement et temporellement en vue de sa mise en œuvre, et est accompagnée d'estimations de l'amélioration de la qualité de l'air escomptée. La mise en application de l'ensemble de ces dispositions doit être assurée par les autorités de police et les autorités administratives en fonction de leurs compétences respectives. Dès lors qu'elles auront été reprises dans des arrêtés, les mesures du PPA seront opposables.
Le bilan de la mise en œuvre du PPA doit être présenté annuellement devant le **CO**nseil **D**épartemental de l'**E**nvironnement et des **R**isques **S**anitaires et **T**echnologiques (CODERST) et, au moins tous les cinq ans, la mise en œuvre du plan fait l'objet d'une évaluation par le ou les préfets concernés pour décider de son éventuelle mise en révision.
Le PPA doit être compatible avec les grandes orientations données par le Schéma Régional Climat-Air-Énergie (voir section 3 de cette partie) en remplacement du **P**lan **R**égional pour la **Q**ualité de l'**A**ir (PRQA). En revanche, le lien de compatibilité est inversé avec le **Pl**an de **D**éplacements **U**rbains (PDU) qui touche également la qualité de l'air au niveau local par ses objectifs inscrits dans la loi LOTI, à savoir : la diminution du trafic automobile, le développement des transports collectifs et des moyens de déplacement moins polluants, l'aménagement et l'exploitation du réseau principal de voirie d'agglomération, l'organisation du stationnement dans le domaine public, le transport et la livraison des marchandises et l'encouragement pour les entreprises et les collectivités publiques de favoriser le transport de leur personnel.

Dans la région Île-de-France, le périmètre du PPA est celui de l'ensemble de la région.
En Île-de-France, un premier PPA a été approuvé le 07 juillet 2006 (Arrêté n° 2007-1590 relatif à la mise en œuvre du Plan de Protection de l'Atmosphère et à la réduction des émissions de polluants atmosphériques en Île-de-France). Une seconde version a été ensuite révisée en 2012 et approuvée en mars 2013 après enquête publique. Ce PPA révisé misait sur 11 mesures réglementaires et des actions incitatives pour réduire les émissions de polluants atmosphériques.
Enfin une troisième version du PPA a été approuvée par l'ensemble des Préfets de la région par arrêté interpréfectoral du 31 janvier 2018. Outre son approbation, l'arrêté prescrit des dispositions pour limiter les émissions atmosphériques. Ce PPA révise la précédente version.
La feuille de route pour la qualité de l'air vient compléter le PPA par des actions mises en œuvre par les collectivités d'Ile-de-France.
Ce PPA a été construit autour de vingt-cinq défis déclinés en quarante-cinq actions concrètes en vue de ramener les niveaux de pollution de l'air en dessous des seuils européens à l'horizon 2025, dont notamment les suivantes :

- Pour le secteur Résidentiel/Tertiaire - Chantiers

- **Favoriser le renouvellement des équipements anciens de chauffage individuel au bois.**
- **Élaborer une charte bois énergie impliquant l'ensemble de la chaîne de valeurs (des professionnels au grand public) et favoriser les bonnes pratiques.**

- **Élaborer une charte globale chantiers propres impliquant l'ensemble des acteurs (des maîtres d'ouvrage aux maîtres d'œuvre) et favoriser les bonnes pratiques.**

- Transports

- **Élaborer des plans de mobilité par les entreprises et les personnes morales de droit public**

- **Apprécier les impacts d'une harmonisation à la baisse des vitesses maximales autorisées sur les voies structurantes d'agglomérations d'Île-de-France**

- **Soutenir l'élaboration et la mise en œuvre de plans locaux de déplacements et une meilleure prise en compte de la mobilité durable dans l'urbanisme**

- **Soutenir l'élaboration et la mise en œuvre de plans locaux de déplacements et une meilleure prise en compte de la mobilité durable dans l'urbanisme**

- **Accompagner la mise en place de zones à circulation restreinte en Ile-de-France**

- **Favoriser le covoiturage en Ile-de-France**

- **Accompagner le développement des véhicules à faibles émissions**

- **Favoriser une logistique durable plus respectueuse de l'environnement**

- **Favoriser l'usage des modes actifs**

Le PPA prévoit également de sensibiliser les Franciliens aux enjeux de qualité de l'air et aux bons gestes pour réduire les émissions. La feuille de route pour la qualité de l'air vient compléter ce PPA par des actions à mettre en œuvre par les collectivités d'Ile-de-France.
L'histogramme suivant illustre l'avancée des actions par secteur après 45 mois de mise en œuvre du troisième PPA en Ile-de-France[48].

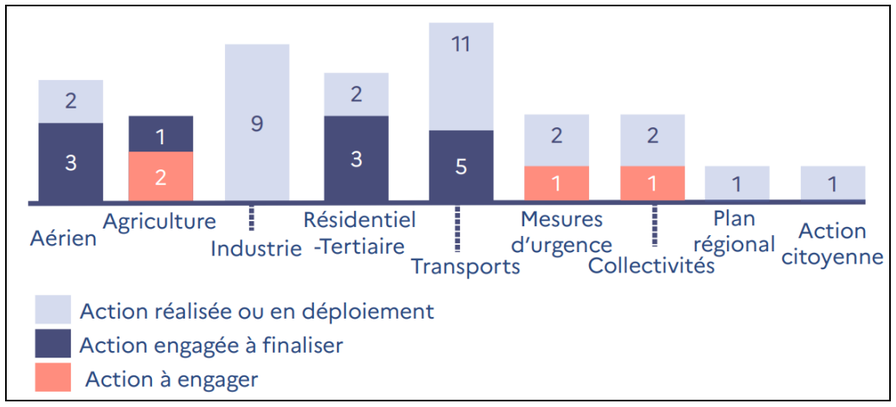


Figure 172 : Bilan du troisième PPA Ile-de-France 2018-2025 après 45 mois (septembre 2021) – État d'avancement des actions

- Feuille de route pour la qualité de l'air

Pour répondre à la fois à la Commission Européenne et au Conseil d'État, à la demande du ministre de la Transition écologique et solidaire, les préfets ont invité les collectivités territoriales à co-élaborer des feuilles de route opérationnelles et multi-partenariales dans les territoires les plus touchés par la pollution atmosphérique. Ces feuilles de route complètent les plans de protection de l'atmosphère.
Leur objectif est de définir des actions concrètes de court terme permettant d'enregistrer rapidement des progrès, en renforçant les moyens mobilisés en faveur de la qualité de l'air. Les feuilles de route portent sur une série d'actions dans tous les domaines d'activité, notamment : mobilité, chauffage résidentiel, urbanisme, agriculture, industrie, sensibilisation des acteurs. Elles feront l'objet d'un suivi régulier.

Pour la région Ile-de-France, la feuille de route 'qualité de l'air' concerne l'ensemble de la région et se décline sous la forme de 11 défis déclinés en actions portées par les collectivités :

- **Défi 1 : Optimisons les circulations**

L'Ile-de-France a une densité de trafic importante avec plus de 54 milliards de km parcourus par des véhicules en 2014. Il en résulte que le trafic routier est la principale source d'émissions d'oxydes d'azote.
Rouler mieux, c'est lutter contre la congestion, aménager la voirie et instaurer des règles de circulation qui peuvent également permettre la cohabitation des modes de déplacement.
Les collectivités impliquées dans ce défi s'engagent notamment à mener des actions visant à optimiser la circulation par différents moyens : sécurisation de la pratique du vélo et de la marche y compris suppression des coupures urbaines, fluidification du trafic et gestion des croisements, régulation des vitesses sur les grands axes.
A Paris est mise en place une zone à basse émission. Une réflexion et une évaluation sont en cours sur les modalités et la pertinence de son extension au regard d'autres outils.

[48]https://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2022_note_bilan_du_ppa_pour_les_collectivites3.pdf

Défi 2 : Concrétisons la transition écologique des véhicules

La grande majorité (67%) des 54 milliards de km parcourus par an en Ile-de-France est réalisée par des véhicules diesel. La part des véhicules à faibles émissions est inférieure à 1% du parc francilien. Le remplacement des véhicules les plus polluants par des véhicules propres ou peu émissifs (électrique, véhicules hybrides, au Gaz Naturel Véhicule, au GPL) a un effet positif sur la qualité de l'air. Développer le bus propre est une des clés de voûte pour réduire la pollution puisqu'il constitue le mode de déplacement privilégié de 2 millions de personnes. L'objectif de 100 % de bus propres (2/3 de bus électriques et 1/3 de bus fonctionnant au biogaz) en 2025 est poursuivi par la région dans toute la zone dense.
Le renouvellement des flottes des professionnels pour des véhicules propres, le déploiement de stations de distribution de GNV sont encouragés par le Conseil régional. En 2017, il a adopté un dispositif évolutif qui permet déjà de verser des aides conséquentes aux entreprises, notamment artisanales, de moins de 50 salariés pour l'acquisition de véhicules propres à usage professionnel. Les autres collectivités peuvent intervenir de manière complémentaire à ce dispositif, notamment sur le volet de la communication.
L'utilisation des véhicules propres peut être encouragée par des décisions d'aménagement de voirie : places de stationnement réservées, installation de bornes de rechargement pour les voitures électriques, etc. Les collectivités participant à ce défi accompagnent le renouvellement des véhicules anciens par des véhicules moins émissifs. Elles renouvellent leur propre flotte automobile par des véhicules moins polluants.

Défi 3 : Covoiturons !

Le covoiturage permet d'augmenter le nombre moyen de passagers par véhicule, et ainsi de limiter le nombre de véhicules en circulation. C'est donc un levier puissant pour l'amélioration de la qualité de l'air. En 2010, le nombre moyen de passagers par véhicule (chauffeur inclus) était de 1,28 (dernière Enquête Globale Transport disponible) en Ile-de-France.
La mise en œuvre de cet objectif passe par le développement des voies réservées aux bus dans un premier temps, puis aux covoitureurs, ce qui suppose la faisabilité technique du contrôle automatisé du covoiturage. L'État et la Région financent actuellement un programme de réalisation de voies réservées au titre du Contrat de Plan État Région sur 7 sections des 11 axes autoroutiers identifiés comme potentiellement intéressants par Île-de-France Mobilités. En outre Ile-de-France Mobilités et la Région ont intégré le covoiturage au service de recherche d'itinéraire VIANAVIGO pour inciter les Franciliens au covoiturage.
Les collectivités impliquées dans ce défi s'engagent à mener des actions pour encourager le covoiturage. Ces actions peuvent prendre la forme d'aménagements pour faciliter les rencontres des covoitureurs (aires de covoiturage), de réglementation réservant des voies aux covoitureurs, d'incitations financières ou techniques (places de stationnement réservées), d'encouragement de leurs personnels à covoiturer pour se rendre au travail, etc.

Défi 4 : Renforçons l'attractivité des transports en commun

Les transports collectifs constituent un maillon essentiel de la diminution du nombre de véhicules sur la route et de la pollution associée. Pour que les automobilistes se reportent vers l'usage des transports en commun ou de la multimodalité, ceux-ci doivent être attractifs. C'est l'objet du défi 2 de la feuille de route du PDUIF qui vise développer l'offre, renforcer la qualité du service offert aux voyageurs, et faciliter l'usage des transports collectifs pour tous les voyageurs, et en particulier améliorer les conditions d'intermodalité.
La Région Ile-de-France et l'État portent le financement de nouvelles lignes de transports en commun, pour une desserte toujours plus fine de l'Île-de-France, en facilitant les liaisons de banlieue à banlieue, donnant à chaque territoire la chance de se développer et réduire les fractures régionales. Dans le cadre de ses compétences et afin de répondre aux enjeux écologiques et économiques régionaux, la Région et Ile-de-France Mobilités vont investir 24Mds€ au total d'ici 2025 pour renouveler massivement le matériel roulant, pour avoir des trains, des RER et des bus plus confortables, ponctuels, sécurisés, fiables, propres et respectueux de l'environnement.
Les collectivités engagées dans ce défi s'engagent à déployer les actions du défi 2 du PDUIF.

Défi 5 : Optimisons la logistique en faveur de la qualité de l'air

Du fait des enjeux de développement territorial et économique (le fret et la logistique représentent près de 10% des emplois directs et indirects franciliens) ainsi que des problématiques environnementales (90% du trafic de marchandises se fait par la route), énergétiques et technologiques qu'ils soulèvent, le transport de marchandises et la logistique sont des secteurs stratégiques pour le bassin de consommation et de production que constitue l'Île-de-France. Entre 200 et 220 millions de tonnes de marchandises sont transportées chaque année au départ et/ou à l'arrivée d'Île-de-France. 136 millions de tonnes l'ont été pour des flux internes à la région (4 400 millions de tonnes-kilomètres). Sur ces flux engendrés, près de 90% le sont par la route.
Ce défi vise à limiter les distances parcourues sur la route par une optimisation des flux et à favoriser le recours à des modes de transport routiers peu émissifs et à encourager le report modal dans la limite des capacités des réseaux (fluvial peu émissif voire modes actifs pour la logistique du dernier kilomètre, ferré). La mise en place de chartes de logistique urbaine durable, le soutien au développement des stations de GNV, l'aide au remplacement de véhicules polluants par des véhicules moins émissifs, l'intégration dans les documents d'urbanisme ou dans les marchés publics de dispositions encourageant une logistique durable, sont autant d'actions menées par les collectivités engagées dans ce défi.

Défi 6 : Protégeons les riverains en limitant l'exposition aux polluants

L'exposition des populations, notamment de celles installées à proximité d'axes routiers à fort trafic, peut être réduite grâce à divers aménagements.
En zone urbaine, la création de zones apaisées permet d'éviter que les trafics ne traversent les quartiers d'habitation, la transformation de certains axes routiers permet une meilleure insertion urbaine visant à apaiser le trafic ou à l'adaptation de la vitesse. Ces aménagements peuvent permettre aussi une meilleure sécurisation des piétons ou des cyclistes lorsque la voie est déjà partagée. En zone péri-urbaine, de nombreux axes subissent des pollutions du fait de congestions sur les axes à fort trafic. Le plan anti-bouchon du Conseil Régional d'Île-de-France prévoit plus de 250M€ d'investissement sur trois ans, avec notamment 25 chantiers pour diminuer la congestion de ces axes, une dizaine d'études lancées sur des projets de plus long terme, ainsi qu'un volet de 60M€ portant sur les innovations qui incluent le covoiturage ou diverses actions de «management de la mobilité».
L'implantation d'établissements sensibles de type crèches, écoles, ... à proximité des axes à fort trafic doit faire l'objet d'une attention particulière, comme cela est prévu par le PPA de 2013. Des collectivités territoriales ont engagé des études sur certains de ces axes et s'engagent à les concrétiser.

Défi 7 : Avec le vélo, changeons de braquet

La pratique du vélo est particulièrement adaptée pour des déplacements de courtes distances et la multimodalité. Par ailleurs, le développement du vélo à assistance électrique permet d'envisager des distances plus longues et d'ainsi augmenter le nombre d'usagers. Si le vélo peut être envisagé comme un unique moyen de transport, il peut également être envisagé comme une composante d'un déplacement intermodal : en effet, en Ile-de-France, 70% de la population se trouve à moins de 10 minutes à vélo d'une gare.
Le réseau cyclable d'Ile-de-France compte aujourd'hui 5600 km de voies contre 3500 km en 2012. Afin de continuer à développer la pratique du vélo au quotidien, la Région a adopté en mai 2017 son nouveau plan régional en faveur du vélo. Il s'appuie sur les territoires afin d'offrir des solutions cohérentes: sécurisation des itinéraires, signalisation, stationnement, développement des services aux cyclistes. Il inclut également des projets d'infrastructures pour résorber les «coupures» mais s'écarte de la logique de grands itinéraires, qui a abouti jusqu'à présent à la superposition d'aménagements sans cohérence et ne répondant pas aux besoins des usagers. La Région et Île-de-France Mobilités mobiliseront ensemble 100 M€ pour soutenir ce plan et traiter toutes les attentes des utilisateurs. Pour inciter les usagers de grande couronne à franchir le pas du vélo électrique, un service régional de location longue durée de vélos à assistance électrique sera créé.
Les collectivités engagées dans ce défi s'engagent à favoriser l'usage du vélo et à en faire un mode de transport quotidien à part entière. Il s'agit à la fois de lever les freins à la pratique courante (développement des réseaux cyclables sécurisés, aménagement des carrefours pour protéger les cyclistes, supprimer les coupures, augmenter les places de parking sécurisées près des lieux d'activités et des gares...) et d'inciter les franciliens à pédaler (mise à disposition d'aides à l'achat d'un vélo, mise en place de l'indemnité kilométrique vélo, campagnes de sensibilisation...).

Défi 8 : Marchons, respirons !

La marche est un élément privilégié de la chaîne de déplacements courts et de la multimodalité en particulier dans les zones urbaines ou en complément d'autres modes de transport (intermodalité).
Sur de courtes distances, la marche peut se substituer à la voiture ou à l'utilisation de transports en commun. Le recours à la marche permet ainsi de limiter le nombre de véhicules en circulation. Cependant, les trajets à emprunter ne sont pas toujours suffisamment adaptés aux piétons : trottoirs restreints, éclairage insuffisant, séparation avec la circulation fragile, rupture des voies piétonnes sont autant d'actions décourageant la circulation piétonne.
Les collectivités engagées dans ce défi visent à redonner le goût de la marche pour des déplacements quotidiens courts en mettant en place des aménagements et des signalétiques sécurisant les piétons et rendant plus agréables les trajets.

Défi 9 : Pour un air sain, chauffons malin

Le chauffage résidentiel au bois, utilisé par près de 800 000 ménages franciliens, représente 29% des émissions de particules fines émises par an en Île-de-France. Les polluants sont émis en raison de l'usage d'équipements peu performants ou de mauvaises pratiques. Le remplacement des équipements anciens les plus polluants et la sensibilisation constituent donc des leviers d'action primordiaux.
L'État a mis en place en 2015 les conditions permettant de créer des fonds d'aide au remplacement des chauffages aux bois polluants (fonds air-bois de l'ADEME). L'objectif du fonds est de verser une prime aux particuliers pour les inciter à remplacer les anciens équipements de chauffage au bois par des équipements performants. La Région a adopté fin 2016, un dispositif pour déployer le fond avec un financement Région/ADEME en s'appuyant sur les Départements pour sa gestion. La démarche est opérationnelle dans un territoire pilote du Département de l'Essonne et sera étendue à l'ensemble des départements de grande couronne, avec un effort d'animation et de conseils renforcé. Ce levier d'action est complémentaire du levier réglementaire qui interdit l'usage en chauffage principal de foyers ouverts et du Crédit d'impôt transition énergétique qui couvre 30% des dépenses.
Il existe également d'autres aides financières destinées à accompagner les particuliers dans le remplacement de leurs équipements ou pour diminuer leurs consommations de combustible grâce à la rénovation thermique des logements. La Région et l'ADEME, en s'appuyant sur les autres collectivités, interviennent également de manière incitative (appels à projets, contractualisation avec les territoires) pour améliorer l'efficacité énergétique. En zone urbaine dense avec de l'habitat collectif, il s'agit de développer des réseaux de chaleur avec des ENR sans émissions de polluants atmosphériques (géothermie) ou avec des chaufferies dont les émissions polluantes sont maîtrisées pour remplacer les modes de chauffages les plus émissifs.

Défi 10 : Privilégions les chantiers propres

La réalisation de travaux pour la construction de projets immobiliers, la rénovation des voiries, l'entretien ou le développement de réseaux est génératrice de nombreuses nuisances : émissions de poussières, bruit, pollution des eaux, production de déchets... Les chantiers franciliens représentent environ 12,3% des émissions de particules. Ces nuisances peuvent provenir des équipements utilisés (moteurs des engins et des groupes électrogènes), des déplacements des véhicules ou des manipulations sur site (affouillement par exemple).
Dans le domaine de la qualité de l'air, de nombreuses bonnes pratiques existent : couverture des stockages pulvérulents, arrosage des pistes, choix d'équipements peu émissifs (camions, groupes électrogènes), limitation des vitesses des engins, gestion des déchets.
Les collectivités engagées dans ce défi encouragent et privilégient les chantiers à faibles nuisances. Leurs actions peuvent prendre la forme de campagnes de sensibilisation des entreprises de chantiers, d'aides à destination des entreprises vertueuses, d'intégration de clauses particulières dans leurs appels d'offres de travaux ou de mise en place d'une charte globale Chantiers propres sur leur territoire.

Défi 11 : Rationalisons nos déplacements professionnels

En semaine, les Franciliens consacrent en moyenne 82 minutes par jour à se déplacer. Passer plus de deux heures dans les déplacements n'est pas une situation exceptionnelle en Île-de-France. C'est une réalité quotidienne pour plus de 22 % des Franciliens, soit près de deux fois plus qu'en province (12 %). En effet, en Île-de-France, le lieu de travail est souvent éloigné du lieu de résidence, du moins en termes de temps de transport. La densité importante de la région Île-de-France et la moindre fluidité du trafic routier limitent la vitesse moyenne de déplacement.
Des outils existent aujourd'hui pour limiter nos déplacements professionnels. Le télétravail par exemple se développe. Plus généralement, une réflexion sur les horaires de travail pour éviter les déplacements pendant les heures de pointe, l'organisation de réunion (visio ou téléconférences), ou sur la mutualisation des moyens de déplacements par son personnel permet de décongestionner les modes de déplacement (trafic et transports en commun), et limiter l'usage de la voiture.
Les collectivités engagées dans ce défi déploient le télétravail au sein de leurs services, développe des tiers-lieux ou incitent les entreprises à réaliser un plan de mobilité inter-entreprises permettant de rationaliser leurs déplacements professionnels.

- Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques [PREPA]

Ce plan, prévu par l'article 64 de la loi relative à la transition énergétique pour le PRÉPA 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. Ce plan combine les différents outils de la politique publique en matière de réglementations sectorielles, mesures fiscales, incitatives, actions de sensibilisation et de mobilisation des acteurs, action d'amélioration des connaissances.
Tel que prévu par l'article 64 de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, le PRÉPA est composé par :

un décret fixant des objectifs chiffrés de réduction des émissions des principaux polluants à l'horizon 2020, 2025 et 2030

un arrêté établissant -pour la période 2016-2020 - les actions prioritaires retenues et les modalités opérationnelles pour y parvenir.

La consultation du public s'est terminée le 27 avril 2017 et le décret est paru au Journal Officiel le 11 mai de la même année.

Les objectifs nationaux de réduction des émissions de certains polluants atmosphériques, en application de l'*Article L. 222-9 du Code de l'Environnement*, sont présentés dans le *Décret N° 2017-949 du 10 mai 2017* fixant les objectifs nationaux de réduction des émissions de certains polluants atmosphériques.
Ces derniers sont présentés dans le tableau qui va suivre.

Tableau 84: Objectifs de réduction des émissions de polluants atmosphériques

POLLUANTS	Années 2020 à 2024	Années 2025 à 2029	À partir de 2030
SO_2	-55%	-66%	-77%
NOx	-50%	-60%	-69%
COVNM	-43%	-47%	-52%
NH_3	-4%	-8%	-13%
PM2,5	-24%	-42%	-57%

Les actions prioritaires sont présentées dans l'arrêté du 10 mai 2017 établissant le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques.
Les actions relevant du domaine des transports et de la mobilité sont les suivantes :

Convergence de la fiscalité entre l'essence et le gazole et alignement des régimes de déductibilité de la TVA entre l'essence et le gazole

Encouragement de la mise en place de plans de mobilité par les entreprises et les administrations, ainsi que de l'utilisation des vélos

- Encouragement de l'utilisation des véhicules les moins polluants :
- Accompagnement technique et financier à la mise en place des ZCR [**z**ones à **c**irculation **r**estreinte]
- Utilisation des certificats qualité de l'air (CRIT'AIR) dans les ZCR et les zones visées par la circulation différenciée
- Encouragement de la conversion des véhicules les plus polluants et l'achat de véhicules plus propres à l'aide de bonus écologiques et de primes à la conversion
- Développement des infrastructures pour les carburants propres au titre du cadre national pour les carburants alternatifs
- Renouvellement du parc public par des véhicules faiblement émetteurs (*Article 37 de la Loi de transition énergétique*)

- **Renforcement des contrôles des émissions des véhicules routiers et engins mobiles non routiers**

En 2021, un groupe de travail a été constitué au Conseil national de l'air pour débattre de la révision du PREPA[49].

- Plan Climat Énergie Territorial

La loi « Grenelle II », du 12 juillet 2010, instaure l'obligation pour toutes les collectivités de plus de 50 000 habitants de se doter d'un **P**lan **C**limat-**É**nergie **T**erritorial (PCET).
Pour contribuer à la lutte contre le changement climatique, la France s'est engagée, au niveau européen et mondial, sur des objectifs très ambitieux.
Le PCET est un outil de planification d'actions concrètes, à court, moyen et long termes (horizon 2050), relatives à la lutte contre le changement climatique qui s'opère.
Ce plan d'action vise 2 objectifs :

- **« l'Atténuation » : réduire les émissions de gaz à effet de serre du territoire par des mesures de sobriété et d'efficacité énergétique et par le développement d'énergies renouvelables.**
- **« l'Adaptation » : identifier les vulnérabilités locales dues au changement climatique et développer un scénario d'adaptation.**

En 2014, le Plan Climat Énergie Territorial est devenu Plan Climat Air Énergie Territorial.

- Plan climat-air-énergie territorial (PCAET)

Le **P**lan **C**limat-**A**ir-**E**nergie **T**erritorial définit - dans les champs de compétence de la collectivité publique concernée - les objectifs stratégiques et opérationnels afin d'atténuer le réchauffement climatique et de s'y adapter, le programme des actions à réaliser afin d'améliorer l'efficacité énergétique et de réduire l'impact des émissions de gaz à effet de serre, et un dispositif de suivi et d'évaluation des résultats.
En Ile de France, des plans d'actions transversaux par les collectivités ont été constitués en déclinant les objectifs, orientations et recommandations du Schéma Régional du Climat de l'Air et de l'Énergie (SRCAE). Ils comportent également un plan d'actions pour lutter contre la pollution atmosphérique dont les impacts cumulés doivent permettre avec le Plan de Protection de l'Atmosphère d'Ile-de-France et la feuille de route pour la qualité de l'air, de respecter les valeurs limites de qualité de l'air européen. Il y aura une révision tous les 6 ans.

Depuis la *Loi du 17 aout 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte*, seuls les établissements publics de coopération intercommunale ont été soumis à cette obligation :

- **au plus tard le 31 décembre 2016 pour les établissements publics de coopération intercommunale de plus de 50 000 habitants existants au 1er janvier 2015.**
- **au plus tard le 31 décembre 2018 pour les établissements publics de coopération intercommunale de plus de 20 000 habitants existants au 1er janvier 2017.**

Les PCAET doivent faire l'objet d'une évaluation environnementale afin de démontrer que les actions prévues permettent d'atteindre les objectifs assignés au territoire et de vérifier qu'elles prennent en compte les enjeux environnementaux et sanitaires liés à l'énergie et à sa production, ceux liés à la qualité de l'air et ceux conditionnés par le changement climatique (notamment les risques naturels et les enjeux liés à l'eau).
59 collectivités sont concernées par l'obligation de réaliser un PCAET en Île-de-France.

Par ailleurs, le PCAET devra contenir :

- **Un bilan d'émissions de gaz à effet de serre du territoire.**
- **Des objectifs stratégiques et opérationnels en matière d'atténuation et d'adaptation au changement climatique.**
- **Un plan d'actions portant sur :**
  - l'amélioration de l'efficacité énergétique ;
  - le développement coordonné des réseaux de distribution d'électricité, de gaz et de chaleur ;
  - l'augmentation de la production d'énergies renouvelables ;
  - la valorisation du potentiel d'énergie issue de la récupération ;
  - le développement du stockage et l'optimisation de la distribution d'énergie ;
  - le développement de territoires à énergie positive ;
  - la limitation des émissions de gaz à effet de serre ;
  - l'anticipation des impacts du changement climatique ;
  - la mobilité sobre et décarbonée ;
  - la maîtrise de la consommation d'énergie de l'éclairage public (si compétence) ;
  - le schéma directeur de développement de réseau de chaleur ;
  - la lutte contre la pollution atmosphérique (s'il existe un plan de protection de l'atmosphère).
- **Un dispositif de suivi et d'évaluation.**

[49] https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques-reduire-pollution-lair#scroll-nav__8

La planche suivante illustre l'état d'avancement de réalisation des PCAET en Île-de-France au 09 mai 2022[50].

