

ZAC VARÉCOPOLE

LE CANNET-DES-MAURES [Var/83]



VOLET AIR & SANTE EN REPONSE A L'AVIS MRAE 2024APPACA7/3626 DU 08 FEVRIER 2024
ANALYSE DES IMPACTS

Réf N : 241 902 022
V1

16 avril 2024

TechniSim
Consultants

Suivi des modifications

Nom du fichier	Version	Date	Contenu	Objet des modifications	Rédacteur	Relecteur	Superviseur
Rapport_étude_Citadia_ZAC_VarEcopole_Cannet-des-Maures_Incidences_Air_Santé_N1.doc	1	16/04/2024	Analyse des impacts	Première version	TS	CC	RG

SAGEP



**ZAC VarEcopole
Le Cannet-des-Maures [83]**

**Volet Air & Santé en réponse à l'avis MRAe 2024APPACA7/3626 du 08 février 2024
Analyse des impacts**

TECHNISIM Consultants

316 rue Paul Bert
69003 LYON

Fixe : 04 37 69 92 80

technisim@wanadoo.fr

SOMMAIRE

Préambule	10	9.6. Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets aigus : comparaison avec les recommandations de l'OMS	82
1. Contexte général	11	9.7. Incertitudes relatives à l'EQRS	84
2. Contexte législatif.....	12	9.8. Synthèse de l'EQRS – Impact du projet sur la santé.....	85
3. Présentation du projet.....	13	10. Impact du projet sur les émissions de gaz à effet de serre	86
4. Présentation du volet Air et santé.....	15	10.1. Généralités.....	86
4.1. Définition des paramètres de l'étude.....	15	10.2. Émissions de GES sur le réseau d'étude	90
4.2. Définition du niveau de l'étude	16	11. Coûts collectifs des gaz à effet de serre et de la pollution atmosphérique	92
Analyse des Impacts.....	18	11.1. Coûts liés aux émissions de polluants atmosphériques	92
5. Contenu de l'analyse des impacts	19	11.1.1. Généralités.....	92
6. Impacts du projet sur la qualité de l'air en phase chantier	20	11.1.2. Coûts liés aux émissions du trafic routier du réseau d'étude	92
6.1. Émissions liées aux activités du chantier	20	11.2. Coûts liés aux émissions de gaz à effet de serre	93
6.2. Mesures de réduction des émissions liées aux activités du chantier.....	21	12. Effets de la pollution atmosphérique et des GES sur la santé et le climat	95
6.2.1. Mesures de réduction des gaz d'échappement des engins.....	21	12.1. Effets généraux de la pollution atmosphérique sur la santé	95
6.2.2. Mesures de réduction des émissions de poussières.....	21	12.2. Changements climatiques	99
6.2.3. Mesures de réduction des émissions de COV et de HAP	22	12.3. Impacts directs des canicules et des fortes chaleurs sur la santé	101
6.2.4. Charte Chantiers Verts	22	12.4. Impacts du changement climatique et de la pollution atmosphérique sur les maladies allergiques	106
6.3. Synthèse.....	23	12.5. Impacts du changement climatique sur les maladies infectieuses et vectorielles ...	107
7. Impact du projet sur la qualité de l'air en phase exploitation	24	12.6. Impacts du changement climatique sur les concentrations en polluants atmosphériques.....	109
7.1. Émissions provenant des bâtiments créés.....	24	13. Effets de la pollution atmosphérique sur la faune, la flore, le sol et les bâtiments	111
7.1.1. Généralités – émissions atmosphériques des secteurs résidentiel et tertiaire.....	24	13.1. Effets sur les sols	111
7.1.2. Émissions atmosphériques issues des bâtiments	30	13.2. Effets sur la végétation	111
7.1.3. Impacts du projet (secteurs résidentiel et tertiaire) sur la qualité de l'air.....	30	13.3. Effets sur la faune.....	113
7.2. Impact du trafic automobile moyen journalier annuel lié à l'exploitation du projet... 31		13.4. Effets sur les bâtiments	114
7.2.1. Méthodologie.....	31	14. Qualité de l'air intérieur	115
7.2.2. Indice VK.....	34	14.1. Présentation.....	115
7.2.3. Consommations énergétiques	34	14.2. Polluants	115
7.2.4. Émissions de polluants atmosphériques sur le réseau d'étude.....	35	14.3. Recommandations.....	116
7.2.5. Émissions de particules liées au transport ferroviaire sur la zone d'étude	39	15. Mesures d'évitement, de réduction et de compensation des impacts	117
7.2.6. Simulation numérique de la dispersion atmosphérique.....	40	15.1. Mesures de réduction en phase conception du projet.....	117
7.3. Conclusion de l'impact du trafic routier lié au projet sur la qualité de l'air	59	15.2. Mesures de réduction en phase exploitation	119
8. Exposition des populations - Indice Pollution Population	60	Conclusion – Analyse des Impacts	120
9. Impacts du projet sur la santé – Évaluation quantitative des risques sanitaires [EQRS] 64		16. Conclusion de l'analyse des impacts	121
9.1. Hypothèses de travail retenues	64	Annexes	124
9.2. Contenu et démarche de l'EQRS	65	Annexe n°1 : Glossaire	125
9.3. Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets à seuil - Quotients de danger	71	Annexe n°2 : Historique des données sanitaires	127
9.4. Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets sans seuils : calcul de l'Excès de Risque Individuel (ERI)	77		
9.5. Cas particulier des principaux polluants ne disposant pas de VTR – Exposition chronique.....	81		