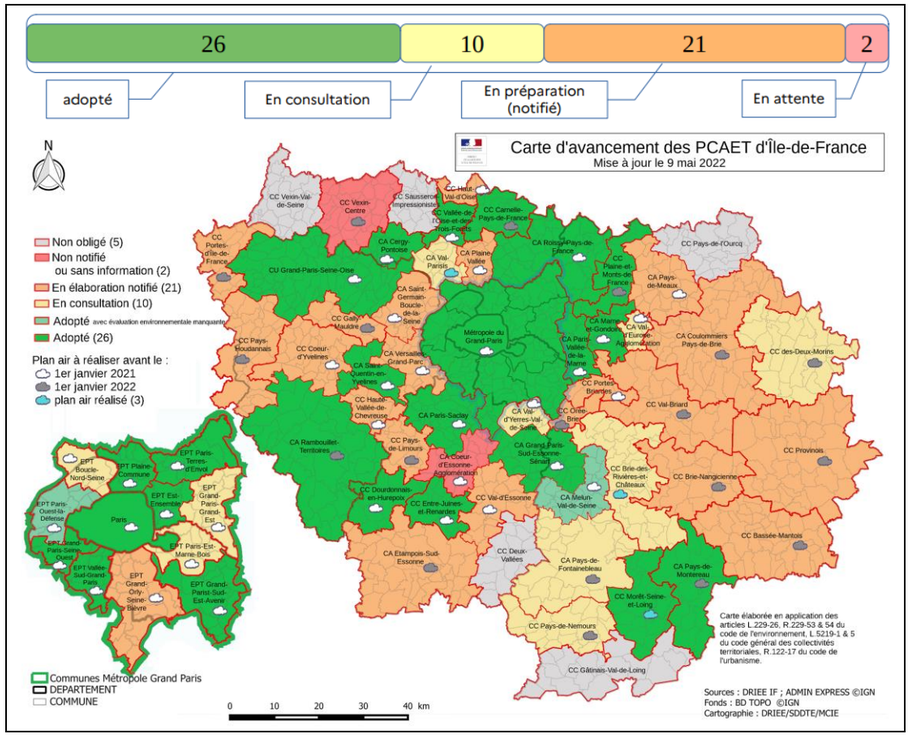


Figure 173 : Carte de l'état d'avancement des PCAET en Île-de-France au 09 mai 2022

Châtenay-Malabry fait partie de l'Établissement Public Territorial (EPT) Vallée Sud – Grand Paris depuis le 1er janvier 2016, dont le PCAET a été adopté le 07 avril 2022.

Bâti sur un diagnostic, le PCAET de Vallée Sud-Grand Paris a été arrêté mardi 29 juin 2021 en Conseil de Territoire. Fruit d'une large concertation menée avec les habitants lors d'ateliers participatifs, les associations et les élus des onze villes composant le territoire, ce plan se concentre sur des leviers stratégiques permettant de réduire les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre, et d'améliorer la qualité de l'air.

Parmi les objectifs fixés :

- **-40 % d'émissions de gaz à effets de serre en 2030.**
- **100 % de déchets valorisés d'ici 2030.**
- **100 % des logements rénovés énergétiquement d'ici 2050.**
- **-45 % de déchets sur le territoire d'ici 2050.**
- **15 % de déplacement à vélo d'ici 2050.**

Au vu des objectifs fixés, Vallée Sud-Grand Paris a priorisé 10 projets phares représentant un fort effet levier dans leur réalisation :

- **1-Le développement de la géothermie et la création de nouveaux réseaux de chaleur**

Le territoire possédant un fort potentiel en géothermie, Vallée Sud–Grand Paris a choisi de s'appuyer essentiellement sur la géothermie pour répondre aux besoins énergétiques de ses habitants. En développant de nouveaux réseaux de chaleur, VSGP souhaite faire de la géothermie la 1ère source d'énergie produite localement sur le territoire.

- **2-L'accompagnement à la rénovation énergétique**

Vallée Sud–Grand Paris s'est fixé l'objectif de rénover la totalité des logements existants sur le territoire d'ici 2050, soit environ 6000 logements par an pour avoir un impact à la hauteur des ambitions de réduction des consommations énergétiques et d'émissions de gaz à effet de serre. Afin d'accompagner les habitants dans leur projet de rénovation, Vallée Sud - Grand Paris souhaite mettre en place une SEM Énergie.

- **3-La création d'une station hydrogène**

Pour favoriser l'essor des motorisations propres et reconquérir la qualité de l'air, le territoire souhaite soutenir l'émergence d'un écosystème hydrogène. La première station hydrogène, alimentée à partir d'énergies renouvelables locales, s'installera ainsi sur le site de Châtenay-Malabry (projet 7). Cette énergie ravitaillera la flotte de véhicules du territoire, comme les bennes à ordures ménagères, quelques bus et véhicules de service.

- **4-Le développement des infrastructures cyclables**

Pour donner suite aux attentes des riverains, Vallée Sud–Grand Paris a décidé de viser 10% de déplacement à vélo d'ici 2030 et 15% d'ici 2050. La réalisation d'un schéma directeur cyclable et l'installation de consignes à vélo représentent une des priorités pour atteindre les objectifs fixés.

- **5-Le traitement des biodéchets**

Via des micro-méthaniseurs, Vallée Sud-Grand Paris compte expérimenter la valorisation des biodéchets pour créer du biogaz et atteindre ainsi l'objectif de valoriser et recycler 100% des déchets du territoire.

- **6**-Le déploiement de bornes de recharges électriques

Pour éviter les émissions de gaz à effet de serre et les consommations énergétiques, Vallée Sud-Grand Paris a fait le choix de développer les motorisations électriques à batterie via le déploiement de bornes électriques.

[50] http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/suivi-de-l-elaboration-des-pcaet-franciliens-a4120.html

7-L'installation d'un démonstrateur écologique à Châtenay-Malabry

Le Territoire ambitionne de réaliser un lieu d'accueil pour plusieurs projets innovants en termes de transition écologique. La ressourcerie territoriale verra le jour sur ce site, tout comme l'école du développement durable et la station de micro-méthanisation. Ce site fera également l'objet d'une renaturation écologique, occasion de mettre en avant de manière pédagogique un parcours écologique sur un site naturel.

8-La création d'un écopôle à Bagneux

Dans le même esprit que le démonstrateur, ce site regroupera des projets ambitieux et innovants touchant à l'économie verte et circulaire. Pour rendre plus efficace la logistique urbaine sur le territoire et désengorger les centres villes, cet écopôle intégrera un écopoint et un espace de stockage de matériaux du BTP pour favoriser leur recyclage et leur réutilisation.

9-La lutte contre les îlots de chaleur urbains et la végétalisation des rues

Essentielle pour s'adapter au changement climatique tout en préservant la qualité de vie, la végétalisation du territoire est une thématique qui est fortement ressortie de la concertation auprès des habitants. Dans ce cadre, la résorption des îlots de chaleur existants ainsi que la protection et la création d'îlots de fraîcheur sont prioritaires.

10-La création d'un guide de bonnes pratiques d'aménagement durable

L'élaboration d'un guide de bonnes pratiques des opérations d'aménagement permettra au territoire de se doter d'une boîte à outils, sur le plan méthodologique et opérationnel adaptée aux spécificités du territoire. Cette démarche associant étroitement l'ensemble des acteurs (communes et aménageurs) permettra de créer une méthode et des outils visant à construire une culture commune de la gestion de projet d'aménagement durable.

- Loi de transition énergétique pour la croissance verte

La Loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte fixe les grands objectifs d'un nouveau modèle énergétique français et vise à encourager une « croissance verte » en réduisant la facture énergétique de la France et en favorisant les énergies propres et sûres.
Les thèmes suivants sont abordés :

Rendre les bâtiments et les logements économes en énergie.

Donner la priorité aux transports propres :

- Aider à remplacer les vieux véhicules diesel par des voitures électriques ;
- Favoriser le covoiturage en entreprise ;
- Inciter à réaliser les trajets domicile-travail à vélo.

Viser un objectif « zéro gaspillage ».

Monter en puissance sur les énergies renouvelables.

Lutter contre la précarité énergétique.

- Territoire à Énergie Positive pour la Croissance Verte [TEPCV]

Un Territoire à Énergie Positive pour la Croissance Verte (TEPCV) est un territoire d'excellence de la transition énergétique et écologique.
La collectivité concernée s'engage à réduire les besoins en énergie de ses habitants, des constructions, des activités économiques, des transports, des loisirs.
Elle propose un programme global pour un nouveau modèle de développement, plus sobre et plus économe.
La carte suivante présente les TEPCV en Île-de-France en vigueur au 04 août 2017.

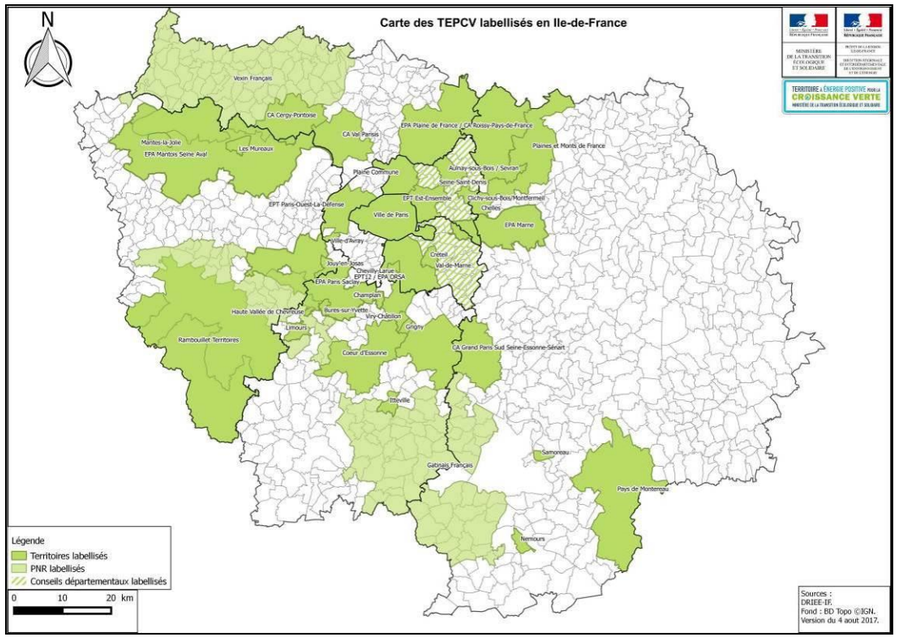


Figure 174 : Carte des territoires à énergie positive pour la croissance verte en Ile-de-France au 04-08-2017

En Île-de-France, un territoire à énergie positive pour la croissance verte s'engage autour des priorités suivantes :

La réduction de ses consommations d'énergie en agissant sur son patrimoine comme sur l'espace public (notamment par la rénovation thermique des bâtiments ou l'amélioration de l'éclairage public),

La couverture de ses besoins en chaleur par des énergies renouvelables et de récupération disponibles localement (chaleur fatale, géothermies et bois-énergie), en mobilisant autant que possible le développement des réseaux de chaleur,

- **Le développement de mobilités bas-carbone (incitation aux modes de déplacements actifs tels que la marche et le vélo).**

Un tel territoire est également capable d'évaluer l'efficacité des actions mises en place en mesurant les économies d'énergies réalisées et les émissions de CO_2 évitées.
Ces démarches peuvent être accompagnées par des projets d'aménagement et d'urbanisme durables, d'économie circulaire, de communication et sensibilisation du public, d'expérimentations de solutions innovantes et de biodiversité.

La commune de Châtenay-Malabry ne fait pas partie d'un territoire labellisé TEPCV.

- Contrat de transition écologique [CTE]

Le dispositif CTE (Contrat de Transition Écologique) succède à TEPCV (Territoires à énergie positive pour la croissance verte).
Lancés en 2018, les contrats de transition écologique (CTE) traduisent les engagements environnementaux pris par la France (Plan climat, COP21, One Planet Summit) au niveau local. Ce sont des outils au service de la transformation écologique de territoires volontaires, autour de projets durables et concrets.

Mis en place par une ou plusieurs intercommunalités, le CTE est co-construit à partir de projets locaux, entre les collectivités locales, l'État, les entreprises, les associations… Les territoires sont accompagnés aux niveaux technique, financier et administratif, par les services de l'État, les établissements publics et les collectivités. Le CTE fixe un programme d'actions avec des engagements précis et des objectifs de résultats.

Ce dispositif est une démarche volontaire qui fixe les grands objectifs et engagements en matière de transition écologique à l'échelle privilégiée des EPCI et de leurs groupements.

La commune de Châtenay-Malabry n'appartient pas à un territoire labellisé CTE.

- Contrat de relance et de transition écologique [CRTE]

En novembre 2020, les Contrats de Relance et de Transition écologique (CRTE) prennent la suite des Contrats de Transition écologique (CTE).
Les CRTE répondent à une triple ambition : la transition écologique, le développement économique et la cohésion territoriale.
Destinés à tous les territoires (rural, urbain, ultra marin), les CRTE ont vocation à participer activement à la réussite du plan « France Relance », le plan de relance économique et écologique de la France, à court terme. À plus long terme, ces contrats permettront d'accélérer les dynamiques de transformations à l'œuvre dans tous les territoires dans les six prochaines années. Ainsi, l'ensemble des territoires de la métropole et des outre-mer se verront proposer l'élaboration d'un CRTE.

Les cartes suivantes[51] présentent le périmètre retenu du CRTE dans lequel s'inscrivent les Hauts-de-Seine, à savoir le CRTE de la Métropole du Grand Paris ainsi que l'état d'avancement des CRTE en France.

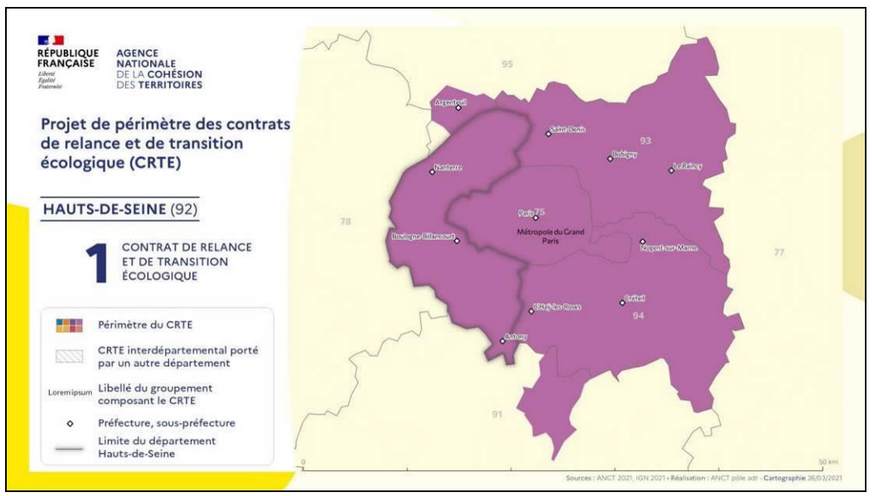


Figure 175 : Périmètre du CRTE d'appartenance des Hauts-de-Seine

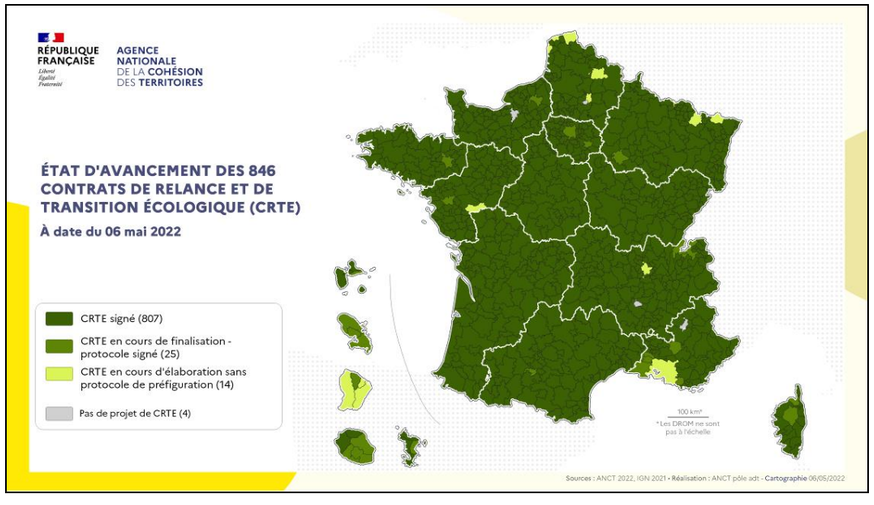


Figure 176 : État d'avancement des 846 CRTE en France au 06 mai 2022

La commune de Châtenay-Malabry appartient à la Métropole du Grand Paris, ayant signé son protocole de Contrat de Relance et Transition Écologique avec l'État le 18 mars 2021. Le CRTE est en cours de finalisation.

[51] https://agence-cohesion-territoires.gouv.fr/cartes-et-donnees-433

Ce CRTE est fondé sur 3 axes :

- **1-Le développement et le rayonnement économiques :**
  - Les centres-villes vivants
  - Le soutien aux entreprise et à la relocalisation
  - Le numérique
  - Inclusion au numérique
  - Transition numérique des communes et services publics numériques
  - La digitalisation des TPE, PME, commerçants et artisans
  - L'amélioration durable et l'agriculture urbaine
- **2**-La transition écologique :
  - La reconquête des friches urbaines
  - Les quartiers de gare
  - Le contrat de Projet partenarial d'aménagement (PPA)
  - Les activités fluviales
  - Les mobilités durables
  - L'électromobilité
  - Vélos
  - Équipements structurants
  - La ZFE métropolitaine
  - La rénovation énergétique des bâtiments
  - Immobilier de l'État
  - Immobilier des collectivités territoriales
  - Logements des particuliers
  - Les forêts
- **3-Les solidarités :**
  - La rénovation du parc immobilier et les copropriétés dégradées
  - La santé

- Stratégie Nationale Bas Carbone [SNBC 2]

La France s'est engagée, avec la première Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC1 ; 2015-2028) à réduire de 75 % ses émissions GES à l'horizon 2050 par rapport à 1990 (Facteur 4).
La SNBC (Stratégie nationale bas carbone) par le décret n° 2015-1491 du 18 novembre 2015 fixe un objectif de réduction de l'empreinte carbone nationale pour les secteurs du transport, logement, industrie, agriculture, énergie et déchet.
Les « budgets carbone » sont les plafonds d'émissions de gaz à effet de serre.
Ils sont fixés par périodes successives de 5 ans, pour définir la trajectoire de baisse des émissions. La SNBC permet de mobiliser les financements pour la transition énergétique. Cela passe par un prix du carbone suffisamment élevé, ce qui est fait dans la loi de transition énergétique pour la croissance verte avec la fixation d'une trajectoire à 56 € par tonne de CO_2 en 2020 et à 100 € par tonne de CO_2 en 2030.

Le ministère de la Transition Écologique et Solidaire a rendu public le 6 décembre 2018 le projet révisé de Stratégie nationale bas-carbone (SNBC2 ; 2019-2033), visant la neutralité carbone en 2050. Ce principe de neutralité carbone impose de ne pas émettre plus de gaz à effet de serre que le territoire peut en absorber *via* notamment les forêts ou les sols.

Le projet de **SNBC 2** a fait l'objet d'une consultation publique du 20 janvier au 19 février 2020. La SNBC 2 a été adoptée le 21 avril 2020. La SNBC 2 vise la neutralité carbone ce qui implique de diviser les émissions de GES au moins par un facteur 6 d'ici 2050, par rapport à 1990.
Les objectifs fixés par cette SNBC révisée par secteur seront les suivants :

- **Transports : baisse de 28 % des émissions de GES en 2030 par rapport à 2015 et décarbonation complète en 2050 (hors aérien) ;**
- **Bâtiment : baisse de 49 % des émissions de GES en 2030 par rapport à 2015 et décarbonation complète en 2050 ;**
- **Agriculture : baisse de 19 % des émissions de GES en 2030 par rapport à 2015 et de 46 % en 2050 ;**
- **Forets et sous-bois : maximiser les puits de carbone (séquestration dans les sols, la forêt et les produits bois) en 2050 ;**
- **Production d'énergie : baisse de 33 % des émissions de GES en 2030 par rapport à 2015 et décarbonation complète en 2050 ;**
- **Industrie : baisse de 35 % des émissions de GES en 2030 par rapport à 2015 et de 81 % en 2050 ;**
- **Déchets : baisse de 35 % des émissions de GES en 2030 par rapport à 2015 et de 66 % en 2050.**

La nouvelle version de la SNBC fixe les budgets Carbone pour les périodes 2019-2023, 2024-2028 et 2029-2033 (graphique ci-dessous).

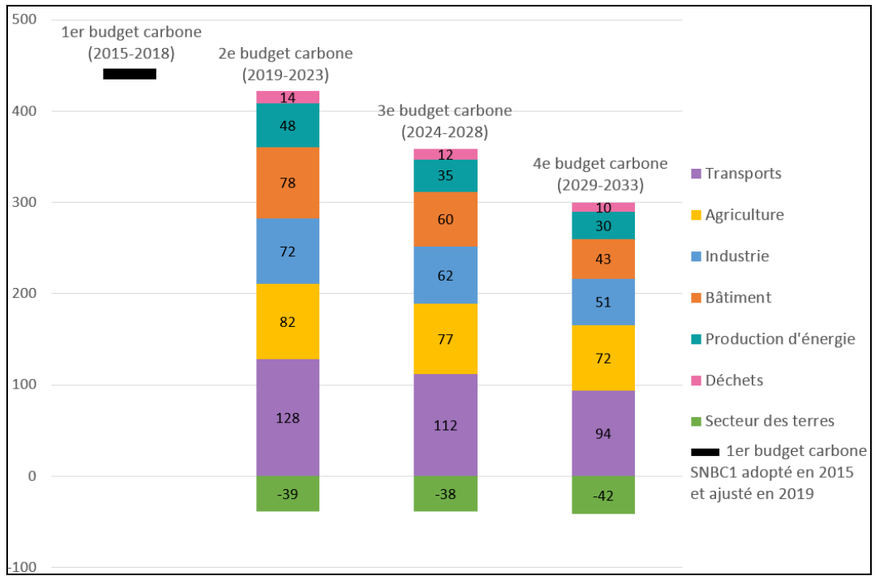


Figure 177 : Budgets carbone par secteur en Mt de CO_2 équivalent tels que définis dans la SNBC 2 (Source : Ministère de transition écologique et solidaire)

- Plan de Déplacements Urbains [PDU]

Après l'évaluation du premier **P**lan de **D**éplacements **U**rbains d'Île-de-France (2010), le second PDU a été approuvé en juin 2014 par le Conseil Régional d'Île-de-France.
Ce PDU vise à atteindre un équilibre durable entre les besoins de mobilité des personnes et des biens, d'une part, la protection de l'environnement et de la santé et la préservation de la qualité de vie, d'autre part ; le tout sous la contrainte des capacités de financement.
Le PDU Ile-de-France a pour but de faire évoluer les pratiques de déplacements vers une mobilité plus durable sur la période 2010-2020 dans un contexte de croissance globale des déplacements de 7 %. Pour atteindre une diminution de 20 % des émissions de gaz à effet de serre, d'ici 2020, le PDUIF ambitionne ainsi dans l'ensemble :

- **une croissance de 20 % des déplacements en transports collectifs ;**
- **une croissance de 10 % des déplacements en modes actifs (marche et vélo). Au sein des modes actifs, le potentiel de croissance du vélo est de plus grande ampleur que celui de la marche ;**
- **une diminution de 2 % des déplacements en voiture et deux-roues motorisés.**

Le PDU comprend 9 défis à relever, déclinés en 34 actions opérationnelles, pour atteindre cet équilibre.

- **Défi 1 : Construire une ville plus favorable à l'usage des transports collectifs, de la marche et du vélo**
  - Agir à l'échelle locale pour une ville plus favorable à l'usage des modes alternatifs à la voiture
- **Défi 2 : Rendre les transports collectifs plus attractifs**
  - Un réseau ferroviaire renforcé et plus performant
  - Un métro modernisé et étendu
  - Tramway et Tzen : une offre de transport structurante
  - Un réseau de bus plus attractif et mieux hiérarchisé
  - Aménager des pôles d'échanges multimodaux de qualité
  - Améliorer l'information voyageurs dans les transports collectifs
  - Faciliter l'achat des titres de transport
  - Faire profiter les usagers occasionnels du pass sans contact Navigo
  - Améliorer les conditions de circulation des taxis et faciliter leur usage
- **Défi 3 : Redonner de l'importance à la marche dans la chaine de déplacement**
  - Pacifier la voirie
  - Résorber les principales coupures urbaines
  - Aménager la rue pour le piéton
- **Défi 4 : Donner un nouveau souffle à la pratique du vélo**
  - Pacifier la voirie
  - Résorber les principales coupures urbaines
  - Rendre la voirie cyclable
  - Favoriser le stationnement des vélos
  - Favoriser et promouvoir la pratique du vélo auprès de tous les publics
- **Défi 5 : Agir sur les conditions d'usage des modes individuels motorisés**
  - Atteindre un objectif ambitieux de sécurité routière
  - Mettre en œuvre des politiques de stationnement public au service d'une mobilité durable
  - Encadrer le stationnement privé
  - Optimiser l'exploitation routière pour limiter la congestion
  - Encourager et développer la pratique du covoiturage
  - Encourager l'autopartage

- **Défi 6 : Rendre accessible l'ensemble de la chaine de déplacement**
  - Rendre la voirie accessible
  - Rendre les transports collectifs accessibles
- **Défi 7 : Rationaliser l'organisation des flux de marchandises et favoriser le transport par fret ferroviaire et par voie d'eau**
  - Préserver et développer des sites à vocation logistique
  - Favoriser l'usage de la voie d'eau
  - Améliorer l'offre de transport ferroviaire
  - Contribuer à une meilleure efficacité du transport routier de marchandises et optimiser les conditions de livraison
  - Améliorer les performances environnementales du transport de marchandises
- **Défi 8 : Construire un système de gouvernance responsabilisant les acteurs pour la mise en œuvre du PDU-IdF**
- **Défi 9 : Faire des Franciliens des acteurs responsables de leurs déplacements**
  - Développer les plans de déplacements d'entreprises et d'administration
  - Développer les plans de déplacements d'établissements scolaires
  - Donner une information complète, multimodale, accessible à tous et développer le conseil en mobilité
- **Actions environnementales en dehors des défis :**
  - Accompagner le développement de nouveaux véhicules
  - Réduire les nuisances sonores liées aux transports.

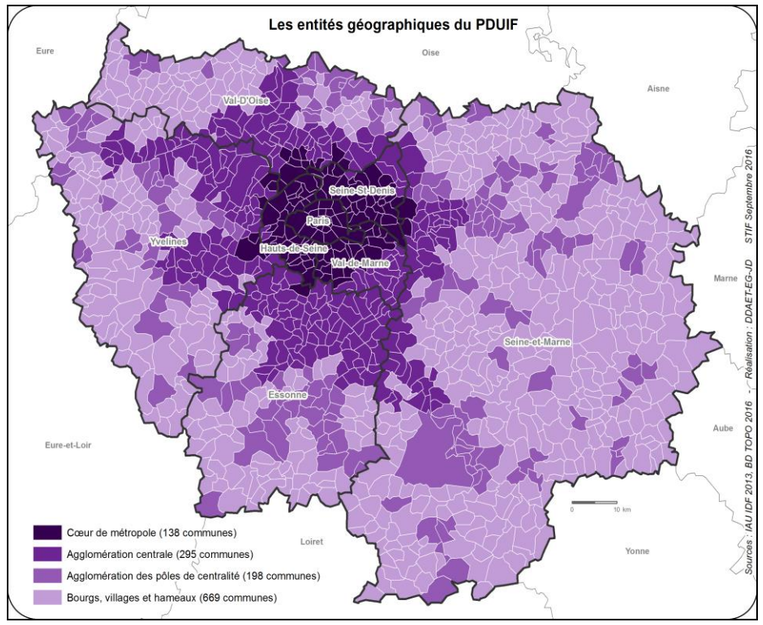


Figure 178 : Les entités géographiques du PDU Île-de-France

Châtenay-Malabry fait partie de la zone appelée « Cœur de métropole » du PDUIF.

Les territoires constituant le « Cœur de métropole » correspondent à des espaces urbanisés denses à structurer en continuité avec Paris.
Dans ce territoire, l'objectif sera d'accompagner le renforcement de la compacité urbaine par le développement de l'usage des transports collectifs et des modes actifs, afin d'atteindre une structure de mobilité proche de celle de Paris.
Le cœur de métropole doit répondre à plusieurs objectifs de développement sur son territoire : accueillir un métro modernisé et étendu et améliorer l'offre de transport ferroviaire, encourager la pratique du covoiturage et l'autopartage, rendre la voirie accessible. De façon plus large, elle doit faciliter l'achat de titre de transport et l'usage occasionnel, favoriser l'information sur les pratiques modales et permettre le développement de nouveaux véhicules.

Les actions à mener en fonction du type de territoire sont disponibles sur la planche suivante.

Numéro	Quelles actions pour quels territoires ?	Paris et cœur de métropole	Agglomération centrale	Agglomérations des pôles de centralité	Bourgs, villages et hameaux
1.1	Agir à l'échelle locale pour une ville plus favorable à l'usage des modes alternatifs à la voiture				
2.1	Un réseau ferroviaire renforcé et plus performant				
2.2	Un métro modernisé et étendu				
2.3	Tramway et Tzen : une offre de transport structurante				
2.4	Un réseau de bus plus attractif et mieux hiérarchisé				
2.5	Aménager des pôles d'échanges multimodaux de qualité				
2.6	Améliorer l'information voyageurs dans les transports collectifs				
2.7	Faciliter l'achat des titres de transport				
2.8	Faire profiter les usagers occasionnels du passe sans contact Navigo				
2.9	Améliorer les conditions de circulation des taxis et faciliter leur usage				
3/4.1	Pacifier la voirie				
3/4.2	Résorber les principales coupures urbaines				
3.1	Aménager la rue pour le piéton				
4.1	Rendre la voirie cyclable				
4.2	Favoriser le stationnement des vélos				
4.3	Favoriser et promouvoir la pratique du vélo auprès de tous les publics				
5.1	Atteindre un objectif ambitieux de sécurité routière				
5.2	Mettre en œuvre des politiques de stationnement public au service d'une mobilité durable				
5.3	Encadrer le stationnement privé				
5.4	Optimiser l'exploitation routière pour limiter la congestion				
5.5	Encourager et développer la pratique du covoiturage				
5.6	Encourager l'autopartage				
6.1	Rendre la voirie accessible				
6.2	Rendre les transports collectifs accessibles				
7.1	Préserver et développer des sites à vocation logistique				
7.2	Favoriser l'usage de la voie d'eau				
7.3	Améliorer l'offre de transport ferroviaire				
7.4	Contribuer à une meilleure efficacité du transport routier de marchandises et optimiser les conditions de livraison				
7.5	Améliorer les performances environnementales du transport de marchandises				
9.1	Développer les plans de déplacements d'entreprises et d'administration				
9.2	Développer les plans de déplacements d'établissements scolaires				
9.3	Donner une information complète, multimodale, accessible à tous et développer le conseil en mobilité				
ENV 1	Accompagner le développement de nouveaux véhicules				
ENV 2	Réduire les nuisances sonores liées aux transports				

L'action est à réaliser prioritairement sur le territoire — L'action est à réaliser sur le territoire — L'action concerne de manière marginale le territoire — L'action n'est pas territorialisée

Figure 179 : Actions du PDUIF en fonction du type de territoire

- Plan Local de déplacements (PLD)

En Île-de-France, le plan de déplacements urbains (PDUIF) définit la politique des transports pour l'ensemble de la région. Le PDUIF peut être complété, à l'échelle d'un EPCI (établissement public de coopération intercommunale), d'un EPT (établissement public territorial) ou des syndicats mixtes par un plan local de déplacement (PLD).
Le PLD est un outil de programmation opérationnel définissant les actions à mettre en œuvre localement pour contribuer à l'atteinte des objectifs régionaux du PDUIF. Il a une durée de 5 ans.

L'EPT Vallée Sud-Grand Paris n'a pas de PLD approuvé ou en élaboration répondant au PDUIF approuvé en 2014.

- Plan Local d'Urbanisme intercommunal (PLUi)

La compétence en matière de Plan Local d'Urbanisme - auparavant communale - a été transférée au 1er janvier 2016 au territoire (EPT Vallée Sud-Grand Paris), dans le cadre de la loi NOTRe.

La prescription d'un Plan Local d'Urbanisme intercommunal à l'échelle de l'Établissement Public Territorial « Vallée Sud-Grand Paris » a été délibérée en décembre 2018 en conseil de territoire.

Le délibéré fixe les objectifs suivants pour l'élaboration du PLUi :

OBJECTIF 1 : Conforter l'attractivité et le rayonnement du territoire.

Conforter l'offre économique

- Tendre vers un taux d'emploi de 1 :
- Renforcer la mixité fonctionnelle du territoire en s'assurant de la bonne cohabitation entre les différentes fonctions notamment économiques, d'habitat et d'enseignement ;
- Favoriser le rapprochement domicile / emploi ;
- Favoriser l'installation ou le développement de grandes entreprises sur le territoire en valorisant une offre foncière et immobilière adaptée sur certaines communes ;
- Favoriser l'accueil des Très Petites Entreprises et des Petites et Moyennes Entreprises (TPE/PME) et leur développement sur le territoire ;
- Développer une offre immobilière très qualitative sur certains sites pour des entreprises inscrivant leur développement sur le long terme et dans une logique de filière ;
- Favoriser sur certaines communes le développement de campus urbains rapprochant les pôles d'enseignement d'excellence du territoire et de ses acteurs économiques ;
- Réorienter et mettre à niveau le parc immobilier d'entreprises qui ne répond plus à la demande ou sui est en cours d'obsolescence ;
- Développer ou renforcer les services aux entreprises et aux salariés ;
- Développer et soutenir les projets innovants et la recherche ;
- Favoriser la mutation sur certaines communes de l'offre immobilière ;
- Favoriser le développement de l'Économie Sociale et Solidaire ;

Conforter les centralités commerciales existantes

- Conforter et pérenniser les centralités commerciales des centres-villes ;
- Conforter ou créer des centralités commerciales secondaires de proximité en lien avec les projets urbains, dans les nouveaux quartiers ou à proximité des gares ;
- Préserver de la concurrence des grands hypermarchés et centres commerciaux les centralités commerciales traditionnelles, en adaptant la taille des grandes surfaces et centres commerciaux aux besoins des quartiers et en limitant leur développement aux pôles d'intensité urbain tels que ceux localisés autour des nouvelles gares du Grand Paris Express ;
- Soutenir l'artisanat en permettant son installation ou son maintien.
- Affirmer la vocation culturelle et sportive du territoire
- Promouvoir une stratégie de mise en réseau de l'offre culturelles et sportive à l'échelle territoriale et métropolitaine permettant de valoriser les potentialités existantes à l'échelle communale ;
- Adapter les équipements aux évolutions démographiques et aux besoins de la population.

OBJECTIF 2 : Améliorer le cadre de vie de tous les habitants et des salariés.

Promouvoir un équilibre entre un développement urbain cohérent et la préservation du cadre de vie et de l'identité des villes
Axer le développement urbain sur certains secteurs, en tenant compte des densités existantes et en préservant les zones pavillonnaires et organiser le renouvellement urbain à travers une logique de projets sur des secteurs présentant un enjeu sur le territoire communal et intercommunal

- La reconquête de friches monofonctionnelles ;
- Le développement ou le renforcement de pôles urbains autour des futures gares du Grand Paris Express ;
- Une intensification urbaine le long des grands axes routiers bien desservis par les transports en commun ;
- La réalisation d'opérations de renouvellement urbain de grands ensembles de logements sociaux ;
- Un comblement des dents creuses dans les centres anciens constitués ;
- La rénovation et la réhabilitation du bâti ancien.

Assurer une production de logements répondant aux besoins de la population du territoire et permettant un parcours résidentiel de celle-ci en favorisant une offre de logements diversifiée.
Préserver les quartiers d'habitat individuel, composantes de la trame verte, qui contribuent à créer un paysage urbain ouvert, aéré et vert
Préserver et mettre en valeur le patrimoine bâti et le paysage urbain

- Maitriser l'évolution urbaine, tout particulièrement dans les secteurs pavillonnaires ;
- Préserver l'identité urbaine en valorisant les richesses du patrimoine urbain, paysager et architectural ;
- Préserver les grandes perspectives paysagères (cônes de vue…) qui se dégagent au sein du tissu urbain.

Renforcer le système de mobilité

- Renforcer le maillage du réseau de transport par la mise en œuvre de nouveaux projets structurants : création de Gares du Grand Paris Express, prolongation du tramway T10, prolongation de la ligne de métro 4 ;
- Compléter le maillage structurant par une desserte bus optimisée qui réponde aux évolutions de la demande ;
- Favoriser l'interconnexion entre les différentes infrastructures de transport.
- Favoriser le développement des pratiques de mobilité durable
- Renforcer la place des modes actifs par le développement du maillage d'itinéraires sécurisés et d'une offre de services et d'équipements adaptés ;
- Poursuivre le développement d'itinéraires et déplacements doux.

Faire de Vallée Sud- Grand Paris un « SMART » territoire en mettant en place pour ce faire des outils et services numériques adaptés

OBJECTIF 3 : Amplifier les actions du territoire sur la transition écologique, le renforcement de la trame verte et la préservation de la biodiversité.

Protéger et valoriser

- Les grandes masses vertes du territoire : forets, bois, domaines, parcs ;
- La coulée verte du sud parisien, colonne vertébrale de la trame verte du territoire ;
- Les jardins privatifs de zones pavillonnaires et ceux des résidences d'habitat collectif, véritables ilots de fraicheur ;
- Le patrimoine arboré de qualité recensé dans l'espace public et privé ;
- Les talus plantés et les coteaux arborés.

Connecter et mailler

- Créer de nouveaux espaces verts dans les opérations d'aménagement contribuant à compléter la trame verte ;
- Favoriser la végétation en ville ;
- Créer du lien entre les quartiers.

Mettre en œuvre les actions définies dans le PCAET de Vallée Sud-Grand Paris notamment dans les domaines de :

- La gestion des déchets urbains ;
- La gestion des eaux de pluie ;
- L'accompagnement des particuliers et copropriétés dans leur projets d'amélioration, notamment énergétiques, de leurs résidences ;
- L'amélioration de la performance des équipements publics.

Promouvoir, pour les nouvelles constructions, des objectifs de performances environnementales ambitieuses, adaptés aux différents types d'architectures.
Lutter contre les ilots de chaleur urbains.
Favoriser le développement des réseaux de chaleur.
Favoriser le développement de l'agriculture urbaine.
Enfouir les lignes à Très Haute Tension.
Réduire les nuisances engendrées par les emprises ferroviaires et routières.
Prévenir les risques, pollutions et nuisances de toute nature et, notamment, les risques géologiques du sous-sol et ceux liés aux anciennes carrières.

Le PLUi de l'EPT Vallée Sud-Grand Paris est en cours d'élaboration.

Le graphique suivant représente le calendrier prévisionnel de réalisation[52].

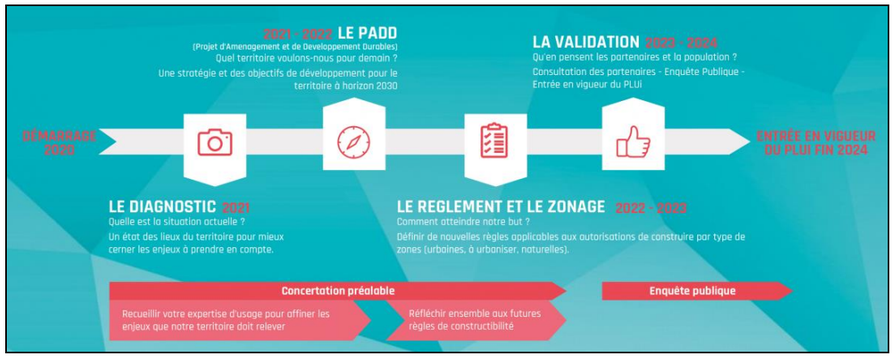


Figure 180 : Calendrier prévisionnel d'élaboration du PLUi Vallée Sud Grand Paris

- Plan Local d'Urbanisme (PLU)

Le PLU de Châtenay-Malabry a été approuvé par le Conseil Municipal du 20 décembre 2012. La dernière mise à jour date du 29 juin 2021.
Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) du PLU comporte 3 grands axes :

Axe 1 : Faire évoluer le schéma urbain :

- Adapter les évolutions des quartiers selon leur identité et leurs fonctions ;
- Faire de la mise en service du tramway le levier de la restructuration de l'avenue de la Division Leclerc et de ses abords ;
- Recréer de nouveaux secteurs exemplaires (coutume urbaine et valorisation de l'image du territoire) après la délocalisation de l'Ecole Centrale de Paris et de la faculté de Pharmacie ;

Axe 2 : Ambitionner un territoire vert

- Renforcer la qualité urbaine et le cadre de vie de la ville en respectant son organisation naturelle façonnée par le relief et ses grands espaces naturels ;
- Affirmer l'identité communale en révélant son patrimoine, souvent méconnu et disséminé sur le territoire ;
- Concevoir un projet urbain qui préserve l'environnement et les habitants des pollutions et nuisances ;

Axe 3 : Faire vivre la ville

- Renforcer l'attractivité de la ville ;
- Dynamiser la vie locale grâce à des quartiers attractifs et interconnectés.

[52] https://vsgp-plui.concertationpublique.com/quest-ce-que-le-plui/

- Contentieux européen

La France a fait l'objet d'un contentieux de l'Union Européenne pour non-respect des valeurs limites de concentration dans l'air de particules PM10. Dans diverses zones, le pays ne respecte pas les valeurs limites de particules PM10 dans l'air (concentration annuelle de 40 µg/m³ et concentration journalière de 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an), en vigueur depuis 2005.
Dans l'ensemble, 12 millions de Français étaient exposés en 2011 aux dépassements des valeurs limites de concentrations en PM10 (source : bilan de la qualité de l'air en France en 2011 et des principales tendances observées au cours de l'année 2011 - MEDDE).
La carte ci-après indique les zones pour lesquelles au moins un dépassement a été enregistré entre 2009 et 2011.
Parmi celles-ci, 15 font l'objet du contentieux engagé par la Commission européenne.

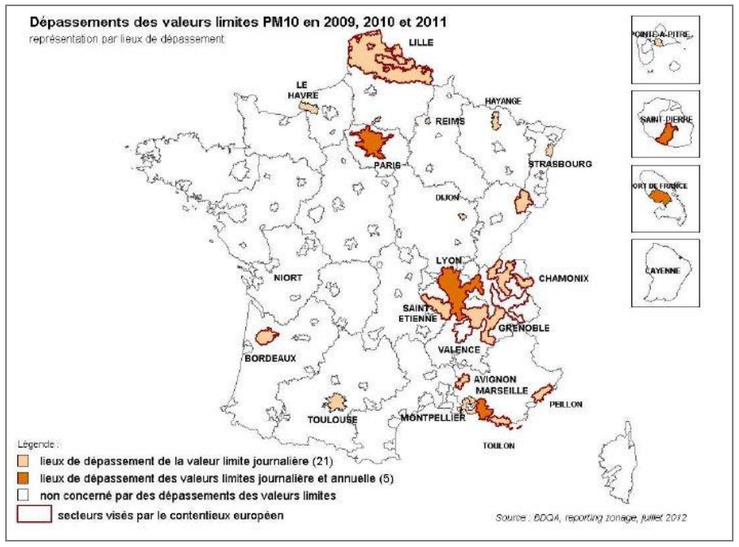


Figure 181: Zones concernées par les dépassements en PM10 – début du contentieux européen

Les zones de dépassement PM10 visées par le contentieux sont celles de : **Paris**, Marseille, Toulon, Avignon, la zone côtière urbanisée des Alpes-Maritimes, Valenciennes, Dunkerque, Lille, le territoire du Nord-Pas-de-Calais, Montbéliard/Belfort, Grenoble, Lyon, le reste de la région Rhône-Alpes, Bordeaux et l'île de La Réunion.

En février 2013, la Commission européenne a adressé à la France une mise en demeure. Il est reproché à la France de non seulement, ne pas se conformer aux niveaux réglementaires de concentrations de particules dans l'air mais aussi de ne pas mettre en place des plans d'action répondant aux ambitions de la directive.

En avril 2015, la France avait reçu un dernier avis motivé, la phase suivante étant une assignation de la France devant la Cour européenne de justice, avec le risque de se voir imposer de lourdes amendes pour non-respect des normes pour les PM10 pour 10 zones :

Douai-Béthune-Valenciennes, Grenoble, Lyon, Marseille, la Martinique, Nice, **Paris**, Toulon, la zone urbaine régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur et la zone urbaine régionale de Rhône-Alpes.

Pour information, la Commission européenne a décidé le 30 octobre 2020 de saisir la Cour de justice de l'Union européenne d'un recours contre la France relatif à la mauvaise qualité de l'air due à des niveaux élevés de particules (PM10) du fait que la France n'a pas respecté les valeurs limites journalières applicables aux particules PM10 qui sont juridiquement contraignantes depuis 2005. Les données fournies par la France confirment le non-respect systématique des règles de l'Union relatives aux valeurs limites pour les PM10 dans les zones de Paris et de la Martinique sur une durée de, respectivement, douze et quatorze ans.

Le 28 avril 2022, la cour de justice européenne a rendu dans un arrêté une décision qui constate que la France a manqué à ses obligations en matière de qualité de l'air. Cette décision fait suite à la saisine de la Commission européenne déposée en 2020.
La commission reproche à la France le non-respect systématique des règles de l'Union relatives aux valeurs limites pour les PM10 dans les zones de Paris et de la Martinique sur une durée de, respectivement, douze et quatorze ans.
La Cour observe effectivement des dépassements persistants et systématiques et valide la saisine.
Elle a également jugé qu'en n'ayant pas veillé à ce que les plans relatifs à la qualité de l'air prévoient des mesures appropriées pour que la période de dépassement de cette valeur limite soit la plus courte possible, a manqué, dans ces deux zones, depuis le 11 juin 2010, aux obligations qui lui incombent en vertu de l'article 23, paragraphe 1, deuxième alinéa, de la directive 2008/50, lu en combinaison avec l'annexe XV de celle-ci.
En effet, d'après cet article, lorsque le dépassement des valeurs limites fixées pour les PM10 a lieu après le délai prévu pour leur application, l'État membre concerné est tenu d'établir un plan relatif à la qualité de l'air qui réponde à certaines exigences. Ce plan doit prévoir les mesures appropriées pour que la période de dépassement de ces valeurs limites soit la plus courte possible et peut comporter des mesures additionnelles spécifiques pour protéger les catégories de population sensibles, notamment les enfants.
L'état français est donc condamné aux dépens. Mais il n'y a pas de sanction pécuniaire, pas encore. Elle doit se conformer à l'arrêt dans les plus brefs délais.

La France fait également l'objet de demandes d'information de la part de la Commission européenne pour non-respect des valeurs limites de concentration de dioxyde d'azote (NO_2) dans l'air et pour dépassement du plafond national d'émissions d'oxydes d'azote (NOx).

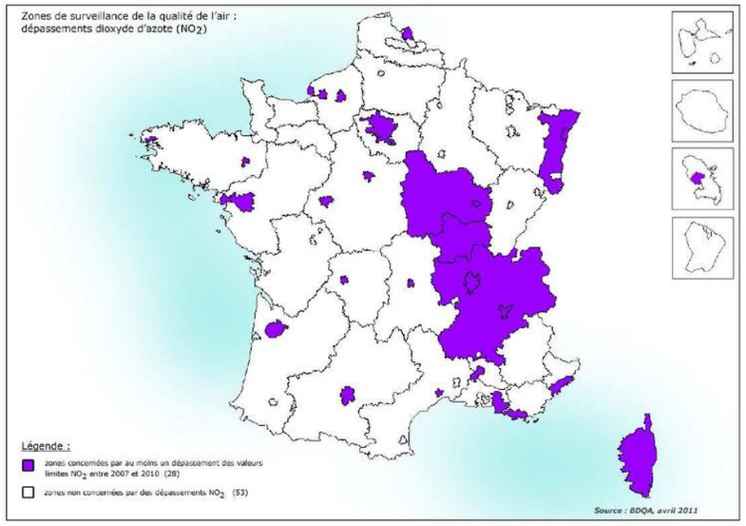


Figure 182 : Zones concernées par les dépassements en NO_2 au début du contentieux européen

En février 2014, la Commission Européenne a engagé une procédure contentieuse contre la France, avec demande de renseignements, sur les zones concernées par des dépassements récurrents des valeurs réglementaires de dioxyde d'azote et pour dépassement du plafond national d'émissions d'oxydes d'azote (NOx).
En mai 2015, elle a informé les autorités françaises que la réponse apportée en 2014 ne l'avait pas satisfaite.
Concernant la pollution au dioxyde d'azote, la France a été à nouveau mise en demeure par la Commission Européenne, le 18 juin 2015, pour non-respect des valeurs limites annuelles et pour insuffisance des plans d'action pour 19 zones en France : Marseille, Toulon, **Paris**, Clermont-Ferrand, Montpellier, la zone urbaine régionale de Languedoc-Roussillon, la zone urbaine régionale de Poitou-Charentes, Toulouse, Reims, Grenoble, Strasbourg, Rennes, Lyon, la vallée de l'Arve, Nice, Rouen, Saint Étienne, Bordeaux, et Tours.
Le 15 février 2017, la Commission européenne adressait un dernier avertissement à la France pour ne pas avoir remédié à ses infractions répétées en matière de pollution au dioxyde d'azote.
Faisant suite aux dépassements répétés des valeurs limites de qualité de l'air fixées et manquement à l'obligation de prendre des mesures appropriées pour écourter le plus possible les périodes de dépassement, la Commission a finalement saisi le 17 mai 2018 la Cour de justice de l'Union européenne de recours contre la France (et aussi l'Allemagne, la Hongrie, l'Italie, la Roumanie et le Royaume-Uni).
Cette étape de la procédure fait suite au sommet ministériel sur la qualité de l'air convoqué par le commissaire Vella le 30 janvier 2018 dans un ultime effort pour trouver des solutions au sérieux problème de pollution atmosphérique qui affecte neuf États membres.

Dans un arrêt rendu jeudi 24 octobre 2019, la Cour de Justice de l'Union Européenne (CJUE) a condamné la France aux dépens pour manquement aux obligations issues de la directive qualité de l'air de 2008. La justice européenne estime que la France a dépassé de

manière systématique et persistante la valeur limite annuelle et horaire pour le **dioxyde d'azote** depuis le 1er janvier 2010 pour respectivement 12 et 2 zones (Marseille, Toulon, Paris, Auvergne-Clermont-Ferrand, Montpellier, Toulouse Midi-Pyrénées, ZUR Reims Champagne-Ardenne, Grenoble Rhône-Alpes, Strasbourg, Lyon Rhône-Alpes, ZUR Vallée de l'Arve Rhône-Alpes et Nice pour le dépassement de la valeur limite annuelle ainsi que **Paris** et Lyon Rhône-Alpes pour celui de la valeur limite horaire).

Plusieurs mises en demeure avaient été préalablement notifiées à la France au motif que cette dernière n'a pas pris les mesures qui auraient dû être mises en place depuis 2005 pour les PM10, et 2010 envers le NO_2, pour protéger la santé des citoyens, et il lui était demandé d'engager des actions rapides et efficaces pour mettre un terme aussi vite que possible à cette situation de non-conformité.

La France est le troisième État condamné par la justice européenne pour avoir exposé ses citoyens à un air trop pollué. La Pologne et la Bulgarie ont été condamnés en 2017, mais n'ont pour l'instant pas fait l'objet d'une amende.
La France bénéficie d'un nouveau sursis. Elle doit se conformer à l'arrêt de la CJUE dans les meilleurs délais. Si la France est toujours dans l'incapacité de respecter la directive de 2008 sur la qualité de l'air à l'issue de cette période (à l'appréciation de Bruxelles), la Commission devra introduire un nouveau recours en exigeant cette fois des sanctions pécuniaires. Les juges de Luxembourg pourront alors décider d'une amende.
Les textes prévoient une sanction d'au moins 11 millions d'euros et des astreintes journalières d'au moins 240 000 euros jusqu'à ce que les normes de qualité de l'air soient respectées.

Les valeurs limites de pollution restent dépassées dans 9 zones en 2019 (dernière année pour laquelle le Gouvernement a fourni au Conseil d'État des chiffres complets) : Vallée de l'Arve, Grenoble, Lyon, Marseille-Aix, Reims, Strasbourg et Toulouse pour le dioxyde d'azote, Fort-de-France pour les particules fines, et **Paris** pour le dioxyde d'azote et les particules fines.

Le 30 octobre 2020, la Commission européenne a décidé de saisir la Cour de justice de l'Union européenne d'un recours contre la France relatif à la mauvaise qualité de l'air due à des niveaux élevés de particules (PM10) du fait que la France n'a pas respecté les valeurs limites journalières applicables aux particules PM10 qui sont juridiquement contraignantes depuis 2005. Les données fournies par la France confirment le non-respect systématique des règles de l'Union relatives aux valeurs limites pour les PM10 dans les zones de Paris et de la Martinique sur une durée de, respectivement, douze et quatorze ans.

Le 03 décembre 2020, la Commission européenne invite la France, par une lettre de mise en demeure, à exécuter l'arrêt rendu par la Cour de justice de l'Union européenne le 24 octobre 2019 (C-636/18). Dans cet arrêt, la Cour a constaté que la France n'avait pas respecté les valeurs limites applicables aux concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) dans douze agglomérations et zones de qualité de l'air et n'avait pas veillé à ce que la période de dépassement soit la plus courte possible, comme exigé par la directive 2008/50/CE. Ces agglomérations et zones sont Marseille, Toulon, **Paris**, Clermont-Ferrand, Montpellier, Toulouse, Reims, Grenoble, Strasbourg, Lyon, Nice et l'ancienne Vallée de l'Arve Rhône-Alpes (qui forme désormais deux zones distinctes : la Vallée de l'Arve et la Vallée du Rhône). La Commission reconnaît les efforts consentis par les autorités françaises pour améliorer la qualité de l'air. Toutefois, à l'exception de la zone de Clermont-Ferrand, ces efforts ne sont pas encore suffisants pour limiter autant que possible les dépassements dans le temps. La Commission demande à la France de prendre et de mettre en œuvre toutes les mesures nécessaires pour remédier à la situation et faire en sorte que la période de dépassement soit la plus courte possible. À défaut, cette dernière pourrait renvoyer l'affaire devant la Cour de justice de l'Union européenne et proposer que des sanctions financières soient infligées à ce pays.

Le pacte vert pour l'Europe (*Green Deal*) fixe l'objectif « zéro pollution » pour l'UE, qui bénéficie à la santé publique, à l'environnement et à la neutralité climatique.

La situation contentieuse de la France au 03 décembre 2020 au titre de la qualité de l'air[53] est donnée en figure suivante.

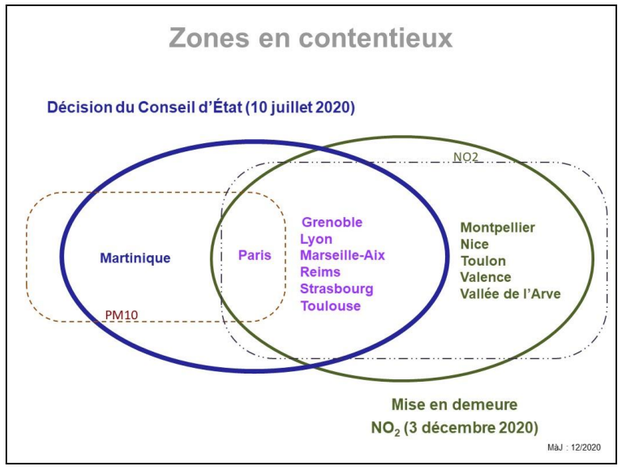


Figure 183 : Situation contentieuse de la France au mois de décembre 2020

Au 03 décembre 2020, la zone d'étude est incluse dans le périmètre du contentieux pour les PM10 et le dioxyde d'azote au titre de la zone de Paris.