Annexe n°3 : Réglementation des polluants atmosphériques	130
Annexe n°4 : Lignes directrices de l’OMS	132
Annexe n°5 : Données trafics considérées dans l’étude.....	133
<i>Contact</i>	<i>135</i>

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du projet « ZAC VarEcopole » au Cannet-des-Maures.....	13
Figure 2 : ZAC VarEcopole (source : étude trafic Horizon Conseil)	13
Figure 3 : Secteur 1 de la ZAC VarEcopole (source : Étude de faisabilité de développement des énergies renouvelables – ZAC VARECOPOLE).....	14
Figure 4 : Secteur 2 de la ZAC VarEcopole (source : Étude de faisabilité de développement des énergies renouvelables – ZAC VARECOPOLE).....	14
Figure 5 : Secteur 2 de la ZAC VarEcopole (source : Étude de faisabilité de développement des énergies renouvelables – ZAC VARECOPOLE).....	14
Figure 6 : Zone d'étude du volet Air et Santé et emprise projet.....	16
Figure 7 : Cartographie de la population au sein de la zone d'étude – Densité de population par maille de 200 m de côté (Données INSEE 2019 publiée en 2023).....	17
Figure 8 : Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Particules TSP.....	24
Figure 9 : Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Particules PM10.....	25
Figure 10 : Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Particules PM2,5.....	25
Figure 11 : Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Particules PM1,0.....	26
Figure 12 : Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Carbone suie.....	26
Figure 13 : Émissions des substances acidifiantes, eutrophisantes et contribuant à la pollution photochimique provenant des secteurs résidentiel et tertiaire en France métropolitaine.....	27
Figure 14 : Part des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine – substances acidifiantes, eutrophisantes et contribuant à la pollution photochimique.....	28
Figure 15 : Émissions des métaux provenant du secteur résidentiel-tertiaire en France métropolitaine.....	29
Figure 16 : Part des émissions du secteur résidentiel-tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine – métaux.....	29
Figure 17 : Brins considérés / Réseau d'étude.....	32
Figure 18 : Évolution de la composition du parc de voitures particulières selon la motorisation (en haut) et selon les réglementations EURO , en nombre – version 2023 scénario AME des parcs UGE-IFSTTAR (Source : UGE IFSTTAR).....	33
Figure 19 : Indices VK sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.....	34
Figure 20 : Consommations énergétiques sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.....	35
Figure 21 : Évolution en % des émissions de polluants (sur la somme des émissions des polluants de la note technique du 22 février 2019) sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle comparativement à la situation actuelle 2020.....	36
Figure 22 : Émissions d'oxydes d'azote (éq.NO ₂) sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.....	37
Figure 23 : Émissions de monoxyde d'azote et dioxyde d'azote sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.....	37
Figure 24 : Émissions de particules à l'échappement sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.....	37
Figure 25 : Émissions de particules PM10 et PM2,5 sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.....	37
Figure 26 : Émissions de CO sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.....	38
Figure 27 : Émissions de COVNM sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.....	38
Figure 28 : Émissions de benzène sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.....	38
Figure 29 : Émissions de dioxyde de soufre sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.....	38
Figure 30 : Émissions d'arsenic sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.....	39
Figure 31 : Émissions de nickel sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.....	39