- Condamnation et astreintes financières

Rappel : Le 10 juillet 2020, le Conseil d'État a prononcé une astreinte de 10 millions d'euro par semestre à l'encontre de l'État si ce dernier ne justifie pas avoir exécuté dans un délai de six mois la décision de 2017 l'intimant à prendre des mesures pour réduire la pollution de l'air pour l'ensemble des zones concernées par des mesures insuffisantes.
Le 4 août 2021, le Conseil a condamné l'État au paiement de l'astreinte pour le 1er semestre 2021. Compte tenu, à la fois, de la durée du dépassement des valeurs limites (depuis 2005 pour le PM10 et 2010 pour le NO_2) mais aussi des mesures prises depuis

[53] https://www.ecologie.gouv.fr/pollution-lair-origines-situation-et-impacts#e5

juillet 2020, le montant de l'astreinte n'est ni majoré ni minoré et est fixé à 10 millions d'euros, comme prévu par la décision du 10 juillet 2020.
À la suite de cette décision, le Conseil d'État réexaminera début 2022 les actions du Gouvernement pour la période de juillet 2021 à janvier 2022 et, si elles ne sont pas toujours suffisantes, pourra à nouveau ordonner le paiement d'une nouvelle astreinte de 10 millions d'euros, éventuellement majorée ou minorée. Il pourra, à cette occasion, maintenir ou modifier la répartition du produit de l'astreinte.

- Plan Particules et Plan d'Urgence pour la qualité de l'air

Résultant du contentieux européen, le Grenelle de l'environnement avait fixé pour la France un objectif extrêmement ambitieux de réduction de 30 % des particules PM2,5 pour 2015. Pour y parvenir, un **Plan Particules** a été mis en place en juillet 2010. Ce plan comprenait des mesures dans le secteur domestique, l'industrie et le tertiaire, les transports et le secteur agricole, en vue d'améliorer l'état des connaissances sur le sujet. L'objectif principal de ce plan était la réduction de la pollution de fond par les particules en proposant des mesures pérennes dans tous les secteurs concernés. Il prévoyait aussi des actions de prévention et de gestion des pics de pollution, en faisant appel à la fois à des mesures :

- **Régaliennes et obligatoires (renforcement de normes, augmentation des contrôles, éco-conditionnalité des aides...) ;**
- **Incitatives (crédit d'impôt, zones d'actions prioritaires pour l'air...) ;**
- **Portant sur une plus forte sensibilisation et mobilisation de la population et des acteurs de terrain.**

Ce plan prévoyait surtout l'expérimentation de **Z**ones d'**A**ctions **P**rioritaires pour l'**A**ir (ZAPA) autour et dans certaines agglomérations volontaires où sont constatés ou prévus des dépassements des valeurs limites de la qualité de l'air, ainsi que l'instauration de l'« éco-redevance » kilométrique pour les poids lourds.
Faisant suite à l'échec des zones d'actions prioritaires pour l'air, à la suspension de l'éco-redevance, à l'échec relatif de la traduction des mesures des PPA en termes d'amélioration de la qualité de l'air, le ministre délégué chargé des Transports, de la Mer et de la Pêche avait mis en route, en septembre 2012, un **C**omité **I**nterministériel de la **Q**ualité de l'**A**ir (CIQA). Ce comité s'est réuni en 2013 pour débattre du plan d'urgence pour la qualité de l'air.
Ce plan propose un total de 38 mesures à partir des cinq priorités suivantes :

- **Priorité 1 : favoriser le développement de toutes les formes de transport et de mobilité propres par des mesures incitatives (mesures 1 à 26). Ces mesures sont destinées à :**
  - Favoriser le covoiturage (mesures 1 à 4) ;
  - Favoriser une logistique propre des derniers kilomètres en ville (mesures 5 à 10) ;
  - Accélérer le développement des véhicules électriques en ville (mesures 11 à 13) ;
  - Créer des leviers pour renouveler le parc des véhicules polluants (mesures 14 à 18) ;
  - Développer les transports en commun (mesures 19 à 22) ;
  - Développer le déplacement à bicyclette et la marche à pied (mesures 23 à 26).
- **Priorité 2 : réguler le flux de véhicules dans les zones particulièrement affectées par la pollution atmosphérique (mesures 27 à 32). Parmi les moyens pour parvenir à cela, on distingue :**
  - Les mesures d'ordre public environnemental (mesure 27 à 30) : réduire ponctuellement la vitesse sur certains axes routiers, développer sur les voies rapides urbaines des mesures de gestion dynamique du trafic, renforcer les mesures en cas d'épisode de pollution, soutenir la mise en place d'une politique plus incitative en matière de stationnement payant, etc.
  - L'identification des véhicules (mesures 31 à 32).
- **Priorité 3 : réduire les émissions des installations de combustion industrielles et individuelles (mesures 33 et 34). La nouvelle politique de l'air s'attaque à réduire les émissions des installations de combustion, qu'elles soient industrielles ou individuelles. On peut notamment citer la mise en place d'une aide au renouvellement des appareils de chauffage au bois les plus anciens et l'étude de la pose d'inserts dans les cheminées à foyer ouvert.**
- **Priorité 4 : promouvoir fiscalement les véhicules et les solutions de mobilité plus vertueux en termes de qualité de l'air.**
- **Priorité 5 : informer et sensibiliser les citoyens aux enjeux de la qualité de l'air (mesures 35 à 38). Les moyens prévus sont les suivants :**
  - La communication et l'information nationale (mesure 35) ;
  - La communication locale (mesures 36 à 38).

- Projets « Villes respirables en 5 ans »

Le 2 juin 2015, le Ministère en charge de l'Écologie a lancé un appel à projets en vue de faire émerger des « villes-laboratoires » volontaires pour mettre en œuvre des mesures exemplaires pour la reconquête de la qualité de l'air afin de garantir, dans un délai de 5 ans, un air sain aux populations.

La figure qui va suivre précise les collectivités sélectionnées.

- **Les critères de sélection sont les suivants :**
  - Présenter un projet à une échelle intercommunale ;
  - Créer ou préfigurer une Zone à Circulation Restreinte, où les véhicules les plus polluants ne pourront pas circuler ;
  - Proposer au moins deux actions complémentaires portant sur des secteurs différents, adaptés aux spécificités du territoire :
- **Pour le secteur des transports et mobilité, proposer un programme global de mobilité qui :**
  - Favorise les mobilités durables : transports collectifs, plans de mobilité active, pistes cyclables, aires et services de covoiturage… ;
  - Facilite le développement de la mobilité électrique : services d'autopartage électrique, primes aux deux-roues électriques… ;
  - Vise à éliminer en 5 ans le diésel : aides au renouvellement accéléré des flottes de taxis, d'autobus, de véhicules utilitaires et de service, de véhicules particuliers…

Figure 184 : Collectivités retenues pour le programme « Ville respirables en 5 ans »

La commune de Châtenay-Malabry fait partie de la Métropole du Grand Paris, agglomération lauréate du programme, dont la principale action est la création d'une Zone à Faibles Émissions.

- Certificat qualité de l'air – Crit'Air

Pour protéger la santé des populations et favoriser le développement des véhicules à faibles émissions, la feuille de route issue de la conférence environnementale 2014 a prévu la création d'un dispositif d'identification des véhicules : le certificat Qualité de l'Air.
Ce dispositif a pour objectif de favoriser les véhicules les moins polluants en facilitant leur identification par le biais du « certificat Qualité de l'Air ».
Une nomenclature sous forme de pastilles de couleur va classer les voitures en 6 catégories, dépendant de leurs émissions en polluants atmosphériques (oxydes d'azote, particules, hydrocarbures imbrûlés et monoxyde de carbone), avec notamment une catégorie particulière pour les véhicules électriques.

Ce certificat est entré en vigueur depuis le 1er juillet 2016. Non obligatoire, le certificat permet néanmoins - en fonction de la couleur de la pastille obtenue et des règles prises par les maires - aux automobilistes ayant effectué ces démarches de :

- **circuler dans les zones de circulation restreinte (ZCR/ZFE ; ZPA) ;**
- **bénéficier de modalités de stationnement favorables ;**
- **obtenir des conditions de circulation privilégiées.**

Le 1er juillet 2017, les sanctions pour non-respect de l'usage des certificats de qualité de l'air (vignettes Crit'Air) et des mesures d'urgence arrêtées en cas de pic de pollution atmosphérique ont été renforcées. Le décret n°2017-782 du 5 mai 2017 prévoit des amendes de 4e classe (135€) pour les poids lourds, bus et autocars et de 3e classe (68€) pour les autres véhicules lorsque les infractions suivantes sont commises :

- **Ne pas respecter les règles de la circulation différenciée en cas de pic de pollution ;**
- **Ne pas apposer un certificat Crit'Air sur son véhicule circulant dans une zone à circulation restreinte comme celle de Paris ;**
- **Ne pas apposer un certificat Crit'Air sur son véhicule circulant pendant un pic de pollution dans la zone de circulation différenciée (intra A86 à l'exclusion de celle-ci).**

Classe Crit'Air	2 roues, tricycles et quadricycles à moteur	Voitures	Véhicules utilitaires légers < 3,5 t	Poids-lourds, autobus et autocars
	Véhicules électriques et hydrogène			
1	Véhicules gaz Véhicules hybrides rechargeables			

Classe Crit'Air	Date de première immatriculation ou norme Euro						
	2 roues, tricycles et quadricycles à moteur	Voitures		Véhicules utilitaires légers < 3,5 t		Poids-lourds, autobus et autocars	
		Diesel	Essence	Diesel	Essence	Diesel	Essence
1	EURO 4 à partir du 01.01.2017 pour les motocycles à partir du 01.01.2018 pour les cyclomoteurs	-	EURO 5 et 6 à partir du 01.01.2011	-	EURO 5 et 6 à partir du 01.01.2011	-	EURO 6 à partir du 01.01.2014
2	EURO 3 du 01.01.2007 au 31.12.2016 pour les motocycles et au 31.12.2017 pour les cyclomoteurs	EURO 5 et 6 à partir du 01.01.2011	EURO 4 du 01.01.2006 au 31.12.2010	EURO 5 et 6 à partir du 01.01.2011	EURO 4 du 01.01.2006 au 31.12.2010	EURO 6 à partir du 01.01.2014	EURO 5 du 01.10.2009 au 31.12.2013
3	EURO 2 du 01.07.2004 au 31.12.2006	EURO 4 du 01.01.2006 au 31.12.2010	EURO 2 et 3 du 01.01.1997 au 31.12.2005	EURO 4 du 01.01.2006 au 31.12.2010	EURO 2 et 3 du 01.10.1997 au 31.12.2005	EURO 5 du 01.10.2009 au 31.12.2013	EURO 3 et 4 du 01.10.2001 au 30.09.2009
4	Pas de norme tout type du 01.06.2000 au 30.06.2004	EURO 3 du 01.01.2001 au 31.12.2005	-	EURO 3 du 01.01.2001 au 31.12.2005	-	EURO 4 du 01.10.2006 au 30.09.2009	-
5	-	EURO 2 du 01.01.1997 au 31.12.2000	-	EURO 2 du 01.10.1997 au 31.12.2000	-	EURO 3 du 01.10.2001 au 30.09.2006	-
Pas de Crit'Air	Pas de norme tout type jusqu'au 31.05.2000	EURO 1 et avant jusqu'au 31.12.1996	EURO 1 et avant jusqu'au 31.12.1996	EURO 1 et avant jusqu'au 30.09.1997	EURO 1 et avant jusqu'au 30.09.1997	EURO 1, 2 et avant jusqu'au 30.09.2001	EURO 1, 2 et avant jusqu'au 30.09.2001

Source : https://www.crit-air.fr

Figure 185 : Les différents certificats qualité de l'air en fonction du type de véhicule

Il existe plusieurs types de zones :

- ZFE/ZCR (Zones à Faibles Émissions / Zone à Circulation Restreinte)

Les zones ZFE (Zone à Faibles Émissions), encore désignées par le sigle ZCR entre 2016 et 2019, sont des zones permanentes. Elles sont identifiées par des panneaux de circulation.
La création d'une ZFE/ZCR relève de la compétence de la commune concernée et repose sur les dispositions fixées par le Décret ZCR 2016-847 du 28.06.2016. Une ZCR est mise en place après une période de 6 mois de concertation avec les acteurs locaux et les communes avoisinantes.
Pour pouvoir circuler dans l'une de ces zones à circulation restreinte françaises, il est nécessaire d'avoir l'un des 6 certificats qualité de l'air apposés sur son véhicule.

Chaque ville ou municipalité détermine les catégories de vignettes autorisées à circuler dans la ZFE/ZCR, dont l'entrée est signalée par un panneau. Les catégories de vignettes concernées, ainsi que les jours et horaires d'application des restrictions sont précisées sur un panonceau attenant.

À long terme, l'objectif est d'exclure de plus en plus de vignettes des zones à circulation restreinte, de sorte que, d'ici quelques années, seules les catégories E et 1 y soient autorisées.
Dans une ZFE/ZCR, les catégories de vignettes sont exclues de manière constante, indépendamment des conditions météorologiques. Néanmoins, il se peut qu'une ZFE/ZCR se trouve dans le périmètre d'une ZPA. Auquel cas, si des restrictions de circulation sont prononcées en cas de pic de pollution pour la ZPA, ces interdictions s'appliquent également à la ZFE/ZCR.
Néanmoins, si une ZFE/ZCR ne se trouve pas dans une ZPA, le maire n'est pas en mesure d'appliquer des restrictions de circulation complémentaires en fonction des conditions météorologiques

- ZPA (Zone de Protection de l'Air)

Les zones de protection de l'air (ZPA) ne s'appliquent pas de façon permanente. Elles sont uniquement activées en cas de mauvaises conditions climatiques et de forte pollution atmosphérique. Elles peuvent couvrir des métropoles ou concerner une aire géographique spécifique. De ce fait, les contours de chaque zone de protection de l'air sont définis au préalable.
Étant donné que les ZPA ne sont valables qu'en cas de pic de pollution atmosphérique, les restrictions de circulation fixées par l'arrêté préfectoral n'entrent en application que lorsque les taux de pollution de l'air définis sont dépassés. Certaines catégories de vignettes sont alors exclues du trafic pour réduire les émissions de polluants, conformément aux dispositions prévues pour chaque zone de protection de l'air. C'est au préfet compétent d'activer les mesures nécessaires en cas d'épisode de pollution.

En règle générale, les zones de protection de l'air ne sont pas signalées par des panneaux spécifiques. Dans les 95 départements de France métropolitaine, il est donc quasiment impossible pour les non-résidents de connaître l'étendue exacte d'une ZPA. Conformément à l'article R411-19 du Code de la route, la mise en place d'une zone de protection de l'air relève de la compétence du préfet du département concerné. Ce dernier précise par arrêté préfectoral les modalités de mise en place d'une ZPA ainsi que les règlementations qui y sont applicables.
Les restrictions de circulation activées dans une ZPA n'entrent pas en vigueur le jour même de leur annonce. Elles sont généralement annoncées la veille pour le lendemain. Les interdictions s'appliquent dans toute la zone de protection de l'air. Si la zone de restriction de circulation se situe dans le périmètre d'une ZPA, les mesures prises en cas d'alerte pollution sont également applicables dans la ZCR aussi longtemps que nécessaire. Les restrictions propres à la ZCR reprennent effet dès la fin du pic de pollution.

- ZPAd (Zone de Protection de l'Air départementale)

Les zones de protection de l'air départementales (ZPAd) sont des zones de protection de l'air qui ne s'appliquent pas seulement à l'échelle locale, mais peuvent aussi concerner l'ensemble d'un département. Il est difficile de prévoir les territoires des ZPAd dans lesquels des restrictions de circulations seront activées en cas de pic de pollution atmosphérique. La zone d'application des restrictions, ainsi que les mesures concrètes mises en place doivent être précisées au cas par cas par un arrêté complémentaire. Théoriquement, ces mesures peuvent être déployées à l'échelle du département. Mais cela reste néanmoins peu probable.
La responsabilité d'activer les mesures nécessaires (y compris les éventuelles restrictions de circulation appliquées à une ou plusieurs catégories de vignettes dans une ou plusieurs communes, sur certains axes, ou l'ensemble du département) incombe au préfet du département concerné, sur consultation de l'Institut régional de surveillance de la qualité de l'air.

En application de la Loi d'orientation des mobilités (LOM), un nouveau décret a été signé le 16 septembre 2020 et publié au Journal Officiel du 17 septembre 2020. Celui-ci précise les critères définissant les collectivités locales soumises à l'obligation d'instaurer une zone à faibles émissions mobilité (ZFE-m) d'ici le 31 décembre 2020 – autrement dit celles qui ne respectent pas de manière régulière les normes de qualité de l'air.

En application de ce décret, sept nouvelles ZFE-m devraient entrer en vigueur dans les collectivités suivantes : Métropole d'Aix-Marseille-Provence, Métropole Nice-Côte d'Azur, Métropole Toulon-Provence-Méditerranée, Toulouse Métropole, Montpellier-Méditerranée Métropole, Eurométropole de Strasbourg et Métropole Rouen-Normandie. Leur territoire est en effet inclus en tout ou partie dans une zone administrative de surveillance de la qualité de l'air où l'une des valeurs limites d'émissions de dioxyde d'azote (NO_2), de particules PM10 ou de particules PM2,5 n'a pas été respectée au moins trois années sur les cinq dernières.

Ces ZFE-m s'ajouteront aux quatre zones déjà en place en France – celles de la Métropole de Lyon, de Grenoble-Alpes-Métropole, de la Ville de Paris et de la **Métropole du Grand Paris** –, où la circulation des véhicules les plus polluants est limitée, notamment grâce au système de vignettes Crit'Air.

La loi LOM prévoit qu'à compter du 1er janvier 2021, l'instauration d'une ZFE-m sera obligatoire dans un délai de deux ans lorsque les normes de qualité de l'air ne sont pas respectées de manière régulière et que « les transports terrestres sont la première source

des émissions polluantes » ou lorsque « les lieux concernés par le dépassement sont situés majoritairement à proximité des voies de circulation routière ». Dans le premier cas, les émissions à prendre en compte seront celles de NOx en cas de dépassement de la limite relative au NO_2.

Le code de l'environnement prévoit la mise en place de mesures en faveur de la qualité de l'air dans des agglomérations urbaines. L'article 119 de la loi Climat et résilience, publiée durant l'été 2021, est venue renforcer par, en particulier, l'instauration, avant fin 2024, de zones à faibles émissions mobilité (ZFE-m) dans les agglomérations métropolitaines de plus de 150 000 habitants. Un arrêté publié fin décembre 2021 établit la liste ces agglomérations et les communes qu'elles incluent.

Cet arrêté met aussi à jour la liste des agglomérations (et communes y afférant) sur lesquelles doivent être adoptés des plans de protections de l'atmosphère (PPA), à savoir les agglomérations de plus de 250 000 habitants. Il indique également la liste des agglomérations (et communes y afférant) qui doivent mettre en place une surveillance adaptée de la qualité de l'air et des plans de mobilité, à savoir les agglomérations de plus de 100 000 habitants.

Ainsi :

- **43 agglomérations de plus 150 000 habitants sont désormais dans l'obligation de mettre en place une zone à faibles émissions mobilité, soit 33 agglomérations de plus par rapport à celles instaurées par la Loi d'Orientation des Mobilités, les « nouvelles » sont soulignées ici : Amiens, Angers, Annecy, Annemasse, Avignon, Bayonne, Bordeaux, Béthune, Brest, Caen, Chambéry, Clermont-Ferrand, Dijon, Douai-Lens, Dunkerque, Grenoble, Le Havre, Le Mans, Lille, Limoges, Lyon, Marseille-Aix-en-Provence, Metz, Montpellier, Mulhouse, Nancy, Nantes, Nice, Nîmes, Orléans, Paris, Pau, Perpignan, Reims, Rennes, Rouen, Saint-Étienne, Saint-Nazaire, Strasbourg, Toulon, Toulouse, Tours, Valenciennes.**

- **L'agglomération de Bayonne rejoint la liste des agglomérations de plus de 250 000 habitants qui doivent mettre en place un PPA. La liste complète étant désormais : Avignon, Bayonne, Bordeaux, Béthune, Clermont-Ferrand, Douai-Lens, Grenoble, Lille, Lyon, Marseille-Aix-en-Provence, Metz, Montpellier, Nancy, Nantes, Nice, Orléans, Paris, Pointe-à-Pitre-Les Abymes, Rennes, Rouen, Saint-Étienne, Strasbourg, Toulon, Toulouse, Tours, Valenciennes.**

- **L'agglomération de Mamoudzou (Mayotte) rejoint la liste des 64 agglomérations de plus 100 000 habitants qui doivent mettre en place un dispositif de surveillance de la qualité de l'air et un plan de déplacement urbain.**

Châtenay-Malabry est inclus dans le périmètre de la ZPA du Grand Paris ainsi que dans le périmètre de la ZFE du Grand Paris.

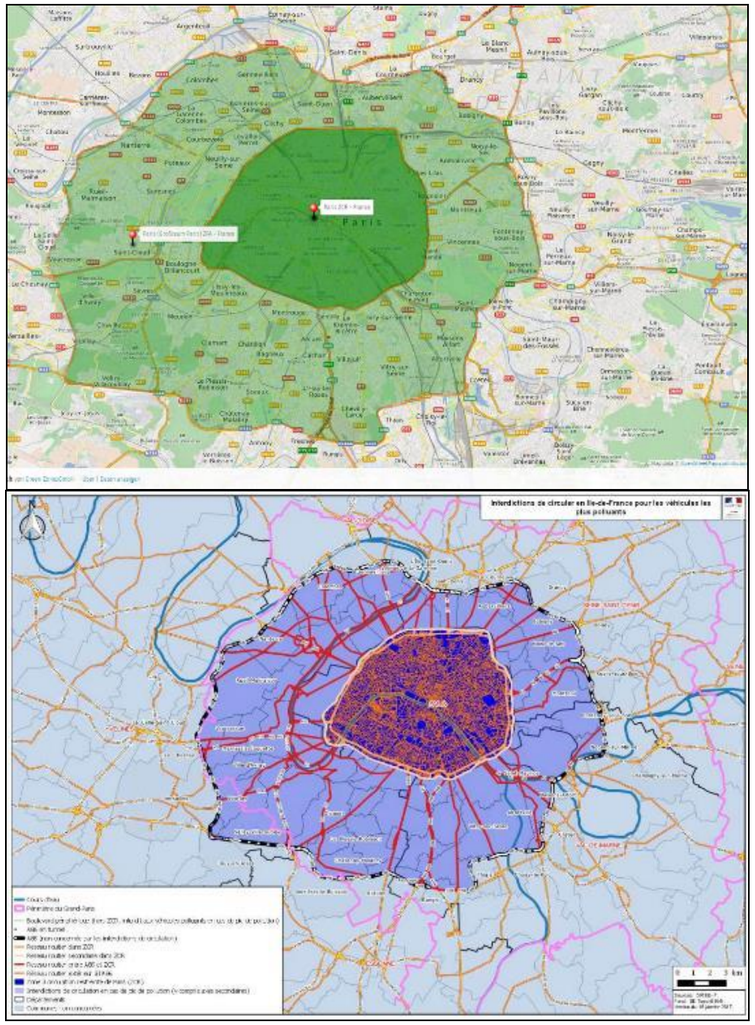


Figure 186: Zones ZCR et ZPA (carte du haut) et zones à circulation restreinte et différenciée (carte du bas)

La zone environnementale ZCR de Paris

La première zone à circulation restreinte (ZCR) a été mise en place à Paris le 01.09.2015.
Le 25.06.2019, la préfecture de police de Paris et la mairie de Paris ont signé l'arrêté N°2019 P15655, pour renforcer les restrictions de circulation sur la base du certificat qualité de l'air pour une période probatoire de 3 ans à compter du 01.07.2019. Depuis cette date, seuls les véhicules disposant d'une éco-vignette E, 1, 2 et 3 sont autorisés à circuler. L'interdiction est valable du lundi au vendredi de 8h à 20h pour tous les véhicules. Elle vaut également les week-ends et jours fériés pour les poids-lourds et les bus. La zone est indiquée par des panneaux de signalisation.

La ville de Paris est aussi l'un des 8 départements de la région Île de France. Elle compte plus de 2.206.000 habitants pour une superficie d'environ 105 km².
Dans la capitale, le trafic est souvent dense et la circulation difficile. Avec plus de 270 000 véhicules par jour, le périphérique parisien est l'axe urbain le plus emprunté d'Europe. Dans ce contexte, il n'est pas surprenant que 90 % des Parisiens soient touchés par une forte pollution atmosphérique. Pour améliorer la qualité de l'air, et ainsi la qualité de vie des habitants, les autorités locales veulent à l'avenir concentrer leurs efforts pour réduire l'impact du transport sur l'environnement. C'est dans cette perspective qu'une zone environnementale, des restrictions de circulation et le certificat qualité de l'air ont été mis en place.

À partir de janvier 2021, les mêmes règles s'appliquent dans la ville de Paris et dans la zone environnementale ZFE Grand Paris à l'intérieur de l'autoroute A86. Si cette harmonisation est effective dans les deux zones, il est à prévoir que les contrôles soient effectués automatiquement via un système de caméras dans et autour de l'agglomération parisienne. De nouveaux renforcements des règles d'accès à Paris va se poursuivre dans les années à venir. L'éco-vignette 3 sera interdire en juillet 2022 et l'éco-vignette 2 en janvier 2024.

Conformément aux articles L. 325-1 à L. 325-3 et R. 411-19 du code de la route, tout contrevenant aux obligations en vigueur, à savoir le port de la vignette et les restrictions de circulation, s'expose à une amende forfaitaire de 3e classe pour les voitures particulières (68€) et de 4e classe pour les bus, autocars et poids-lourds (pouvant aller jusqu'à 375€).

La zone environnementale de Paris ZCR s'étend sur l'ensemble du périmètre de la capitale, situé à l'intérieur du boulevard périphérique. Ce dernier délimite les contours de la zone environnementale, mais est lui-même exclu de la ZCR.
Les bois de Boulogne et de Vincennes, ainsi que tous les axes parisiens situés à l'extérieur du périphérique ne sont donc pas concernés par les restrictions de circulation.

Depuis le 01.07.2019, le Boulevard périphérique parisien, ainsi que le Bois de Boulogne et le Bois de Vincennes sont concernés par les règles de la zone environnementale ZFE Grand Paris qui les entoure. Par ailleurs, la Ville de Paris (Paris ZCR) se situe à l'intérieur de la zone Paris ZPA. Pour cette raison, la circulation différenciée peut être activée et l'éco-vignette 3 peut être interdite à la circulation.

La zone de protection de l'air ZPA du Grand Paris

Le 19 décembre 2016, les préfets de la région Île-de-France ont signé un arrêté (l'arrêté interpréfectoral N°2016-01383 du 19.12.2016 entré en vigueur le 02.01.2017) spécifiant la mise en place de la vignette Crit'Air dans une grande partie de la région parisienne.
Cet arrêté définit un catalogue de mesures à mettre en œuvre en cas de pic de pollution atmosphérique dans 5 des 8 départements de la région. Cette zone de protection de l'air sera activée si nécessaire en cas de mauvaises conditions météorologiques sur décision du préfet compétent.
En cas de pic de pollution, les mesures se déclinent en plusieurs étapes.
Après une phase « d'information et de recommandations » sans conséquence sur les restrictions de circulation, un premier niveau d'alerte pollution est enclenché. Il consiste en la réduction de la limitation de vitesse de 20 km/h sur les principaux axes de la zone de protection de l'air (ZPA). Cette mesure sera activée lorsque l'institut de surveillance de la qualité de l'air compétent relèvera des taux de concentration supérieurs à : 50/80 µg/m³ pour les particules fines, ou 180/240 µg/m³ pour l'ozone, ou 300/500 µg/m³ pour le dioxyde de souffre et/ou 200/400 µg/m³ pour le dioxyde d'azote.
Si, dans les jours à suivre, l'un des taux de pollution relevé excède encore les valeurs énoncées précédemment, des restrictions de circulation peuvent être mises en place. Les véhicules ne possédant pas de vignette Crit'Air, ou dont la catégorie de vignette est insuffisante, pourront être exclus de la circulation.

La région Île-de-France compte plus de 12 082 000 habitants sur près de 12 000 km².
La ZPA concerne 5 départements [Paris (75), Seine-Saint-Denis (93), Val-de-Marne (94), **Hauts-de-Seine (92)** et Yvelines (78), soit tout ou partie des 72 communes situées à l'intérieur de l'A86 (l'autoroute A86 est exclue de la zone et, par conséquent, les restrictions de circulation n'y sont pas applicables)].
Les deux aéroports de Paris (Roissy Charles-de-Gaulle et Orly) – ainsi que le Parc Disneyland Paris –, sont situés en dehors de la ZPA du Grand Paris. De ce fait, les restrictions de circulation ne s'appliquent pas à eux.

Depuis 1er juillet 2019, les diesels de plus de 13 ans (vignette Crit'Air 4) sont interdits à Paris *intramuros* en semaine.

La zone environnementale ZFE Grand Paris

Le 12.11.2018, le conseil métropolitain a voté avec une large majorité la mise en place d'une zone environnementale permanente et indépendante des conditions météorologiques (« Zone à Faibles Émissions ») ou Low Emission Zone (LEZ). L'ancien sigle ZCR (Zone à Circulation Restreinte) utilisé auparavant pour les zones environnementales en France est désormais remplacé par celui de ZFE comme actuellement pour le Grand Paris.
La ZFE de la Métropole du Grand Paris est délimitée à l'intérieur de l'A86 ; elle concerne 5,61 millions d'habitants (79 communes), ainsi que les usagers se rendant au sein de la ZFE.
Les véhicules concernés par la restriction de circulation sont ceux de catégories « non classés » et « Crit'Air 5 ». Cette mise en place intervient conjointement avec le renforcement de la ZFE à Paris intra-muros, restreignant la circulation des véhicules «

Crit'Air 4 ». Les bois de Vincennes et de Boulogne ainsi que le Boulevard Périphérique sont interdits aux véhicules « non classés » et « Crit'Air 5 ».
Au 01.07.2019, seules 47 des 79 communes avaient déclaré souhaiter appliquer les règles, si bien que la nouvelle zone ressemble à un grand « patchwork » avec des villes où des règles différentes s'applique.

En application de la Loi d'orientation des mobilités (LOM), un nouveau décret a été signé le 16 septembre 2020 et publié au Journal Officiel du 17 septembre 2020. Celui-ci précise les critères définissant les collectivités locales soumises à l'obligation d'instaurer une zone à faibles émissions mobilité (ZFE-m) d'ici le 31 décembre 2020 – autrement dit celles qui ne respectent pas de manière régulière les normes de qualité de l'air.

En application de ce décret, sept nouvelles ZFE-m devraient entrer en vigueur dans les collectivités suivantes : Métropole d'Aix-Marseille-Provence, Métropole Nice-Côte d'Azur, Métropole Toulon-Provence-Méditerranée, Toulouse Métropole, Montpellier-Méditerranée Métropole, Eurométropole de Strasbourg et Métropole Rouen-Normandie. Leur territoire est en effet inclus en tout ou partie dans une zone administrative de surveillance de la qualité de l'air où l'une des valeurs limites d'émissions de dioxyde d'azote (NO_2), de particules PM10 ou de particules PM2,5 n'a pas été respectée au moins trois années sur les cinq dernières.

Ces ZFE-m s'ajouteront aux quatre zones déjà en place en France – celles de la Métropole de Lyon, de Grenoble-Alpes-Métropole, de la Ville de Paris et de la **Métropole du Grand Paris** –, où la circulation des véhicules les plus polluants est limitée, notamment grâce au système de vignettes Crit'Air.

La loi LOM prévoit qu'à compter du 1er janvier 2021, l'instauration d'une ZFE-m sera obligatoire dans un délai de deux ans lorsque les normes de qualité de l'air ne sont pas respectées de manière régulière et que « les transports terrestres sont la première source des émissions polluantes » ou lorsque « les lieux concernés par le dépassement sont situés majoritairement à proximité des voies de circulation routière ». Dans le premier cas, les émissions à prendre en compte seront celles de NOx en cas de dépassement de la limite relative au NO_2.

Depuis le 16 septembre 2020, les communes et intercommunalités comprises à l'intérieur du périmètre de l'autoroute A86 ont l'obligation d'instaurer une ZFE. Elles devaientt être mises en place avant le 31 décembre 2020.
Ainsi à cette date, le périmètre de la ZFE Grand Paris devait être tel que présenté sur la figure suivante[54].

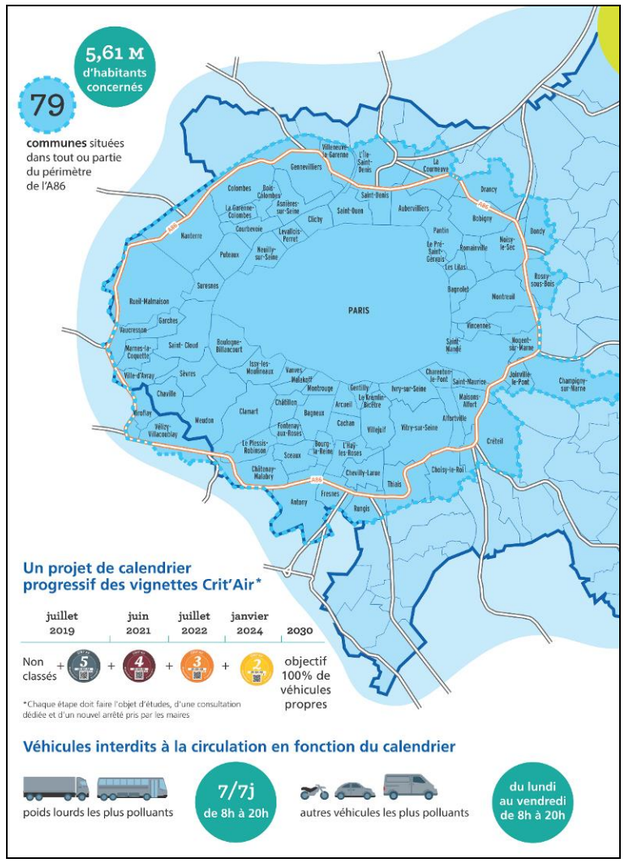


Figure 187 : Zones ZFE Grand Paris théorique au 1er janvier 2021 et calendrier des interdictions de véhicules à Paris et sur la métropole du Grand Paris (source : métropole du grand Paris)

L'ORS Ile de France a étudié l'impact sanitaire de la mise en place de la ZFE[55].
Les trois scénarios de mise en œuvre d'une ZFE sur le périmètre de l'intra-A86 au 1er juillet 2019 ont été étudiés. Il s'agit de :

- **Scénario A : Interdiction des véhicules Crit'Air 5 et non classés**
- **Scénario B : Interdiction des véhicules Crit'Air 5/ non classés et Crit'Air 4**
- **Scénario C : Interdiction des véhicules Crit'Air 5/ non classés, Crit'Air 4 et Crit'Air 3**

La synthèse des bénéfices sanitaires attendus en fonction du scénario est définie ci-après.

[54] https://www.metropolegrandparis.fr/sites/default/files/2020-11/Plaquette%20ZFE%20V8.pdf

[55] Focus santé en Île-de-France | décembre 2019 ; bénéfices sanitaires attendus d'une zone à faibles émissions métropolitaine - évaluation quantitative d'impact sanitaire de trois scénarios ; institut Paris Région / Observation régional de Santé Ile-de-France.

Zone d'étude et sous-zones		Scénarios A	Scénarios B	Scénarios C
Communes intra-Franciliennes	Décès	20 [0;60]	80 [0;240]	280 [0;810]
	%	<0,1 % [0;0,1]	0,1 % [0;0,4]	0,5 % [0;1,5]
	Années de vie gagnées	7 050 [0;19 140]	27 070 [0;78 510]	92 270 [0;270 790]
Métropole du Grand Paris*	Décès	20 [0;50]	70 [0;210]	250 [0;730]
	%	<0,1 % [0;0,1]	0,2 % [0;0,5]	0,6 % [0;1,8]
	Années de vie gagnées	5 240 [0;15 500]	23 410 [0;69 420]	82 980 [0;245 020]
Communes intra-A86	Décès	10 [0;40]	60 [0;180]	220 [0;650]
	%	<0,1 % [0;0,1]	0,2 % [0;0,6]	0,8 % [0;2,2]
	Années de vie gagnées	4 120 [0;12 240]	19 980 [0;59 260]	72 460 [0;213 870]

** inclut aussi les deux communes du 78 situées à l'intérieur de l'A86 (78 640 et 78 686)*

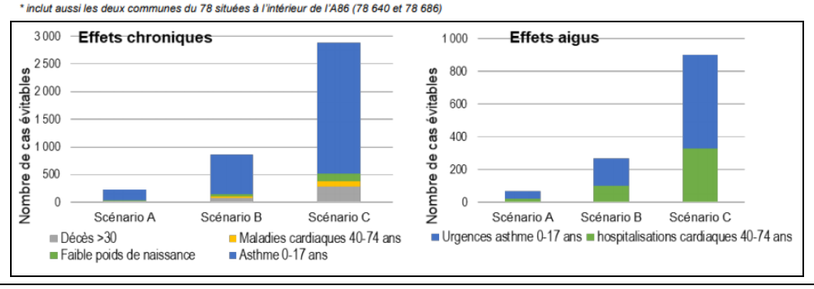


Figure 188 : Bénéfices sanitaires annuels (nombre de décès et nombre de cas de pathologies) attendus pour la population appartenant au périmètre intra-Francilienne selon les scénarios de mise en place de la ZFE (Source : ORS IdF)

Au troisième trimestre 2021, les communes ne sont pas encore toutes engagées. La planche suivante fait état des communes engagées dans la ZFE au 22 décembre 2021[56].

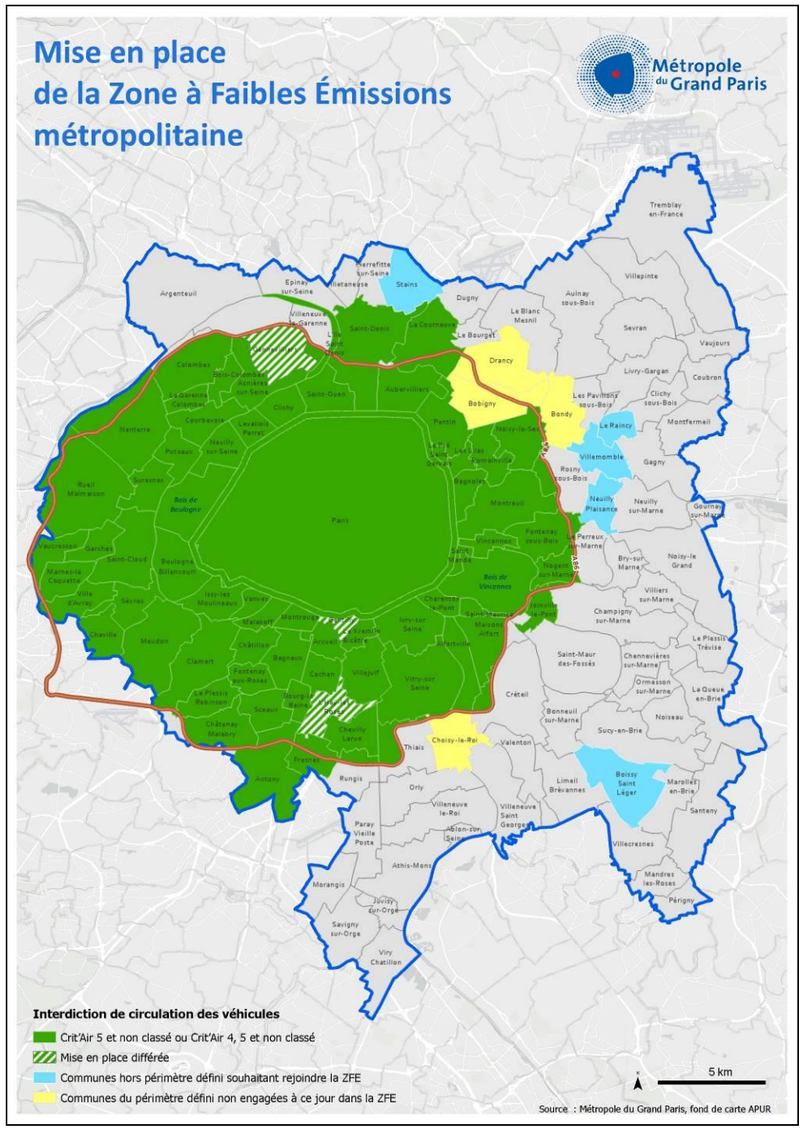


Figure 189 : Zones ZFE Grand Paris au 22 décembre 2021 (source : métropole du grand paris)

- Plan National Santé Environnement [PNSE]

Le **P**lan **N**ational **S**anté **E**nvironnement (PNSE) vise à développer une approche pluridisciplinaire du thème « Santé – Environnement » sur le court et moyen terme.

En 2004, le gouvernement a lancé le premier PNSE. Puis, conformément aux engagements du Grenelle de l'environnement, et à la loi de santé publique du 09 août 2004, un second

[56] https://www.metropolegrandparis.fr/fr/les-communes-engagees-dans-la-zfe-294

PNSE a été élaboré pour la période 2009-2013 et a fait l'objet d'une déclinaison en **P**lans **R**égionaux **S**anté **E**nvironnement (PRSE).
L'élaboration d'un plan national santé environnement (PNSE), sa déclinaison en régions et sa mise à jour tous les cinq ans ont été inscrites dans le code de la Santé publique (article L. 1311-6 dudit Code).

Le troisième Plan National Santé Environnement (PNSE 3) a été élaboré par le ministère de l'Environnement et celui de la Santé, en concertation avec les autres ministères, les collectivités, les associations, les partenaires sociaux et les entreprises. Il a été présenté en Conseil des Ministres en novembre 2014, et portait sur la période 2015-2019.

Le quatrième Plan National Santé Environnement (PNSE 4), période 2021-2025, intitulé « Un environnement, une santé », a été lancé le 07 mai 2021 par les ministres de la Transition Écologique, et des Solidarités et de la Santé, dans un contexte spécifique. D'un côté, les attentes citoyennes sur les questions de santé environnement sont de plus en plus fortes. Au nom du principe de précaution, le citoyen souhaite que l'impact du progrès scientifique sur son environnement, et sur sa santé, soit évalué et anticipé. Par ailleurs, la crise sanitaire de la Covid-19 a fait émerger des interrogations sur notre rapport au vivant, et rappelle le lien étroit entre santé humaine, santé animale et santé de l'environnement.

Le PNS4 s'articule autour de quatre grands axes subdivisés en 20 actions :

- **AXE 1 : S'informer, se former et informer sur l'état de mon environnement et les bons gestes à adopter pour notre santé et celle des écosystèmes**
  - Action 1 : Connaître l'état de son environnement et des bonnes pratiques à adopter
  - Action 2 : Identifier les substances dangereuses pour la santé et l'environnement dans les objets du quotidien
  - Action 3 : Être mieux informé sur la bonne utilisation des produits ménagers et leur impact sur la santé et l'environnement
  - Action 4 : Informer les propriétaires d'animaux sur l'utilisation des produits biocides
  - Action 5 : Approfondir les connaissances des professionnels sur les liens entre l'environnement et la santé
  - Action 6 : Se renseigner sur les conseils de prévention avant et après la grossesse
  - Action 7 : Informer et sensibiliser les jeunes à la santé environnement
- **AXE 2 : Réduire les expositions environnementales affectant la santé humaine et celle des écosystèmes sur l'ensemble du territoire**
  - Action 8 : Maitriser l'exposition aux ondes électromagnétiques et améliorer la connaissance des impacts sanitaires
  - Action 9 : Réduire les nuisances liées à la lumière artificielle pour la santé et l'environnement
  - Action 10 : Prévenir et agir dans les territoires concernés par la pollution des sols
  - Action 11 : Prévenir les impacts sanitaires des espèces nuisibles par des méthodes compatibles avec la préservation de l'environnement
  - Action 12 : Mieux comprendre et prévenir les cas de légionellose
  - Action 13 : Mieux gérer les risques sanitaires et environnementaux des nanomatériaux
  - Action 14 : Améliorer la qualité de l'air intérieur au-delà des actions à la source sur les produits ménagers et les biocides
  - Action 15 : Réduire l'exposition au bruit
- **AXE 3 : Démultiplier les actions concrètes menées par les collectivités dans les territoires**
  - Action 16 : Créer une plateforme collaborative pour les collectivités et renforcer l'expertise des territoires pour réduire les inégalités sociales et territoriales en santé environnement
  - Action 17 : Renforcer la sensibilisation des urbanistes et aménageurs des territoires pour mieux prendre en compte la santé environnement
- **AXE 4 : Mieux connaître les expositions et les effets de l'environnement sur la santé des populations et sur les écosystèmes**
  - Action 18 : Créer un espace commun de partage de données environnementales pour la santé, le Green Data for Health
  - Action 19 : Structurer et renforcer la recherche sur l'exposome et mieux connaître les maladies liées aux atteintes à l'environnement
  - Action 20 : Surveiller la santé de la faune terrestre et prévenir les zoonoses.

Le PNSE 4 prévoit un nombre limité d'actions pour gagner en lisibilité et en efficacité par rapport au PNSE 3.
En parallèle, une trentaine de plans thématiques existe. Ils permettent de répondre de manière adaptée et approfondie à certains enjeux spécifiques, comme les perturbateurs endocriniens, les produits phytopharmaceutiques, l'air ambiant, la biodiversité, etc., ainsi qu'aux attentes de la société civile.
Ils réunissent les acteurs compétents de chaque domaine selon une gouvernance propre.
Afin d'assurer la cohérence des politiques en santé environnement et de prioriser les enjeux sanitaires, la gouvernance du PNSE 4 organise les interactions entre ce plan et les autres plans sectoriels dans le cadre du comité de pilotage interministériel et du groupe santé environnement.
En effet, le PNSE 4 n'a pas vocation à doublonner ou compléter les plans nationaux thématiques existants. Dès lors qu'un plan thématique existe, il n'est pas opportun de prévoir des actions isolées au sein du PNSE 4.
Néanmoins, afin de renforcer les synergies entre les différents plans et les politiques publiques menées en santé environnement, le PNSE 4 propose, dès à présent et dans la

perspective du renouvellement ou de l'évolution de certains plans thématiques, des recommandations pour ceux-ci. Comme pour les autres actions du plan, ces recommandations sont le fruit d'une co-construction avec l'ensemble des parties prenantes. Elles sont prises en compte lors de la révision de ces plans.

Les recommandations du PNSE 4 dans les divers autres plans sont par exemple (pour les thématique Air/climat) les suivantes :

- **PNACC 2 (Plan national d'adaptation au changement climatique)**
  - Améliorer les connaissances sur les impacts sanitaires dus au changement climatique, par exemple les épisodes longs ou répétés de chaleur extrême, ainsi que ceux consécutifs à une exposition répétée à des températures nocturnes élevées
  - Caractériser les changements climatiques concernant les territoires ultra-marins et apprécier leurs impacts sanitaires sur les populations
  - Développer les applications dédiées pour identifier les zones de fraîcheur, les points d'eau, etc., par exemple EXTREMA, application qui pourrait être mise à disposition sur l'ensemble du territoire métropolitain sur un mode participatif (collectivités, particuliers, etc.)
  - Adapter le bâti, la ville et les transports aux épisodes de chaleurs extrêmes
  - Prioriser les mesures d'adaptation prévues par le PNACC 2 (bâtiment/ transport/villes) aux établissements recevant des publics sensibles, en particulier les enfants
- **PREPA (Plan de réduction des émissions de polluants atmosphériques)**
  - Renforcer les mesures relatives à la prise en compte des polluants non réglementés dans le cadre de la prochaine mise à jour du PRÉPA : finaliser les travaux métrologiques sur les PUF, le carbone suie et le 1,3-butadiène et relancer une action de réduction des émissions industrielles des substances toxiques dans l'air (REISTA).
- **PNSQA (Plan national de surveillance de la qualité de l'air ambiant)**
  - Permettre de consolider le réseau de surveillance des pollens, notamment dans les territoires d'outre-mer, et diffuser des messages de prévention associés (possibilité d'une expérimentation communauté professionnelle territoriale de santé - CPTS)

- Plan Régional Santé Environnement [PRSE]

L'adoption, le 21 juin 2004, par le Gouvernement, du premier Plan National Santé Environnement, et la demande de déclinaison de ce plan au niveau régional, constituent le cadre du PRSE Île-de-France approuvé par le préfet de région le 18 septembre 2006. Intégré au **P**lan **R**égional de **S**anté **P**ublique (PRSP) dont il constitue le volet environnement, le **P**lan **R**égional **S**anté **E**nvironnement (PRSE) a pour fonction de définir les objectifs régionaux en matière de santé environnementale et les actions à mettre en œuvre afin de mieux détecter, évaluer et gérer l'ensemble des risques sanitaires liés aux agents chimiques, biologiques et physiques présents dans les différents milieux de vie.

Le PRQA (Plan Régional pour la Qualité de l'Air, désormais remplacé par le SRCAE) de la région Île-de-France est étroitement lié au PRSE 1 dont il doit appuyer les actions en ce qu'elles concernent les impacts sanitaires liés aux polluants atmosphériques.

Le retour d'expérience du PRSE 1 en Île-de-France a conduit, pour l'élaboration du PRSE 2 pour la période 2011-2015, à :

- **Renforcer et élargir la consultation pour une meilleure implication : cette concertation permet de donner une plus grande visibilité au programme d'action mais aussi d'entraîner une plus forte implication des élus, des différents acteurs économiques et sociaux**
- **Déterminer les priorités régionales afin de mieux justifier les stratégies, les choix effectués pour définir le programme d'actions**
- **Consolider la cohérence du programme en améliorant l'articulation entre les actions**
- **Améliorer la lisibilité du PRSE auprès des différentes parties prenantes et surtout du grand public**
- **Prendre en compte les différents plans, plans existants ou en cours d'élaboration avec une composante santé environnement**
- **Définir des indicateurs représentatifs des actions à mener.**

Le deuxième Plan Régional Santé Environnement (PRSE 2), déclinant le PNSE 2, a été approuvé par arrêté préfectoral du 27 juillet 2011. Il comportait 16 fiches actions et 2 fiches d'information.
Deux « actions pilotes transversales » innovantes traitent de démocratie sanitaire et abordent la question du lien entre inégalités sociales et environnementales.

Déclinant au niveau régional le 3ème Plan National Santé Environnement, le PRSE 3 d'Île-de-France (approuvé en octobre 2017) s'inscrit dans la continuité des PRSE 1 et 2 avec une volonté d'innovation. Pour apporter des réponses aux enjeux franciliens de santé environnementale, le PRSE3 d'Île-de-France pour la période 2017-2021 propose 18 actions structurées en 4 axes :

- **Axe 1 : Préparer l'environnement de demain pour une bonne santé :**
  - Action 1.1 : Prendre en compte la santé dans la mise en œuvre des politiques d'aménagement ;
  - Action 1.2 : Prévenir les risques émergents liés au changement global ;
- **Axe 2 : Surveiller et gérer les expositions liées aux activités humaines et leurs conséquences sur la santé :**
  - Action 2.3 : Identifier les sources de polluants émergents et mesurer la contamination des milieux ;

- **Axe 3 : Travailler à l'identification et à la réduction des inégalités sociales et environnementales de santé :**
  - Action 3.1 : Consolider les connaissances sur les zones de multi-exposition environnementale ;
  - Action 3.2 : Améliorer le dispositif de surveillance et d'aide à la décision en matière de gestion des nuisances environnementales aéroportuaires ;
- **Axe 4 : Protéger et accompagner les populations vulnérables :**
  - Action 4.1 : Réduire les risques environnementaux chez la femme enceinte et le jeune enfant ;
  - Action 4.3 : Accroître la maîtrise des facteurs environnementaux de l'asthme et des allergies.

Les réflexions sur l'élaboration du futur PRSE 4 de la région Île-de-France ont débuté en juin 2021.

- Plan Climat National

Le Plan Climat a été lancé le 6 juillet 2017 afin d'accélérer la transition énergétique et climatique.

Alors que les impacts du dérèglement climatique se multiplient, il est urgent de retrouver au plus vite une trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre compatible avec l'objectif de maintenir le réchauffement de la planète en dessous de 1,5 °C/2 °C, cible de l'Accord de Paris.
L'objet du Plan climat est de contribuer au changement d'échelle dans la mobilisation des États, mais aussi de toute la société française, des entreprises, des associations, de la recherche, des collectivités territoriales, des partenaires sociaux, dans tous les secteurs : bâtiment, transports, énergies, agriculture et forêts, industrie et déchets. La solidarité avec les plus vulnérables constitue un fil rouge à l'ensemble des actions.
Le Plan climat fixe un nouveau cap, celui de la neutralité carbone à horizon 2050.
Il s'appuie sur l'intelligence collective de l'ensemble des acteurs, pour coconstruire des solutions à l'échelle dans les domaines de l'énergie et de l'économie circulaire. Une partie des actions passe par un renforcement du lien avec les collectivités territoriales et les filières industrielles, dans une logique de contractualisation.
Le Plan Climat comprend 23 axes d'action venant décliner 6 lignes directrices :

- **Rendre irréversible la mise en œuvre de l'Accord de Paris**
  - AXE 1. Rendre irréversible la lutte contre le changement climatique en l'inscrivant dans notre droit.
  - AXE 2. Rendre irréversible la lutte contre le changement climatique par la mobilisation de tous.
- **Améliorer le quotidien de tous les Français**
  - AXE 3. Faire de la rénovation thermique une priorité nationale et éradiquer la précarité énergétique en 10 ans.
  - AXE 4. Rendre la mobilité propre accessible à tous et développer l'innovation (norme EURO 7 ; mettre fin à la vente des véhicules émettant des GES en 2040).
  - AXE 5. Travailler au cœur des territoires.
  - AXE 6. Permettre à tous de consommer de manière responsable et solidaire.
  - AXE 7. Donner aux petites et moyennes entreprises les moyens d'agir contre le changement climatique
- **En finir avec les énergies fossiles et s'engager dans la neutralité carbone**
  - AXE 8. Décarboner la production d'énergie et assurer une transition maîtrisée.
  - AXE 9. Laisser les hydrocarbures dans le sous-sol.
  - AXE 10. Renforcer la fiscalité écologique et donner au carbone son véritable prix.
  - AXE 11. Se donner une nouvelle stratégie visant la neutralité carbone à l'horizon 2050
- **La France n°1 de l'économie verte**
  - AXE 12. Miser sur la recherche et l'innovation pour trouver les solutions d'avenir.
  - AXE 13. Faire de la place de Paris le pôle international de la finance verte.
  - AXE 14. Accélérer le déploiement des énergies renouvelables
- **Mobiliser le potentiel des écosystèmes et de l'agriculture pour lutter contre le changement climatique**
  - AXE 15. Mettre fin à l'importation en France de produits contribuant à la déforestation.
  - AXE 16. Engager la transformation de nos systèmes agricoles pour réduire les émissions et améliorer le captage du carbone dans les sols.
  - AXE 17. Promouvoir une gestion active et durable des forêts françaises pour préserver et amplifier leur rôle central dans le stockage du carbone.
  - AXE 18. Contribuer à la protection des écosystèmes terrestres et marins en France et à l'international.
  - AXE 19. S'adapter au changement climatique.
- **Renforcer la mobilisation internationale sur la diplomatie climatique**
  - AXE 20. Renforcer l'ambition climatique de l'Europe.

- AXE 21. Accompagner les efforts des pays en développement dans la mise en œuvre des engagements.
- AXE 22. Promouvoir et porter des initiatives internationales innovantes et ambitieuses permettant de consolider l'engagement international sur le climat.
- AXE 23. Renforcer la prise en compte des enjeux environnementaux dans les nouveaux accords commerciaux.

- Loi Orientation des Mobilités

La loi n°2019-1428 du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités est parue au journal officiel le 26 décembre 2019.
Les mesures-clés de cette loi sont résumées ci-dessous.

- Apporter des solutions de mobilités à tous et dans tous les territoires

- **Le droit aux transports sera transformé en droit à la mobilité pour couvrir l'ensemble des enjeux d'accès à la mobilité, qui ne se limitent ni à l'accès aux transports collectifs ni à une vision centrée sur l'infrastructure.**
- **L'ensemble du territoire sera couvert par des autorités organisatrices de la mobilité, afin que des solutions soient apportées à tous les citoyens et partout.**
- **L'exercice effectif de la compétence mobilité sera organisé à la bonne échelle selon le principe de subsidiarité. Concrètement, la loi laissera le choix aux communes, via leur intercommunalité pour qu'elles s'emparent de la compétence, et à défaut les régions seront compétentes :**
  - Les métropoles, communautés urbaines, communautés d'agglomérations, et la métropole de Lyon, seront confortées dans leur rôle d'Autorité organisatrice de la mobilité (AOM).
  - Les communautés de communes pourront prendre la compétence mobilité, parce qu'elles représentent le plus souvent la bonne échelle pour les besoins de déplacement du quotidien. Les communes auront alors jusqu'au 31 décembre 2020 pour décider de transférer ou non leur compétence d'AOM à la communauté de communes.
  - Sur les territoires des communautés de communes qui n'auront pas choisi de prendre cette compétence au 1er janvier 2021, les régions deviendront AOM par subsidiarité, en complément de leur compétence mobilité à l'échelle régionale. Cette compétence pourra « revenir » à la communauté de communes si son périmètre était amené à évoluer.
- **Les autorités organisatrices de la mobilité pourront plus facilement proposer les nouveaux services de mobilité dans leurs offres. La compétence d'AOM permettra ainsi d'intervenir dans 6 domaines principaux, pour développer une offre adaptée aux territoires : transport régulier, à la demande, scolaire, mobilités actives, partagées, ainsi que la mobilité solidaire.**
- **Les plans de mobilité sont créés, et remplaceront les actuels plan de déplacement urbain (PDU) : plus larges, ils prendront en particulier en compte l'ensemble des nouvelles formes de mobilité (mobilités actives, partagées…), la mobilité solidaire, ainsi que les enjeux de logistique. Ils s'inscriront dans des objectifs de lutte contre l'étalement urbain, contre la pollution de l'air et pour la préservation de la biodiversité.**
- **Un comité des partenaires sera créé par chaque autorité organisatrice structuré autour des trois grands financeurs des transports : les représentants des employeurs, des usagers, et bien sûr l'autorité organisatrice. Il sera un lieu important de concertation sur l'évolution des offres de mobilité, de la politique tarifaire, sur la qualité des services et de l'information.**
- **Le versement 'transport' devient versement 'mobilité'. Il sera conditionné à la mise en place de services de transport collectif régulier et donnera la possibilité de moduler son taux au sein d'un même syndicat mixte selon la densité des territoires. Il fera l'objet d'échanges au sein des comités des partenaires.**
- **Le rôle de la région comme chef de file de la mobilité est renforcé, pour coordonner les compétences mobilité de l'ensemble des autorités organisatrices sur leur territoire régional.**
- **Un contrat opérationnel de mobilité, liant les AOM et la région, permettra d'assurer la coordination de tous les acteurs à l'échelle de chaque bassin de mobilité, en associant en particulier les gestionnaires d'infrastructures telles les gares, ou les pôles d'échanges multimodaux.**
- **Les autorités organisatrices pourront agir dans le domaine de la mobilité solidaire en faveur des personnes vulnérables, sur le plan économique ou social : mise en place d'aides financières individuelles, de conseil ou d'accompagnement individualisé, services spécifiques, etc.**
- **Un accompagnement individualisé sera ainsi apporté à tout demandeur d'emploi, apprenti ou titulaire d'un contrat en alternance. Pour cela, la région, les départements, les autorités organisatrices et acteurs de la solidarité et de l'emploi élaboreront et mettront en œuvre un plan d'action commun en matière de mobilité solidaire à l'échelle du bassin de mobilité.**
- **La mobilité des personnes en situation de handicap sera facilitée, à travers une série de mesures concrètes : une politique tarifaire préférentielle pour les accompagnateurs sera généralisée dans les transports collectifs ; des places de stationnement comportant des bornes de recharge électrique devront être accessibles pour les personnes à mobilité réduite ; les données sur l'accessibilité aux personnes handicapées et à mobilité réduite des services et des parcours seront publiées afin de faciliter l'information sur les GPS et calculateurs d'itinéraires ; la réservation des missions d'assistance en gare sera facilitée grâce à une plateforme unique ; etc.**

- Accélérer la croissance des nouvelles solutions de mobilité

- **L'accompagnement de l'ouverture des données de l'offre de mobilité de façon opérationnelle sur tout le territoire, à partir de décembre 2019 et au plus tard d'ici 2021, afin de permettre que 100% des informations sur les transports soient accessibles en un clic. Informations utiles pour les voyageurs, horaires des bus, véhicules en libre-service disponibles à proximité, tarifs, etc. : ces données rassemblées en une même application permettront à la fois de faciliter son trajet, de mieux connaitre l'offre disponible et de combiner plusieurs solutions (vélo-train-bus par exemple) avec un seul titre de transports « porte-à-porte ».**

- **Un portail unique par région devra être proposé aux usagers, rassemblant l'ensemble de l'information multimodale sur les offres de mobilité.**

- **Le cadre permettant d'autoriser la circulation des véhicules autonomes en régime permanent d'ici 2020 à 2022, avec une priorité pour les navettes autonomes.**

- **Un cadre juridique adapté pour mener des expérimentations de solutions nouvelles de mobilité dans les territoires ruraux. Le projet de loi habilite le Gouvernement à légiférer par ordonnance pour instaurer des dérogations de niveau législatif. Cette disposition s'inscrit dans la démarche France Expérimentation.**

- **Le développement du covoiturage comme solution de transport au quotidien grâce à une série de mesures concrètes : la possibilité pour les collectivités locales de subventionner les solutions de covoiturage au quotidien, pour les conducteurs comme les passagers ; ou encore la création de voies réservées au covoiturage sur les grands axes routiers autour des métropoles, etc.**

- **Un nouveau cadre de régulation pour les offres en libre-service dites en « free floating », en fixant un régime d'autorisation préalable délivré par la commune et un cahier des charges défini localement à respecter.**

- **Des relations rééquilibrées entre chauffeurs VTC, livreurs et plateformes, en définissant un socle de nouveaux droits (droit à la déconnexion, droit de refuser des courses, droit de connaître le prix et la distance parcourue avant d'accepter une course). Par ailleurs, le projet de loi incitera les plateformes à mettre en place un cadre de travail de qualité pour les chauffeurs et les livreurs, à travers des chartes élaborées par les plateformes et sur lesquelles les travailleurs auront été consultés.**

- **La possibilité de relever la vitesse maximale de 80 à 90 km/h par les présidents de conseil départemental, maires ou présidents d'EPCI, sur leur réseau routier hors agglomération. Cela pourra être fait après avis de la commission départementale de la sécurité routière, et sur la base d'une étude d'accidentalité des sections concernées.**

  - Réussir la transition écologique des mobilités

- **L'inscription dans la loi de l'objectif d'une neutralité carbone des transports terrestres d'ici 2050, conformément aux engagements du Plan Climat traduisant l'Accord de Paris. Cet objectif s'accompagne d'une trajectoire claire : la réduction de 37,5% des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030 et l'interdiction de ventes de voitures à énergies fossiles carbonées d'ici 2040. La France devient le 1er pays européen à inscrire cette ambition dans la loi.**

- **La mise en œuvre d'un Plan vélo inédit a pour objectif de tripler la part modale du vélo d'ici 2024 (de 3 à 9%) : la lutte contre le vol avec la généralisation progressive du marquage des vélos et de stationnements sécurisés, la généralisation du savoir-rouler à l'école pour que tous les enfants entrant en 6ème maîtrisent cette pratique, l'obligation de réaliser des itinéraires cyclables en cas de travaux sur des voies urbaines ou interurbaines, la réalisation d'un schéma national des véloroutes et voies vertes, l'interdiction de stationnement cinq mètres en amont des passages piétons pour une meilleure visibilité, l'équipement des trains et des autocars.**

- **L'objectif de multiplier par 5 d'ici 2022 des points de recharge publics pour les véhicules électriques, et une série de mesures pour déployer la mobilité électrique : l'équipement obligatoire dans les parkings de plus de 10 places des bâtiments neufs ou rénovés, la création d'un véritable droit à la prise en habitat collectif et la simplification des règles de votes pour les travaux sur l'installation électrique dans les copropriétés, la possibilité de recharger gratuitement sur son lieu de travail, la division par plus de 2 du coût de raccordement des équipements de recharge,…**

- **Le développement des véhicules au gaz, en priorité pour les poids lourds, avec notamment la possibilité de raccorder des stations d'avitaillement au réseau de transport de gaz et la mise en place d'un dispositif de soutien au biogaz non injecté dans les réseaux pour un usage local pour la mobilité.**

- **Le soutien à l'acquisition des véhicules propres, avec le bonus pour les voitures électriques et hydrogène neuves et le suramortissement pour les poids-lourds aux gaz, hydrogène ou électrique.**

- **Des objectifs de transition du parc automobile professionnel, qui portent sur les flottes publiques, les flottes d'entreprises, et les flottes de taxi et de VTC.**

- **Des mesures concrètes pour encourager les changements de comportement : l'obligation d'accompagner toute publicité pour des véhicules terrestres à moteur par un message promotionnel encourageant l'usage des mobilités actives ou partagées, l'affichage obligatoire de la catégorie Crit'Air du véhicule dans les concessions automobiles afin de renforcer l'information de l'acheteur.**

- **Des déplacements domicile-travail plus propres et au cœur du dialogue social. La question des déplacements des travailleurs sera désormais inscrite comme un des thèmes des négociations obligatoires à mener dans les entreprises de plus de 50 salariés. Des accords devront être trouvés sur la manière dont les employeurs s'engagent pour faciliter les trajets de leurs salariés : aménagements d'horaire ou d'équipe, télétravail, facilitation de l'usage du vélo ou du covoiturage, prise en charge d'une partie des frais… Cet accompagnement pourra prendre la forme d'un titre-mobilité, sur le modèle du ticket restaurant.**

- **La création du forfait 'mobilité durable' : jusqu'à 400€/an pour aller au travail en covoiturage ou en vélo. Tous les employeurs privés et publics pourront contribuer aux frais de déplacement domicile-travail en covoiturage ou en vélo de leurs salariés, ainsi qu'avec d'autres services de mobilité partagés. Ce forfait pourra s'élever jusqu'à 400 €/an en franchise d'impôt et de cotisations sociales. Il remplacera l'indemnité kilométrique vélo mise en place jusqu'à ce jour, mais dont la mise en œuvre est restée limitée car trop complexe. Ce forfait répond à une demande des employeurs de disposer d'un outil souple pour soutenir ces modes vertueux. L'État généralisera la mise en place du forfait mobilité durable pour le vélo et le covoiturage pour tous ses agents d'ici 2020, à hauteur de 200 €/an. Ce forfait sera cumulable avec la participation de l'employeur à l'abonnement de transport en commun, dans une limite de 400€/an (la prise en charge de l'abonnement de transport en commun reste déplafonnée).**

- **Des zones à faibles émissions mobilité (ZFE) pour un air plus respirable. Cet outil permettra aux collectivités de limiter la circulation aux véhicules les moins polluants, selon des critères de leur choix (périmètre, horaires, types de véhicules). Alors qu'il en existe 231 en Europe, seulement 3 agglomérations en France s'étaient engagées dans une telle démarche en France. Le projet de loi mobilités facilitera leur déploiement en donnant aux collectivités les outils nécessaires. Après l'appel lancé par le Gouvernement, 15 collectivités françaises ont annoncé s'engager dans la création ou le renforcement d'une ZFE d'ici 2020, et 23 au total sont engagées dans la démarche représentant plus de 17 millions d'habitants concernés. Par ailleurs, les restrictions de circulation lors des pics de pollution pourront être prises de façon automatique par les préfets.**

- Investir au service des transports du quotidien

- **Une programmation des investissements 13,4 Md€ sur la période 2018-2022, soit une augmentation de 40% par rapport à la période 2013-2017. La programmation s'inscrit également dans la perspective d'une enveloppe quinquennale en progression à 14,3 Md€ sur la période 2023-2027.**

- **Les 3/4 des investissements pour les transports dans le quinquennat, dédiés au ferroviaire (en ajoutant les 13,4Md€ d'investissements du projet de loi mobilités et les 3,6 Md€ investis chaque année par SNCF Réseau).**

- **Une réorientation claire des investissements en faveur des transports du quotidien plutôt que des nouveaux grands projets. Pour cela, 5 programmes d'investissements prioritaires sont retenus pour cette programmation :**

- **L'entretien des réseaux existants constitue la première des priorités pour la décennie à venir. Des moyens sans précédents seront mobilisés sur 10 ans : ils augmenteront de 31 % sur 2018-2027 par rapport à la décennie précédente et seront en hausse de 70 % sur les gros travaux de rénovation. La même logique est menée sur le réseau ferroviaire existant, dont l'état s'était aussi lentement dégradé : la réforme du système ferroviaire a confirmé une hausse de 50 % des investissements, soit 3,6 Md€ par an, consacrés en priorité à la remise à niveau du réseau existant.**

- **La désaturation des grands nœuds ferroviaires doit aussi permettre de donner toute sa place au train dans les déplacements du quotidien autour des métropoles, et dans les liaisons avec les villes moyennes. 2,6 Md€ seront investis sur 10 ans dans cet objectif.**

- **L'accélération du désenclavement routier des villes moyennes et des territoires ruraux est également nécessaire, et sera portée à travers une vingtaine d'opérations pour un montant de 1 Md€ sur 10 ans.**

- **Le développement de l'usage des mobilités propres, partagées et actives au quotidien mobilisera par ailleurs l'État, à travers plusieurs appels à projets à hauteur de 1,2 Md€ sur 10 ans, pour accompagner les autorités organisatrices. Cela intègre la création d'un fonds vélo doté de 350 M€.**

- **Enfin, le renforcement de l'efficacité et du report modal dans le transport de marchandises sera soutenu, avec 2,3 Md€ investis par l'État sur 10 ans.**

- **Une approche nouvelle pour les grands projets passant par une réalisation phasée de ces infrastructures, en commençant en priorité par les opérations concourant d'abord à l'amélioration des déplacements du quotidien.**

- **La possibilité de créer des sociétés de projet afin d'accélérer la réalisation de certaines infrastructures, en réponse à l'attente forte exprimée par certains territoires. Une habilitation à légiférer par ordonnance est prévue en ce sens.**

- **La sécurisation de l'affectation d'une part de la TICPE au financement des infrastructures. Comme toute loi de programmation, son financement global sera défini dans le cadre de la loi de finances : 2,5Md€ sont consacrés aux investissements, en hausse de 10 % par rapport à 2018.**

- **Pour la 1ère fois, la contribution du transport aérien au financement des modes propres. Le surplus de taxe de solidarité acquitté par le transport aérien, servant aujourd'hui au désendettement du budget annexe de l'aviation civile, sera dorénavant affecté pour le financement de modes de transport propres, *via* l'agence de financement des infrastructures de France. Un rapport sera présenté par le Gouvernement avant le mois d'octobre sur la comparaison du niveau des taxes aériennes en Europe afin de préparer les travaux au niveau européen sur une taxation du transport aérien.**

- **Le Gouvernement présentera au Parlement d'ici le 30 juin 2020 un rapport sur les perspectives d'une relance des trains de nuit. Sans attendre, le Gouvernement s'est déjà engagé à pérenniser les deux lignes existantes et à en moderniser les trains pour redonner à ces lignes toute leur attractivité.**

- **Cette programmation tient compte des enjeux spécifiques en matière d'accessibilité des territoires de montagne, insulaires, ultra-marins et frontaliers, en leur accordant une attention particulière tant en matière d'entretien que de développement des infrastructures.**

- Assurer le bon fonctionnement des transports

- **Un permis de conduire plus rapide et moins cher. L'obtention du permis de conduire est une condition essentielle d'insertion professionnelle mais il est aujourd'hui très cher (1 800 € en moyenne) et les délais d'obtention sont trop longs. Le Gouvernement a donc annoncé plusieurs mesures pour rendre le**

permis plus accessible (baisse du coût jusqu'à 30 %) et le délai d'obtention plus court, dont certaines sont traduites dans la LOI MOBILITÉS : utilisation accrue de modes d'apprentissage moins chers (simulateurs), mise en place d'un contrat-type et d'un comparateur en ligne informant des aides disponibles, pour mieux comparer les offres des auto-écoles et pouvoir faire jouer la concurrence ; réduction des délais du passage de l'examen grâce à l'expérimentation d'une inscription directe en ligne ; dispositif de suramortissement pour accompagner les auto-écoles dans l'acquisition de simulateurs etc.

- **Des pièces détachées de voiture moins chères pour les automobilistes. Aujourd'hui, les constructeurs automobiles ont l'exclusivité sur les pièces détachées visibles (rétroviseurs, ailes, capots, optiques, vitrage), et ce contrairement à d'autres pays (Royaume-Uni, Espagne, Italie). Cette situation ne favorise pas la concurrence et le niveau des prix pour l'automobiliste. Le marché sera donc progressivement ouvert, en réduisant la période durant laquelle les constructeurs ont l'exclusivité sur ces pièces, pour permettre à d'autres acteurs de les proposer.**

- **Des mesures concrètes pour renforcer la sécurité routière, mettant notamment en œuvre les décisions du comité interministériel pour la sécurité routière du 9 janvier 2018 : interdiction de faire prendre leur repos à des salariés dans un véhicule utilitaire léger ; possibilité pour les forces de l'ordre d'effacer tout message de signalement sur les services électroniques de navigation, uniquement pour des contrôles d'alcool/drogues, les opérations de lutte contre le terrorisme, dans le cadre d'enlèvements de personnes ou d'enquêtes sur des vols ou trafics ; dispositions permettant la rétention et la suspension du permis de conduire, l'immobilisation et la mise en fourrière de véhicules, en cas de conduites sans permis ou à risques liés à des comportements addictifs (alcool, stupéfiant, téléphone…) ; obligation de vente d'éthylotests à proximité des rayons de boissons alcooliques pour tous les débits de boissons à emporter ; etc.**

- **La généralisation des arrêts à la demande pour les bus nocturnes, afin de pouvoir descendre plus près de sa destination. C'est une réponse concrète au sentiment d'insécurité que vivent les femmes dans les transports publics, en particulier le soir et la nuit. Le projet de loi prévoit également la remise par le Gouvernement sur les atteintes sexistes dans les transports.**

- **Les personnes vulnérables ne pourront être conduites hors du réseau de métro qu'à la condition de se voir préalablement proposer un hébergement d'urgence avant de quitter les lieux.**

- **Des mesures pour soutenir la compétitivité et la sécurité de nos ports et des activités maritimes : l'intégration des grands ports maritimes du Havre et de Rouen et du port autonome de Paris par la création d'un nouvel établissement public qui constituera le 1er port français pour le commerce extérieur ; de nouvelles dispositions permettant de sécuriser le régime juridique des conventions de terminal dans les grands ports maritimes ; et diverses mesures de simplification.**

- **Le monde maritime engagé dans la transition écologique et énergétique, avec des mesures concrètes : allocation dans les ports de plaisance d'ici le 1er janvier 2022 d'une partie de leurs capacités de stationnement aux navires électriques ; mise en œuvre de la convention internationale sur la responsabilité et l'indemnisation pour les dommages liés au transport par mer de substances nocives et potentiellement dangereuse (SNPD) de 2010 ; ratification de l'ordonnance soufre ; clarification juridique permettant de sécuriser les investissements d'adaptation des réseaux électriques et des quais dans les ports de commerce.**

- **La transformation de l'établissement public de la Société du canal Seine-Nord Europe (SCSNE) en établissement public local, afin de concrétiser la régionalisation de cette société.**

- **Un cadre social pour l'ouverture à la concurrence des bus de la RATP avec la mise en place d'un transfert automatique des contrats de travail de salariés qui seraient amenés à rejoindre d'autres opérateurs mais qui conserveraient le bénéfice de garanties sociales de haut niveau : garantie de l'emploi, régime spécial de retraite, garantie de rémunération, accès aux centres de santé, bénéfice de l'action sociale pendant un an. La mise en place d'un cadre social territorialisé est également prévue qui permet d'assurer des conditions d'exploitation des bus adaptées aux circulations en Île-de-France.**

- **Des conditions de transfert des salariés améliorées dans les transports routiers inter urbain (notamment dans la zone OPTILE) et urbain de voyageurs : pour garantir la continuité de l'exploitation en cas de changement d'opérateur et éviter toute difficulté liée à l'application des conventions collectives, la mise en place d'un mécanisme de transfert automatique des contrats de travail est prévue une fois que les partenaires sociaux des deux branches de l'inter urbain et de l'urbain auront négocié le contenu des garanties sociales accompagnant ce transfert.**

- **Les sociétés concessionnaires d'autoroute devront proposer une tarification réduite pour les véhicules à carburants alternatifs et des stations d'avitaillement. Le projet de loi autorise et encadre par ailleurs le dispositif de péages en flux libre que pourront proposer les sociétés concessionnaires, afin de réduire la congestion et améliorer le trajet des automobilistes.**

- **La gestion du réseau ferré de certaines lignes à vocation régionale pourra être confiée aux régions qui en font la demande, afin de simplifier et accélérer la gestion et la modernisation de ces infrastructures.**

- **Le Gouvernement élaborera dans un délai d'un an une stratégie pour le développement du fret ferroviaire, dans l'objectif de renforcer la compétitivité du fret ferroviaire face aux autres modes de transport.**

Mis en consultation au printemps 2020, le décret d'application de l'article 86 de la loi d'orientation des mobilités (LOM) a été publié au Journal officiel le 17 septembre 2020. Cet article de la LOM rend obligatoire à compter de fin 2020 l'instauration d'une zone à faibles émissions mobilité (ZFE-m) dans les territoires concernés par le non-respect de manière régulière des normes de la qualité de l'air mentionnées à l'article R. 221-1 du code de l'environnement.
Le décret qui entre en application le 18 septembre 2020 insère deux nouveaux articles dans le Code général des collectivités territoriales (CGCT) pour préciser quelles communes et quels EPCI sont concernés. Le nouvel article D. 2213-1-0-2 précise que sont considérées comme ne respectant pas de manière régulière les normes de qualité de l'air "les zones

administratives de surveillance de la qualité de l'air, définies en application de l'article R. 221-3 du code de l'environnement, dans lesquelles l'une des valeurs limites relatives au dioxyde d'azote (NO_2), aux particules PM10 ou aux particules PM2,5 mentionnées à l'article R. 221-1 du code de l'environnement n'est pas respectée au moins trois années sur les cinq dernières". Il prévoit en outre que les communes ou les EPCI à fiscalité propre dont le président dispose du pouvoir de police de la circulation sont considérés comme ne respectant pas de manière régulière les valeurs limites de qualité de l'air lorsque leur territoire est inclus en tout ou partie dans une zone administrative de surveillance de la qualité de l'air mentionnée plus haut.

En revanche, ces communes et EPCI qui démontrent, "par de la modélisation ou par des mesures réalisées conformément à l'article R. 221-3 du code de l'environnement", que les valeurs limites mentionnées plus haut sont respectées pour au moins 95% de la population de chaque commune concernée "ne sont pas regardés comme dépassant de façon régulière les normes de qualité de l'air", indique le décret. Le nouvel article contient également une disposition qui ne figurait pas dans le projet de décret soumis à consultation publique. Ainsi, "sans préjudice" de la mesure précédente, "ne sont pas regardés comme dépassant de façon régulière les normes de qualité de l'air les communes ou les EPCI à fiscalité propre dont le président dispose du pouvoir de police de la circulation qui démontrent que les actions mises en place, notamment celles prévues dans le cadre d'un plan de protection de l'atmosphère élaboré en application de l'article L. 222-4 du code de l'environnement , permettent d'atteindre les valeurs limites [mentionnées plus haut] pour l'ensemble de la population de chaque commune concernée, dans des délais plus courts que ceux procédant de la mise en place d'une zone à faibles émissions mobilité". Ces deux dernières dispositions (III et IV de l'article 1er du décret) ne sont pas applicables aux métropoles, à la métropole d'Aix-Marseille-Provence, à la métropole du Grand Paris, à la métropole de Lyon ainsi qu'aux communes situées sur leur territoire.

Quant au deuxième article inséré par le décret dans le CGCT (D. 2213-1-0-3), il caractérise la notion de prépondérance des transports terrestres dans le dépassement des valeurs limites : ils sont considérés comme source prépondérante lorsqu'ils "sont la première source des émissions polluantes", ou quand "les lieux concernés par le dépassement sont situés majoritairement à proximité des voies de circulation routière".

Quatre collectivités ont déjà mis en place des ZFE-m, a rappelé le ministère de la Transition écologique dans un communiqué : la métropole de Lyon, Grenoble-Alpes-Métropole, la ville de Paris et la métropole du Grand Paris. En application du décret publié ce 17 septembre, a-t-il souligné, "sept nouvelles ZFE-m devront obligatoirement être mises en place par des métropoles françaises : métropole d'Aix-Marseille-Provence, métropole Nice-Côte d'Azur, métropole Toulon-Provence-Méditerranée, Toulouse Métropole, Montpellier-Méditerranée Métropole, Eurométropole de Strasbourg et métropole Rouen-Normandie."

Certains territoires n'ayant pas obligation de mettre en place une ZFE sont néanmoins engagés dans une réflexion[57] : CA de la Rochelle ; CA du Grand Annecy ; CA Valence Romans Agglo ; CC Cluses-Arve et Montagnes ; CC de la Vallée de Chamonix-Mont-Blanc ; CC Faucigny-Glières ; CC Pays du Mont-Blanc ; Clermont Auvergne Métropole ; CU d'Arras ; CU du Grand Reims ; Métropole du Grand Nancy ; Métropole Européenne de Lille ; Saint-Etienne Métropole.

---

[57] https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/le-parc-de-vehicules-selon-leur-categorie-critair-dans-les-zones-faibles-emissions-zfe

ANNEXE N°5 : DONNEES DES STATIONS AIRPARIF

Tableau 85: Concentrations en NOx et en NO_2 relevées par Airparif aux stations les plus proches du projet

NOx et NO_2 µg/m³		NOx	NO_2				
		Moyenne annuelle	Moyenne annuelle	Maximum horaire	Nb Dép. 200 µg/m³ en moyenne horaire	Maximum journalier	N
Stations	Année	Niveau critique 30 µg/m³	Valeur limite : 40 µg/m³ OMS : 10 µg/m³	-	Valeur limite : 18 dép. max. OMS : seuil à ne pas dépasser		
Paris 15ème	2017	n.r.	29	111	0	74	
	2018	n.r.	28	139	0	84	
	2019	n.r.	26	126	0	78	
	2020	25	18	126	0	59	
	2021	29	21	108	0	61	
Place Victor Basch	2017	n.r.	76	243	10	133	
	2018	n.r.	n.r	n.r	n.r	n.r	
	2019	n.r.	n.r	n.r	n.r	n.r	
	2020	129	45	323	7	146	
	2021	129	44	155	0	112	323
Versailles	2017	n.r.	23	102	0	67	230
	2018	n.r.	21	107	0	58	220
	2019	n.r.	20	103	0	77	192
	2020	19	15	117	0	57	
	2021	23	17	97	0	56	
Vitry-sur-Seine	2017	n.r.	31	113	0	74	
	2018	n.r.	30	155	0	87	
	2019	n.r.	28	137	0	80	
	2020	29	22	135	0	60	
	2021	33	23	107	0	59	

n.r = non représentatif

Tableau 86 : Concentrations en PM10 relevées par Airparif aux stations les plus proches du projet

PM10 µg/m³		Moyenne annuelle	Maximum journalier	Nb Dép. 50 µg/m³ en moyenne journalière	Nb Dép. 45 µg/m³ en moyenne journalière
Stations	Année	Valeur limite : 40 µg/m³ OMS : 15 µg/m³	-	Valeur limite : 35 dép. max.	OMS : 3 dép. max
Paris 15ème	2017	19	91	6	7
	2018	20	62	1	3
	2019	16	60	2	5
	2020	17	59	4	5
	2021	18	58	2	6
Place Victor Basch	2017	30	96	24	41
	2018	n.r	n.r	n.r	n.r
	2019	n.r	n.r	n.r	n.r
	2020	23	76	8	11
	2021	26	72	12	17
Vitry-sur-Seine	2017	20	82	6	7
	2018	21	65	2	4
	2019	19	68	6	10
	2020	18	62	4	5
	2021	17	58	4	6

n.r = non représentatif

Tableau 87 : Concentrations en PM2,5 relevées par Airparif aux stations les plus proches du projet

PM2,5 µg/m³		Moyenne annuelle	Maximum journalier	Nb Dép. 15 µg/m³ en moyenne journalière
Stations	Année	Valeur limite : 25 µg/m³ OMS : 5 µg/m³	-	OMS : 3 dép. max
Vitry-sur-Seine	2017	12	69	75
	2018	13	57	103
	2019	11	52	64
	2020	10	50	45
	2021	11	38	68

n.d = non disponible

Tableau 88 : Concentrations en O_3 relevées par Airparif aux stations les plus proches du projet

O_3 µg/m³		Maximum horaire	Nb Dép. 180 µg/m³ en moyenne horaire	Nb Dép. 240 µg/m³ en moyenne horaire
Station	Année	-	Seuil d'info/recommandation	Seuil d'alerte
Versailles	2017	184	0	0
	2018	191	0	0
	2019	191	0	0
	2020	157	0	0
	2021	151	0	0
Vitry-sur-Seine	2017	208	5	0
	2018	195	10	0
	2019	198	1	0
	2020	201	5	0
	2021	154	0	0

n.d = non disponible

Tableau 89 : Concentrations en SO_2 relevées par Airparif aux stations les plus proches du projet

SO_2 µg/m³		Moyenne annuelle	Maximum journalier	Nb Dép. 125 µg/m³ en moyenne journalière	Nb Dép. 40 µg/m³ en moyenne journalière
Station	Année	Objectif de qualité : 50 µg/m³		Valeur limite : 3 dép. max	OMS : 3 dép. max
Vitry-sur-Seine	2017	< LD	6	0	0
	2018	< LD	5	0	0
	2019	< LD	5	0	0
	2020	< LD	< LD	0	0
	2021	< LD	< LD	0	0

LD = Limite de Détection = 5 µg/m³

Tableau 90 : Concentrations en BTEX relevées par Airparif aux stations les plus proches du projet

BTEX µg/m³		Benzène	Toluène	Éthylbenzène	Xylène	
					m+p	o
Station	Année	Valeur limite : 5 µg/m³ Objectif de qualité : 2 µg/m³	Moyenne annuelle	Moyenne annuelle	Moyenne annuelle	Moyenne annuelle
Paris 15ème	2017	0,9	2,7	0,3	1,1	0,5
	2018	1,1	2,5	0,3	1	0,4
	2019	0,9	1,8	0,3	0,9	0,4
	2020	0,7	1,4	0,3	0,8	0,4
	2021	n.r	n.r	n.r	n.r	n.r
Place Victor Basch	2017	2,6	15	1,9	6	2,2
	2018	n.r	n.r	n.r	n.r	n.r
	2019	n.r	n.r	n.r	n.r	n.r
	2020	n.r	n.r	n.r	n.r	n.r
	2021	1,9	9,8	1,4	4,6	1,7
Vitry-sur-Seine	2017	0,9	2,3	0,3	1	0,4
	2018	0,7	1,8	0,3	0,8	0,4
	2019	0,7	1,8	0,2	0,7	0,3
	2020	0,6	1,5	0,2	0,7	0,3
	2021	0,7	1,6	0,3	0,7	0,3

n.r = non représentatif

ANNEXE N°6 : HISTORIQUE DES DONNEES SANITAIRES

Le bilan suivant est partiellement issu du site des Aasqa.

- **EUROPE : Les études épidémiologiques et** toxicologiques de référence

- Programme APHEIS

Le programme APHEIS (Air Pollution and Health : A European Information System) copiloté par l'Institut National de Veille Sanitaire a été mis en place en 1999. Son but est de fournir aux décideurs européens, aux professionnels de la santé et de l'environnement et au grand public, des informations actualisées et faciles d'utilisation afin de les aider à prendre des décisions éclairées sur les questions auxquelles ils doivent faire face quotidiennement dans le domaine de la pollution de l'air et de ses effets sur la santé publique.

- Programme CAFE

Par exemple, dans le programme CAFE (**C**lean **A**ir **f**or **E**urope, 'un Air propre pour l'Europe'), la Commission européenne estimait à près de 300 000 le nombre de décès anticipés liés à l'exposition aux niveaux de particules observés en 2000 à travers les États membres (soit une perte d'espérance de vie de 9 mois en moyenne en Europe) et à 21 000 pour l'ozone. Le coût sanitaire pour ces deux polluants était évalué à un montant compris entre 189 et 609 milliards d'euros par an en 2020.

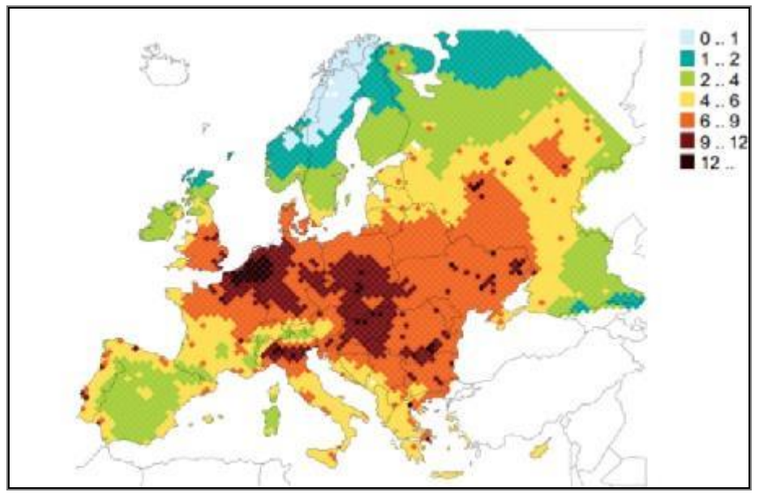


Figure 190 : Nombre de mois de perte d'espérance de vie - moyenne dans l'UE due aux particules fines (PM2,5) [Source : International Institute for Applied Systems Analysis]

Une évaluation de l'impact sanitaire à l'échelle de 25 pays de l'Union européenne, réalisée dans le cadre du programme CAFE (Clean Air for Europe) de la Commission européenne, s'est appuyée sur des outils de modélisation de la qualité de l'air et estimait qu'en France, en 2005, 42 000 décès étaient en relation avec l'exposition chronique aux particules fines PM2,5 d'origine humaine, ce qui correspondait à une perte moyenne d'espérance de vie de 8,2 mois.

- Programme APHEKOM

Le programme APHEKOM est un programme européen coordonné par l'Institut National de Veille Sanitaire. Neuf villes françaises ont participé au projet qui a évalué l'impact sanitaire et économique de la pollution atmosphérique urbaine dans 25 villes européennes. En complément des conclusions du projet, rendues publiques en 2011, l'Institut de veille sanitaire (InVS) a publié en 2012 un rapport spécifique aux neuf villes françaises.

- **FRANCE : Les études épidémiologiques et** toxicologiques de référence

- Les EIS (Évaluations d'Impact Sanitaire)

Une évaluation d'impact sanitaire vise à quantifier l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé. Interlocuteurs privilégiés des Agences régionales de santé (ARS), les Cellules interrégionales d'épidémiologie (Cire) assurent sur le terrain les évaluations d'impact sanitaire appliquées à la pollution atmosphérique (EIS-PA) commanditées pour optimiser les politiques locales de gestion de la qualité de l'air.

En date de mars 2015 : Depuis 2004, 37 zones urbaines françaises regroupant 813 communes et près de 19 millions d'habitants ont ainsi bénéficié d'EIS. Par exemple, pour la période 2008-2009, une évaluation de l'impact à long-terme de scénarios de diminution des niveaux moyens de PM2,5 sur la mortalité dans sept villes françaises (Bordeaux, Le Havre, Lyon, Paris, Rouen, Strasbourg et Toulouse) a été menée. Les concentrations moyennes de PM2,5 mesurées variaient de 15,6 µg/m^3 à Toulouse à 24,7 µg/m^3 à Lyon. Si l'ancienne valeur-guide de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (10 µg/m^3 de PM2,5 en moyenne annuelle) avait été respectée dans ces agglomérations, 2 864 décès par an auraient pu être retardés, et le gain d'espérance de vie à 30 ans aurait pu être en moyenne entre 4,7 et 13,1 mois selon les villes.

- Le PNSE (Plan National Santé Environnement)

Le Plan National Santé Environnement vise à répondre aux interrogations des Français sur les conséquences sanitaires à court et moyen terme de l'exposition à certaines pollutions de leur environnement.
Le PNSE (rappel : plan national santé environnement) est un plan qui, conformément à l'article L. 1311 du code de la santé publique, doit être renouvelé tous les cinq ans.

Le quatrième PNSE, (2021-2025), intitulé « Un environnement, une santé », a été lancé le 07 mai 2021 par les ministres de la Transition Écologique, et des Solidarités et de la Santé, dans un contexte spécifique. D'un côté, les attentes citoyennes sur les questions de santé environnement sont de plus en plus fortes. Au nom du principe de précaution, le citoyen souhaite que l'impact du progrès scientifique sur son environnement, et sur sa santé, soit évalué et anticipé. Par ailleurs, la crise sanitaire de la Covid-19 a fait émerger des interrogations sur notre rapport au vivant, et rappelle le lien étroit entre santé humaine, santé animale et santé de l'environnement.
Le PNSE 4 s'articule autour de quatre grands axes :

- **AXE 1 : S'informer, se former et informer sur l'état de mon environnement et les bons gestes à adopter pour notre santé et celle des écosystèmes**

- **AXE 2 : Réduire les expositions environnementales affectant la santé humaine et celle des écosystèmes sur l'ensemble du territoire**

- **AXE 3 : Démultiplier les actions concrètes menées par les collectivités dans les territoires**

- **AXE 4 : Mieux connaître les expositions et les effets de l'environnement sur la santé des populations et sur les écosystèmes**

- Le PSAS (Programme de Surveillance Air et Santé)

Le PSAS est un programme conduit par l'INVS. Il a été implanté en 2007 dans 9 grandes villes françaises (Bordeaux, Le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Paris, Rouen, Strasbourg et Toulouse). Il s'agit d'un outil de surveillance épidémiologique opérationnel et évolutif dont les objectifs sont de quantifier la relation à court terme entre la pollution atmosphérique urbaine et ses impacts sur la santé.

Les données de morbidité ont été obtenues par extraction à partir de la base du Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) des établissements hospitaliers publics, participant au service public ou de statut privé. Les indicateurs journaliers d'exposition à la pollution atmosphérique - NO_2, O_3, PM10 et PM2,5 - ont été construits à partir des concentrations mesurées sur chaque zone d'étude par les stations urbaines et périurbaines des Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air. Pour chaque motif d'admission à l'hôpital étudié, les risques ont été estimés en prenant en compte l'exposition du jour de l'événement et de la veille (exposition 0-1 jours). Pour chaque relation exposition/risque, une analyse combinée des résultats obtenus localement a permis d'estimer un risque relatif combiné. Nous avons pu observer des relations significatives entre les niveaux de pollution particulaire (PM10, PM2,5) et de NO_2 et le nombre journalier d'hospitalisations pour causes cardiovasculaires. Ces relations sont plus importantes pour les 65 ans et plus. Elles sont également plus élevées pour les causes cardiaques, en particulier les cardiopathies ischémiques, alors qu'elles ne sont pas significatives pour les maladies cérébrovasculaires.

Concernant les admissions hospitalières pour causes respiratoires, les excès de risque relatif associés à une augmentation des niveaux de NO_2, PM10 et PM2,5 sont hétérogènes entre les zones d'études. Pour ces trois indicateurs de pollution, les excès de risque combiné sur les 8 villes sont positifs mais non significatifs. Les niveaux d'ozone sont significativement associés au risque relatif d'admission à l'hôpital pour causes respiratoires chez les personnes âgées de 65 ans et plus uniquement.

- Étude ISAAC (International study of asthma and allergies in childhood)

L'Étude ISAAC menée par l'INSERM en 2007 a pour objectif général de mieux connaître la fréquence et les facteurs de risque des maladies allergiques de l'enfant. Ce programme est toujours en fonctionnement.

- **Les coûts sanitaires liés à la pollution**

Il est extrêmement épineux de calculer le coût social, économique et sanitaire de la pollution car, selon les polluants étudiés, les types de coûts et les valeurs retenus, des écarts sont observés dans les résultats. Ces études sont réalisées par des économistes, des épidémiologistes, et des spécialistes de l'air.

Plusieurs études ont été conduites, voici quelques résultats :

- **En avril 2005, le rapport Cafe CBA, "Baseline analysis 2000 to 2020", publié en 2005 dans le cadre du programme "Clean air for Europe" par la Commission européenne estime entre 68 à 97 milliards d'euros le coût monétarisé moyen de la mortalité et de la Morbidité, soit entre 1 154 et 1 630 euros par habitant.**

- **En avril 2013, le commissariat Général au Développement Durable (CGDD) expertise les valeurs monétaires de référence disponibles en France et dans l'Union Européenne pour chiffrer le coût des impacts sanitaires associés à la pollution de l'air. En France ils sont estimés entre 20 et 30 milliards d'euros, ce qui représente 400 euros par habitant. Ces frais prennent en considération les consultations, les hospitalisations, les médicaments, les soins et les indemnités journalières.**

- **En avril 2015, le Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) publiait un rapport sur les coûts des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique en France. Bilan : une facture de 1 à 2 milliards d'euros par an pour les soins de santé en France.**

- **En mai 2015, une étude de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) publie un rapport "Economic cost of the health impact of air pollution in Europe" [Le coût économique de l'impact sanitaire de la pollution de l'air en Europe]. Pour la France seule, le coût des décès imputables à la pollution de l'air s'élève à 48 milliards d'euros par an.**

- **En juillet 2015, un rapport du Sénat "pollution de l'air, le coût de l'inaction" estime le coût sanitaire annuel de la pollution de l'air extérieur pour la France, entre 68 et 97 milliards d'euros.**

ANNEXE N°7 : METROLOGIE DES POLLUANTS

- Méthodologie du prélèvement passif et de l'analyse des composés mesurés

Les campagnes de mesures du NO_2 ont été menées à l'aide d'échantillonneurs passifs. L'échantillonneur passif est un tube poreux horizontal rempli d'une cartouche imprégnée d'une solution adaptée à la mesure du polluant désiré. Les tubes, à l'abri de la pluie, restent exposés pour une durée suffisamment longue. Le matériau d'absorption capte le polluant par diffusion moléculaire. Après la période d'exposition, le tube est conditionné puis envoyé au laboratoire d'analyses.

- Mesure du dioxyde d'azote (NO_2)

L'échantillonneur passif pour la mesure du dioxyde d'azote est basé sur le principe de la diffusion passive de molécules de dioxyde d'azote (NO_2) sur un absorbant, le triéthanolamine. Les échantillonneurs utilisés consistent en un tube de polypropylène de 7,4 cm de long et de 9,5 mm de diamètre. Pour protéger l'échantillonneur contre les intempéries, de même que pour diminuer l'influence du vent, un dispositif spécifique de protection est utilisé. Ce mode de prélèvement fournit une moyenne sur l'ensemble de la période d'exposition. Il permet une première appréciation de la typologie des sites de mesure et la mesure est seulement représentative pour l'endroit de mesure immédiat.

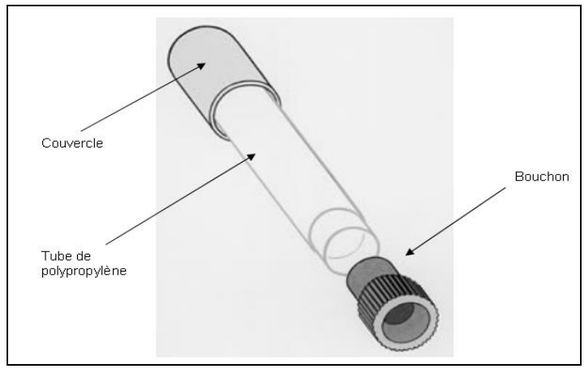


Figure 191 : Échantillonneur passif pour le dioxyde d'azote (Passam)

La quantité de dioxyde d'azote absorbée par l'absorbant est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement. Après une exposition donnée, la quantité totale de dioxyde d'azote est extraite et déterminée par colorimétrie à 540 nm selon la réaction de Saltzmann.
L'incertitude relative étendue donnée par le laboratoire est de 20,9 % pour une concentration de 40 µg/m³. La limite de détection est de 0,3 µg/m³ lors d'une exposition de 4 semaines.

- Théorie : La loi de Fick

La diffusion ordinaire est définie comme un transfert de matière dû à un gradient de concentration, d'une région à une autre. Pendant l'échantillonnage, ce dernier s'établit dans le tube entre le milieu absorbant et l'extrémité ouverte de l'échantillonneur. Dans des conditions de température et de pression constantes, pour un régime fluidique laminaire, le flux unidirectionnel (un seul axe) d'un gaz 1 à travers un gaz 2 est régi par la première loi de Fick :

$$F_{12} = -D_{12}\frac{dC_{12}}{dl}$$ **Équation 1**

Où : F_{12} : flux unidirectionnel du gaz 1 (le polluant) dans le gaz 2 (l'air) (mol.cm^{-2}.s^{-1})
D_{12} : coefficient de diffusion moléculaire du gaz 1 dans le gaz 2 (cm².s^{-1})
dC_{12}/dl : gradient linéaire de concentration le long du trajet de diffusion
C_{12} : concentration du gaz 1 dans le gaz 2 (mol.cm^{-3})

Pour un échantillonneur cylindrique, de longueur de diffusion L (cm) et de section interne S (πr², avec r le rayon de la surface réactive) (cm²), présentant un gradient de concentration {C-C0} le long du capteur, la quantité Q de gaz 1 transférée (mol) est connue par intégration de l'équation (1) :

$$Q = F_{12}.S.t = -D_{12}\frac{(C_0 - C).S.t}{L}$$ **Équation 2**

Où : C : concentration ambiante du gaz 1
C_0 : concentration du gaz 1 à la surface du réactif
$(C_0 - C)/L$: gradient de concentration le long de l'échantillonneur cylindrique de longueur L

En supposant que l'efficacité de captage du polluant par le milieu absorbant est de 100 %, les conditions limites des concentrations sont telles que $C_0 = 0$ au voisinage du piège d'où $C - C_0 = C$. L'équation (2) devient alors :

$$Q = D_{12}\frac{S}{L}C.t$$ **Équation 3**

À partir de l'équation (3), la concentration s'écrit :

$$C = \frac{Q.L}{D_{12}.S.t}$$ **Équation 4**

Le coefficient de diffusion de NO_2 utilisé pour le calcul des concentrations est celui donné par Palmes et al. (1976) dans l'air, à 20°C et 1 atm : $D(NO_2) = 0{,}154$ cm².s^{-1}. Les dimensions du tube de Palmes considérées sont les suivantes (sources Gradko Ltd 1999) : Longueur L = 7,116 (± 0,020) cm, Diamètre 2r = 1,091 (± 0,015) cm.
Brown et al. (1984) définissent le débit d'échantillonnage (en cm^3.s^{-1}) par les équations suivantes :

$$D_{éch} = \frac{D_{12}.S}{L} = \frac{Q}{C.t}$$

$D_{éch}$ ne dépend que des dimensions de l'échantillonneur (S et L) et du coefficient de diffusion moléculaire D_{12}.

- Méthode de préparation des tubes

Bien que la chimie d'absorption du NO_2 soit encore mal connue, une stœchiométrie mole à mole existe entre NO_2 capté et NO_2^- présent dans la solution d'extraction. D'après Volhardt (1990), NO_2 mis en présence de TEA (triéthanolamine) donne du N-nitrosodiéthanolamine :

$$\underset{\text{triéthanolamine}}{N(CH_2CH_2OH)_3} \xrightarrow{NO_2} \underset{\text{N-nitrosodiéthanolamine}}{ON-N(CH_2CH_2OH)_2} + \text{autres produits}$$

Après extraction et analyse des ions NO_2^- formés, la concentration en NO_2 (en $\mu g.m^{-3}$) est déterminée par la première loi de Fick précédemment présentée.

Lors de la préparation des tubes avant l'exposition, l'ensemble du matériel le constituant est soigneusement nettoyé pour éviter toute contamination. Les modes de nettoyage varient. À titre d'exemple, le protocole de ERLAP (Atkins, 1978 ; Gerbolès et al. 1996) préconise un nettoyage des grilles par un traitement au détergent dans un bain aux ultrasons, puis un lavage à l'eau déminéralisée et un séchage à 100°C. Un autre exemple est donné par le protocole de l'EMD (Plaisance, 1998), pour lequel tous les composants du tube sont plongés dans un bécher rempli d'eau déminéralisée, placé sous agitation pendant 3 heures. L'eau est renouvelée 3 fois. Chaque partie est ensuite saisie à l'aide d'une pince brucelles, passée sous un jet d'eau déminéralisée avant d'être séchée à l'air comprimé.

Cette opération de lavage et séchage est répétée 3 fois. Le tube est assemblé au fur et à mesure du nettoyage de ses composants.

La solution d'imprégnation est préparée juste avant son utilisation. Elle se compose d'une solution aqueuse de TEA, du réactif de Brij 35 (éther laurique de polyoxyéthylène), et d'un composé hygroscopique ou mouillant qui a pour rôle de favoriser l'imprégnation de la solution sur les grilles. La solution préparée par les utilisateurs de tubes NO_2 a généralement la composition suivante (Plaisance, 1998 ; Atkins, 1978 ; Gerbolès et al., 1996) :

- **11,2 g de TEA dans une fiole jaugée de 100 ml (TEA à 10 % v/v) ;**
- **0,309 g de Brij 35 (Brij 35 à 0,3 % v/v) ;**
- **complément à 100 ml avec de l'eau déminéralisée ;**
- **fermeture hermétique de la fiole jaugée et agitation, puis placement dans un bain à ultrasons jusqu'à dissolution totale du Brij 35.**

Un volume de 30 µl de solution réactive est déposé au centre des grilles à l'aide d'une micropipette. Cette quantité est suffisante pour imprégner toute la surface des grilles. Certains déposent jusqu'à 40 à 50 µl de solution. Pour une imprégnation efficace, le tube, une fois fermé hermétiquement, est placé verticalement bouchon rouge vers le bas pendant quelques minutes (45 min préconisées par Plaisance, 1998). D'après Hangartner et al. (1989), si leur exposition n'est pas immédiate, les tubes peuvent être conservés à 4°C au réfrigérateur jusqu'à leur utilisation.

- Analyse des tubes

Deux méthodes d'analyse des tubes sont proposées, l'une par colorimétrie et l'autre par chromatographie ionique. Elles ont toutes deux été utilisées directement ou indirectement par les réseaux.

- **Méthode spectrométrique :**

L'analyse colorimétrique utilise une variante de la méthode de Griess-Saltzman (Atkins, 1978) retenue par ERLAP. Une fois la capsule translucide retirée, l'on ajoute à l'aide d'une micropipette 3,15 ml d'une solution de sulfanilamide à 2 % (m/v) (masse/volume) et de NEDA (naphtyléthylènediamine) à 0,007 % (m/v) dans de l'acide orthophosphorique à 5 % (v/v). Cette solution est préparée au moment de son usage. Le tube est refermé hermétiquement puis agité. Le NO_2^- formé à partir du NO_2 réagit avec l'acide et le sulfanilamide pour donner un sel de diazonium qui s'associe avec le dérivé de naphtalène pour former un colorant azoïque (complexe coloré). Après un temps de développement de la couleur de 30 min, la solution colorée est mesurée par spectrophotométrie à 542 nm. La quantité de NO_2^- (donc celle de NO_2) est mesurée à partir d'une courbe d'étalonnage, établie avec des solutions standards de $NaNO_2$, de la forme $A = f([NO_2^-])$ avec A l'absorbance de la solution et $[NO_2^-]$ la concentration en ions nitrite extraits. Compte tenu du fait qu'il se forme des ions nitrite dans les tubes témoins (tubes fermés), malgré les précautions prises, la quantité formée est prise en compte en la soustrayant systématiquement aux valeurs des tubes exposés.

- **Méthode chromatographique :**

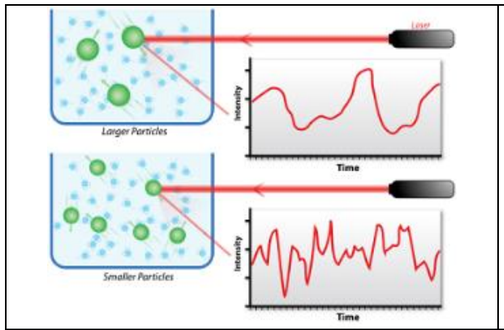
La chromatographie ionique est une méthode spécifique des ions en présence, contrairement à la méthode colorimétrique qui détermine l'absorbance d'une solution colorée. La capsule translucide du tube est enlevée puis 2,5 ml d'eau déminéralisée sont ajoutés dans le tube, ce qui permet de solubiliser entièrement les produits d'absorption du NO_2. Le tube est refermé hermétiquement puis agité manuellement pendant 2 min. La quantité d'ions NO_2^- formée est ensuite déterminée par chromatographie ionique.

- Mesure des particules

  - Principe des micro-capteurs laser

L'analyse de la concentration des particules atmosphériques est réalisée par diffusion optique selon le précepte du Dynamic Light Scattering (DLS) : la longueur d'onde de la lumière diffusée est proportionnelle à la taille des particules.
Cette technique permet d'obtenir en temps réel et en simultané la concentration massique des particules PM10 et des particules fines PM2,5. La plage de mesure du capteur est de 0 à 500 µg/m^3, avec une erreur en moyenne ne dépassant pas les 10 %.

La figure ci-après représente le micro-capteur.



Principe du Dynamic Light Scattering

Photographie du micro-capteur

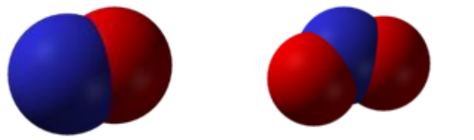
Figure 192 : Micro-capteur laser utilisé pour les mesures en continu

Le principe de fonctionnement du capteur est le suivant : un flux d'air est créé dans le capteur par ventilation. Les particules sont ainsi transportées vers une cellule illuminée par laser. La lumière diffusée par les particules est captée par une diode et convertie en un signal électrique. Ce signal est proportionnel à la concentration de particules et permet, en utilisant le théorème de Mie, de remonter à la concentration massique des deux classes de particules considérées (PM10 et PM2,5).

ANNEXE N°8 : PRESENTATION DES SUBSTANCES MESUREES

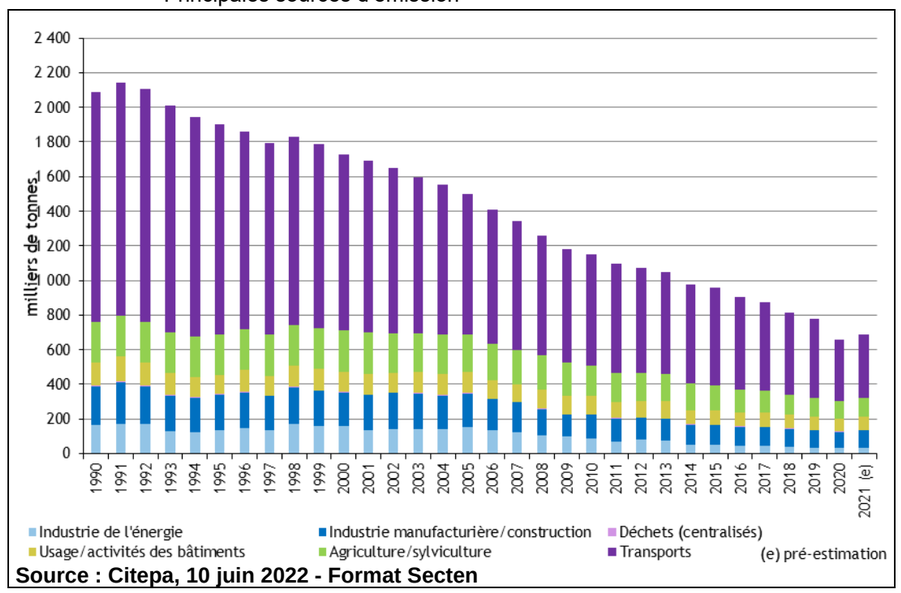
- Oxydes d'azote [NOx]

Les oxydes d'azotes [NOx] comprennent le monoxyde d'azote [NO], le dioxyde d'azote [NO_2]. La proportion de ces molécules varie avec la température. La principale source d'exposition est anthropique (lors d'émissions de véhicules diesel, combustibles fossiles, mais les NOx se forment aussi naturellement lors des orages ou des éruptions volcaniques.
À température ambiante, le monoxyde d'azote est instable, et réagit avec l'oxygène pour former du dioxyde d'azote (INRS, 1996). Le dioxyde d'azote est présent en phase gazeuse dans l'atmosphère. Il réagit avec les radicaux hydroxyles, et subit des réactions photochimiques conduisant à la formation d'ozone.



Molécule de monoxyde d'azote **Molécule de dioxyde d'azote**

- Principales sources d'émission



Source : Citepa, 10 juin 2022 - Format Secten

Les transports sont le 1er secteur émetteur de NOx (356 kt soit 54% des émissions de la France métropolitaine en 2020) et majoritairement par le transport routier (90 % des émissions de NOx des transports, en 2020).

Depuis 1990, la baisse observée dans ce secteur s'explique par le renouvellement du parc de véhicules et l'équipement progressif des véhicules en pots catalytiques. La tendance à la baisse plus marquée en 2020 qu'auparavant est l'effet des mesures de confinement liées à la crise sanitaire du Covid 19.

- Effets sur la santé

Chez l'homme, la principale voie d'exposition au monoxyde d'azote et au dioxyde d'azote est l'inhalation. Le monoxyde d'azote est naturellement présent dans l'organisme : c'est un important médiateur physiologique, notamment pour la vasodilatation des vaisseaux sanguins. Néanmoins il a une action toxique au niveau des plaquettes. Il a également des effets respiratoires.

Les enfants exposés au NO_2 dans l'air intérieur ont des symptômes respiratoires plus marqués et des prédispositions à des maladies respiratoires chroniques d'apparitions plus tardives, sans pour autant qu'il y ait une augmentation de leur fréquence. Les études chez les adultes n'ont pas montré d'augmentation de la fréquence des symptômes respiratoires. Les enfants exposés au NO_2 dans l'air extérieur montrent un allongement de la durée des symptômes respiratoires. Pour les adultes, la corrélation entre exposition et pathologies respiratoires chroniques n'est pas claire.

- Effets sur l'environnement

Les oxydes d'azote participent aux phénomènes des pluies acides, à la formation de l'ozone troposphérique, dont ils sont l'un des précurseurs, et à l'atteinte de la couche d'ozone stratosphérique comme à l'effet de serre.

- Particules en suspension PM10 et PM2,5

Les particules sont des entités liquides ou solides en suspension dans l'air (gaz) ; elles forment avec ce dernier un aérosol (gaz + particules en suspension).

Les particules en suspension sont considérées aujourd'hui comme l'un des principaux indicateurs de la qualité de l'air. Elles peuvent être d'origine naturelle (embruns océaniques, éruptions volcaniques, feux de forêts, érosion éolienne des sols) ou anthropique (combustion incomplète de matières fossiles, transport, agriculture, activités industrielles : sidérurgie, incinération…). Une partie d'entre elles, les particules secondaires, se forme dans l'air par réaction chimique à partir de polluants précurseurs comme les oxydes de soufre, les oxydes d'azote, l'ammoniac et les composés organiques volatils.

On distingue les particules de diamètre inférieur à 10 microns (PM10), 2,5 microns (PM2,5) et 1 micron (PM1).

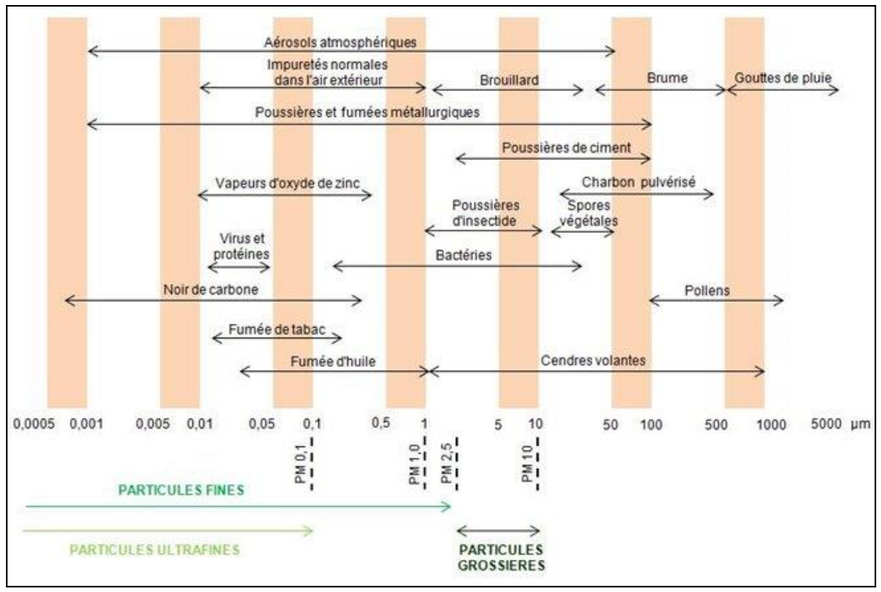
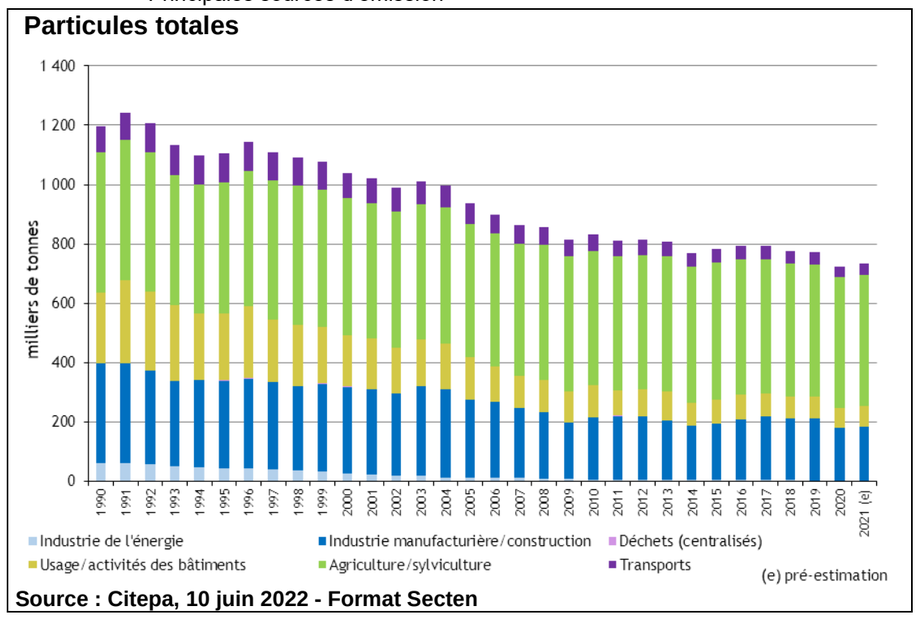


Figure 193 : Taille des particules – échelle et ordre de grandeur (source : CITEPA)

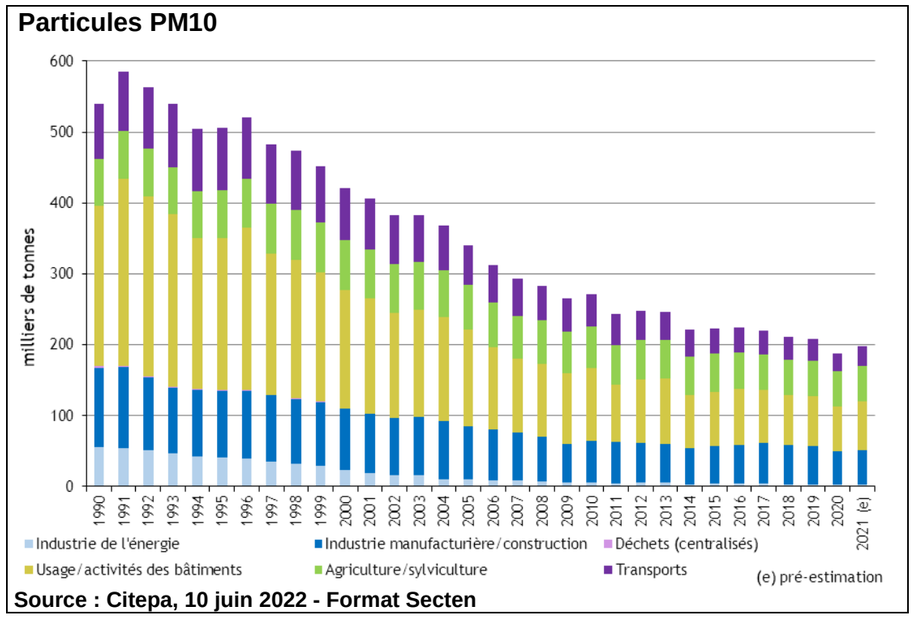
- Principales sources d'émission



Source : Citepa, 10 juin 2022 - Format Secten

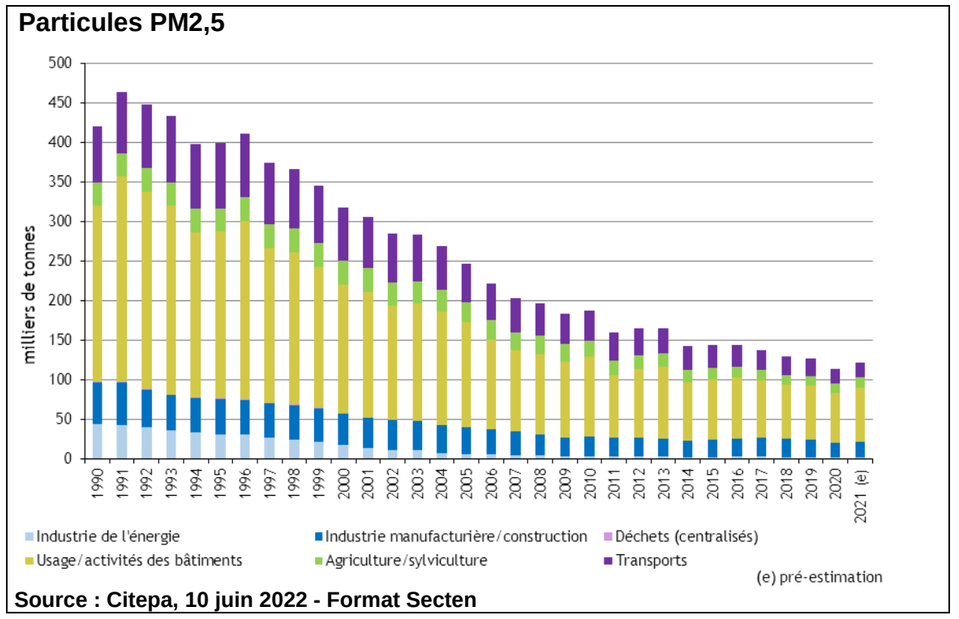
Parmi les secteurs émetteurs, les contributions aux émissions nationales sont variables en 2020. Il s'agit par ordre d'importance de :

- **l'agriculture/sylviculture avec 61 % des émissions de la France métropolitaine, notamment du fait des labours des cultures ;**
- **l'industrie manufacturière avec 25 %, notamment du fait des activités du BTP et de la construction (chantiers), ainsi que l'extraction de roches dans les carrières ;**
- **le résidentiel / tertiaire (9 %) du fait de la consommation de bois ;**
- **les transports (5 %).**



Les secteurs contribuant aux émissions de ce polluant, par ordre de prédominance en 2020 sont :

- **Le résidentiel / tertiaire (34 %), du fait de la combustion du bois et, dans une moindre mesure, du charbon et du fioul ;**
- **L'agriculture / sylviculture (27 %), en particulier les élevages et lu labour des cultures ;**
- **L'industrie manufacturière/construction (25 %), en particulier le sous-secteur des minéraux non métalliques et des matériaux de construction ;**
- **Les transports (13 %) ;**
- **La transformation d'énergie 1 %.**



Les émissions par ordre d'importance en 2020 sont induites par :

- **Le résidentiel / tertiaire avec 56 % des émissions totales de la France métropolitaine ;**
- **L'industrie manufacturière/construction 17 % ;**
- **Les transports 15 % ;**
- **Le secteur de l'agriculture/sylviculture 10 % ;**
- **La transformation d'énergie 2 %.**

- Effets sur la santé

Leurs effets sur la santé dépendent de leur granulométrie et de leur composition chimique. Plus elles sont fines, plus elles pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire et plus leur temps de séjour y est important. Elles peuvent contenir des produits toxiques tels que des métaux ou des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dont certains sont cancérigènes. Une corrélation a été établie entre les niveaux élevés de PM10 et l'augmentation des admissions dans les hôpitaux et des décès, liés à des pathologies respiratoires et cardio-vasculaires.
Les préoccupations portent aujourd'hui sur des particules plus fines (PM2,5).

ANNEXE N°9 : REGLEMENTATION DES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

Tableau 91 : Critères nationaux de la qualité de l'air

Polluants	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuils d'alerte	Niveau critique
Dioxyde d'azote (NO_2)	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/10 : 40 µg/m³. En moyenne horaire : depuis le 01/01/10 : 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an.	En moyenne annuelle : 40 µg/m³.	En moyenne horaire : 200 µg/m³.	En moyenne horaire : 400 µg/m³ dépassé sur 3 heures consécutives. 200 µg/m³ si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain.	
Oxydes d'azote (NOx)					En moyenne annuelle (équivalent NO_2) : 30 µg/m³ (protection de la végétation).
Dioxyde de soufre (SO_2)	En moyenne journalière : 125 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an. En moyenne horaire : depuis le 01/01/05 : 350 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an.	En moyenne annuelle : 50 µg/m³.	En moyenne horaire : 300 µg/m³.	En moyenne horaire sur 3 heures consécutives : 500 µg/m³.	En moyenne annuelle et hivernale (pour la protection de la végétation) : 20 µg/m³.
Plomb (Pb)	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/02 : 0,5 µg/m³.	En moyenne annuelle : 0,25 µg/m³.			
Monoxyde de carbone (CO)	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 10 000 µg/m³.				
Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres (PM10)	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/05 : 40 µg/m³. En moyenne journalière : depuis le 01/01/2005 : 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an.	En moyenne annuelle : 30 µg/m³.	En moyenne journalière : 50 µg/m³.	En moyenne journalière : 80 µg/m³.	
Benzène (C_6H_6)	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/10 : 5 µg/m³.	En moyenne annuelle : 2 µg/m³.			

Polluant	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuils d'alerte	Valeurs cibles
Ozone (O_3)		Seuil de protection de la santé, pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 120 µg/m³ pendant une année civile. Seuil de protection de la végétation, AOT 40* de mai à juillet de 8h à 20h : 6 000 µg/m³.h	En moyenne horaire : 180 µg/m³.	Seuil d'alerte pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire : 240 µg/m³ sur 1 heure Seuils d'alerte pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence, en moyenne horaire : 1er seuil : 240 µg/m³ dépassé pendant trois heures consécutives. 2e seuil : 300 µg/m³ dépassé pendant trois heures consécutives. 3e seuil : 360 µg/m³.	Seuil de protection de la santé : 120 µg/m³ pour le max journalier de la moyenne sur 8h à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans. Cette valeur cible est appliquée depuis 2010. Seuil de protection de la végétation : AOT 40* de mai à juillet de 8h à 20h : 18 000 µg/m³.h en moyenne calculée sur 5 ans. Cette valeur cible est appliquée depuis 2010.

* AOT 40 (exprimé en µg/m³.heure) signifie la somme des différences entre les concentrations horaires supérieures à 80 µg/m³ et le seuil de 80 µg/m³ durant une période donnée en utilisant uniquement les valeurs sur 1 heure mesurées quotidiennement entre 8 heures et 20 heures. (40 ppb ou partie par milliard=80 µg/m³)

Polluant	Valeurs limites	Objectif de qualité	Valeur cible	Objectif de réduction de l'exposition par rapport à l'IEM 2011* , qui devrait être atteint en 2020		Obligation en matière de concentration relative à l'exposition qui doit être respectée en 2015
Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 2,5 micromètres (PM2,5)	En moyenne annuelle : 25 µg/m³ depuis le 01/01/15.	En moyenne annuelle : 10 µg/m³.	En moyenne annuelle : 20 µg/m³.	Concentration initiale	Objectif de réduction	20 µg/m³ pour l'IEM 2015**.
				<= à 8,5 µg/m³	0%	
				>8,5 et <13 µg/m³	10%	
				>=13 et <18 µg/m³	15%	
				>=18 et <22 µg/m³	20%	
				>= à 22 µg/m³	Toute mesure appropriée pour atteindre 18 µg/m³	

* IEM 2011 : Indicateur d'exposition moyenne de référence, correspondant à la concentration moyenne annuelle en µg/m³ sur les années 2009, 2010 et 2011.
** IEM 2015 : Indicateur d'exposition moyenne de référence, correspondant à la concentration moyenne annuelle en µg/m³ sur les années 2013, 2014 et 2015.

Polluants	Valeurs cibles* qui devraient être respectées le 31 décembre 2012
Arsenic	6 ng/m³
Cadmium	5 ng/m³
Nickel	20 ng/m³
Benzo(a)pyrène (utilisé comme traceur du risque cancérogène lié aux Hydrocarbures aromatiques polycycliques - HAP)	1 ng/m³

* Moyenne calculée sur l'année civile du contenu total de la fraction PM10.

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

- **Objectif de qualité : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble ;**

- **Seuil d'information et de recommandations : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population rendant nécessaires des informations immédiates et adéquates ;**

- **Seuil d'alerte : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement justifiant l'intervention de mesures d'urgence ;**

- **Valeur cible : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble, à atteindre, dans la mesure du possible dans un délai donné ;**

- **Valeur limite : seuil maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement ;**

- **Niveau critique : niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques, au-delà duquel des effets nocifs directs peuvent se produire sur certains récepteurs, tels que les arbres, les autres plantes ou écosystèmes naturels, à l'exclusion des êtres humains.**

ANNEXE N°10 : LIGNES DIRECTRICES DE L'OMS

Polluant	Durée retenue pour le calcul des moyennes	Seuils de référence OMS 2021 (Concentrations)
$PM_{2.5}$ (µg/m_3)	Année	5
	24 heures [a]	15
PM_{10} (µg/m^3)	Année	15
	24 heures [a]	45
NO_2 (µg/m^3)	Année	10
	24 heures [a]	25
O_3 (µg/m^3)	Pic saisonnier [b]	60
	8 heures [a]	100
SO_2 (µg/m^3)	24 heures [a]	40
CO (mg/m^3)	24 heures [a]	4

a 99ème percentile (3 à 4 jours de dépassement par an).
b Moyenne de la concentration moyenne journalière maximale d'O_3 sur 8 heures au cours des six mois consécutifs où la concentration moyenne d'O_3 a été la plus élevée.

ANNEXE N°11 : DONNEES TRAFIC CONSIDEREES DANS L'ETUDE

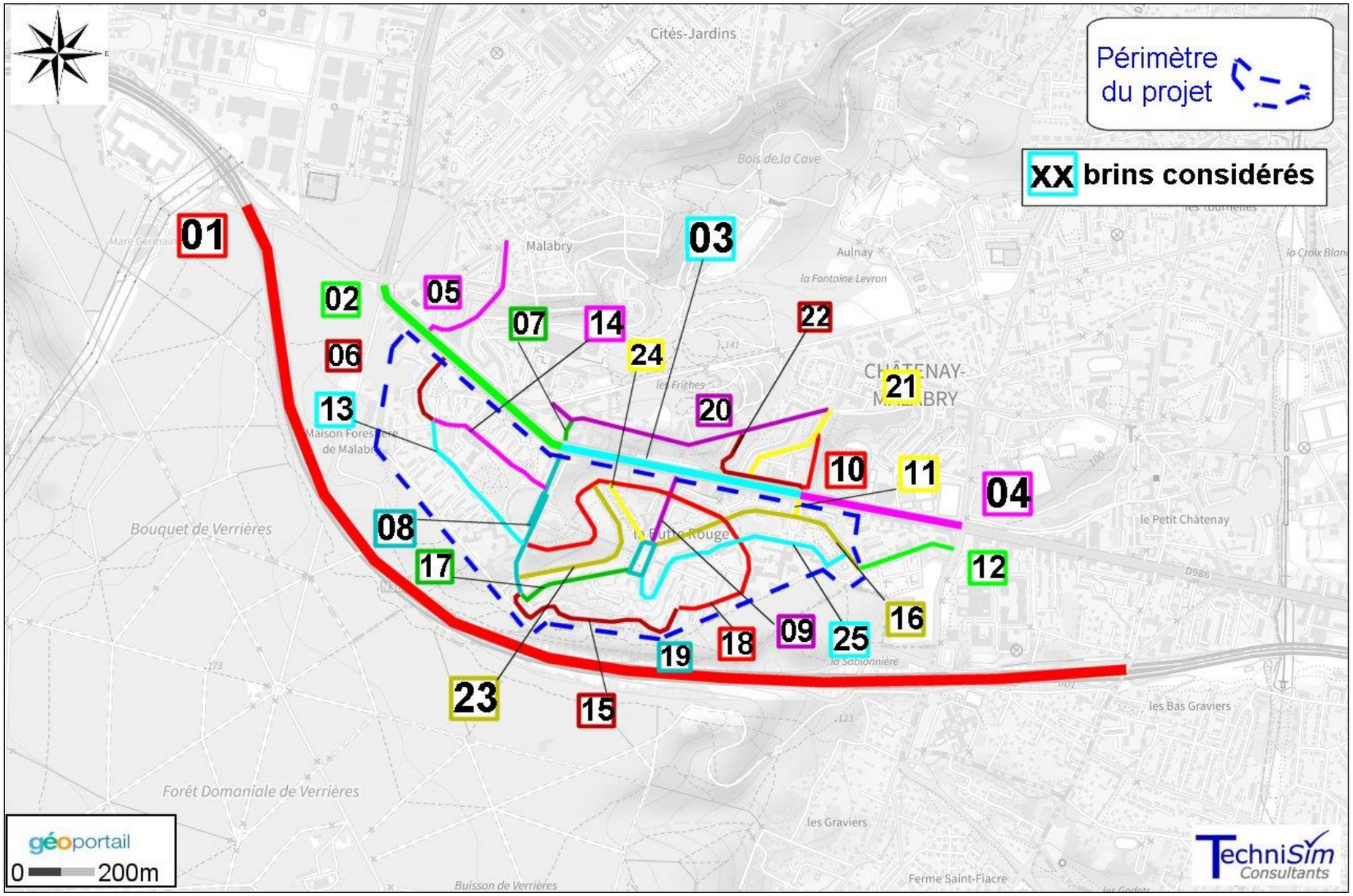


Figure 194 : Brins considérés

Tableau 92 : Données trafics considérées pour chaque situation

			2020 Actuel				2037 Fil de l'eau				2037 Avec Projet			
			TMJA				TMJA				TMJA			
Brin	Nom de la voie	Longueur (m)	Poids Lourds	Vitesse PL [km/h]	Véhicules Légers	Vitesse VL [km/h]	Poids Lourds	Vitesse PL [km/h]	Véhicules Légers	Vitesse VL [km/h]	Poids Lourds	Vitesse PL [km/h]	Véhicules Légers	Vitesse VL [km/h]
1	A86 / N385	3490	9473	80	85263	90	9473	80	85263	90	9473	80	85263	90
2	Avenue de la Division Leclerc - 1	740	985	50	18724	50	1110	50	21094	50	1173	50	22291	50
3	Avenue de la Division Leclerc - 2	718	837	50	15909	50	964	50	18315	50	997	50	18939	50
4	Avenue de la Division Leclerc - 3	492	943	50	17910	50	1077	50	20463	50	1122	50	21322	50
5	Rue Henri de Latouche	430	16	30	519	30	18	30	593	30	19	30	618	30
6	Avenue des Frères Montgolfier	251	91	30	2950	30	82	30	2645	30	109	30	3512	30
7	Rue Nicolas Appert	89	118	30	3818	30	135	30	4375	30	141	30	4545	30
8	Avenue Francis de Pressensé	473	61	50	1969	50	57	50	1856	50	72	50	2344	50
9	Avenue Albert Thomas	234	40	50	1287	50	42	50	1366	50	47	50	1532	50
10	Rue Paul Cézanne	197	96	50	3114	50	106	50	3417	50	115	50	3707	50
11	Rue du Général Duval	71	94	50	3029	50	86	50	2767	50	112	50	3606	50
12	Rue de l'Egalité	307	24	30	768	30	22	30	706	30	28	30	914	30
13	Avenue Léonard de Vinci	476	22	30	690	30	20	30	628	30	25	30	801	30
14	Avenue Saint-Exupéry	408	23	30	721	30	21	30	656	30	26	30	837	30
15	Avenue Paul de Rutté	618	16	50	520	50	15	50	473	50	19	50	603	50
16	Rue Charles Longuet, Rue Eugène Varlin, Rue Barbusse	697	48	30	1520	30	44	30	1383	30	55	30	1763	30
17	Rue Robert Hertz	350	8	30	240	30	7	30	219	30	9	30	279	30
18	Rue Durkheim, Vaillant, Lafargue, Lamartine	1282	40	30	1264	30	36	30	1151	30	46	30	1467	30
19	Place Francois Simiand	278	54	30	1706	30	49	30	1553	30	62	30	1979	30
20	Chemin de la justice	877	54	30	1706	30	49	30	1553	30	62	30	1979	30
21	Rue Claude Monnet	341	13	30	427	30	12	30	388	30	16	30	495	30
22	Rue Auguste Renoir	387	13	30	427	30	12	30	388	30	16	30	495	30
23	Rue Malon, Renaudel	543	13	30	427	30	12	30	388	30	16	30	495	30
24	Rue Eugene Pottier	206	13	30	427	30	12	30	388	30	16	30	495	30
25	Rue Briand, Bonnevial	803	13	30	427	30	12	30	388	30	16	30	495	30

			2057 Fil de l'eau				2057 Avec Projet			
			TMJA				TMJA			
Brin	Nom de la voie	Longueur (m)	Poids Lourds	Vitesse PL [km/h]	Véhicules Légers	Vitesse VL [km/h]	Poids Lourds	Vitesse PL [km/h]	Véhicules Légers	Vitesse VL [km/h]
1	A86 / N385	3490	9473	80	85263	90	9473	80	85263	90
2	Avenue de la Division Leclerc - 1	740	1110	50	21094	50	1173	50	22291	50
3	Avenue de la Division Leclerc - 2	718	964	50	18315	50	997	50	18939	50
4	Avenue de la Division Leclerc - 3	492	1077	50	20463	50	1122	50	21322	50
5	Rue Henri de Latouche	430	18	30	593	30	19	30	618	30
6	Avenue des Frères Montgolfier	251	82	30	2645	30	109	30	3512	30
7	Rue Nicolas Appert	89	135	30	4375	30	141	30	4545	30
8	Avenue Francis de Pressensé	473	57	50	1856	50	72	50	2344	50
9	Avenue Albert Thomas	234	42	50	1366	50	47	50	1532	50
10	Rue Paul Cézanne	197	106	50	3417	50	115	50	3707	50
11	Rue du Général Duval	71	86	50	2767	50	112	50	3606	50
12	Rue de l'Egalité	307	22	30	706	30	28	30	914	30
13	Avenue Léonard de Vinci	476	20	30	628	30	25	30	801	30
14	Avenue Saint-Exupéry	408	21	30	656	30	26	30	837	30
15	Avenue Paul de Rutté	618	15	50	473	50	19	50	603	50
16	Rue Charles Longuet, Rue Eugène Varlin, Rue Barbusse	697	44	30	1383	30	55	30	1763	30
17	Rue Robert Hertz	350	7	30	219	30	9	30	279	30
18	Rue Durkheim, Vaillant, Lafargue, Lamartine	1282	36	30	1151	30	46	30	1467	30
19	Place Francois Simiand	278	49	30	1553	30	62	30	1979	30
20	Chemin de la justice	877	49	30	1553	30	62	30	1979	30
21	Rue Claude Monnet	341	12	30	388	30	16	30	495	30
22	Rue Auguste Renoir	387	12	30	388	30	16	30	495	30
23	Rue Malon, Renaudel	543	12	30	388	30	16	30	495	30
24	Rue Eugene Pottier	206	12	30	388	30	16	30	495	30
25	Rue Briand, Bonnevial	803	12	30	388	30	16	30	495	30

Contact

Techni*Sim* Consultants
316 rue Paul Bert
69003 LYON

Fixe : 04 37 69 92 80
Mél : technisim@wanadoo.fr

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

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

→ FIN de DOCUMENT ←