Figure 32 : Émissions de benzo(a)pyrène sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.....	39
Figure 33 : Ligne ferroviaire n°930 longeant le projet.....	39
Figure 34 : Modélisation gaussienne d'un panache.....	41
Figure 35 : Rose des vents utilisée pour les simulations.....	41
Figure 36 : Terrain numérique utilisé dans les modélisations et grille de calcul.....	42
Figure 37 : Grille de calcul et emplacement des récepteurs ponctuels sur la zone d'étude.....	42
Figure 38 : Concentrations en NO ₂ – Moyenne annuelle – Situation N°1 – Actuel 2020.....	48
Figure 39 : Concentrations en NO ₂ – Moyenne annuelle – Situation N°2 – 2035 – Fil de l'eau.....	48
Figure 40 : Concentrations en NO ₂ – Moyenne annuelle – Situation N°3 – 2035 – Projet.....	48
Figure 41 : Différence de concentration en dioxyde d'azote entre la situation Projetée 2035 et Fil de l'eau 2035 (Situation 3 - Situation 2).....	48
Figure 42 : Concentrations en NO ₂ – Moyenne annuelle – Situation N°4 – 2055 – Sans Demi-Diffuseur - Fil de l'Eau.....	49
Figure 43 : Concentrations en NO ₂ – Moyenne annuelle – Situation N°5 – 2055 – Sans Demi-Diffuseur - Projet.....	49
Figure 44 : Différence de concentration en dioxyde d'azote entre la situation Projetée 2055 et Fil de l'eau 2055 sans Demi-Diffuseur (Situation 5 - Situation 4).....	49
Figure 45 : Concentrations en NO ₂ – Moyenne annuelle – Situation N°6 – 2055 – Avec Demi-Diffuseur - Fil de l'Eau.....	49
Figure 46 : Concentrations en NO ₂ – Moyenne annuelle – Situation N°7 – 2055 – Avec Demi-Diffuseur - Projet.....	50
Figure 47 : Différence de concentration en dioxyde d'azote entre la situation Projetée 2055 et Fil de l'eau 2055 avec Demi-Diffuseur (Situation 7 - Situation 6).....	50
Figure 48 : Différence de concentration en dioxyde d'azote entre les situations Projetée 2055 Avec/Sans Demi-Diffuseur (Situation 7 – Situation 5).....	50
Figure 49 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°1 – Actuel 2020.....	52
Figure 50 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°2 – 2035 – Fil de l'eau.....	52
Figure 51 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°3 – 2035 – Projet.....	52
Figure 52 : Différence de concentration en PM10 entre la situation Projet 2035 et Fil de l'eau 2035 (Situation 3-Situation 2).....	52
Figure 53 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°4 – 2055 – Sans Demi-Diffuseur - Fil de l'Eau.....	53
Figure 54 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°5 – 2055 – Sans Demi-Diffuseur - Projet.....	53
Figure 55 : Différence de concentration en PM10 entre la situation Projetée 2055 et Fil de l'eau 2055 sans Demi-Diffuseur (Situation 5 - Situation 4).....	53
Figure 56 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°6 – 2055 – Avec Demi-Diffuseur - Fil de l'Eau.....	53
Figure 57 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°7 – 2055 – Avec Demi-Diffuseur - Projet.....	54
Figure 58 : Différence de concentration en PM10 entre la situation Projetée 2055 et Fil de l'eau 2055 avec Demi-Diffuseur (Situation 7 - Situation 6).....	54
Figure 59 : Différence de concentration en PM10 entre les situations Projetée 2055 Avec/Sans Demi-Diffuseur (Situation 7 – Situation 5).....	54
Figure 60 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°1 – Actuel 2020.....	55
Figure 61 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°2 – 2035 – Fil de l'eau.....	55
Figure 62 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°3 – 2035 – Projet.....	55
Figure 63 : Différence de concentration en PM2,5 entre la situation Projet 2035 et Fil de l'eau 2035 (Situation 3-Situation 2).....	56

Figure 64 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°4 – 2055 – Sans Demi-Diffuseur Fil de l’Eau	56	Figure 93 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Écolier de primaire - Voie inhalation – École primaire – Habitants du projet.....	74
Figure 65 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°5 – 2055 – Sans Demi-Diffuseur Projet	56	Figure 94 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Résident - Voie inhalation – Zones d’habitations hors projet.....	75
Figure 66 : Différence de concentration en PM2,5 entre la situation Projetée 2055 et Fil de l’eau 2055 sans Demi-Diffuseur (Situation 5 - Situation 4)	56	Figure 95 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Résident - Voie inhalation – Emprise projet	75
Figure 67 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°6 – 2055 – Avec Demi-Diffuseur Fil de l’Eau	57	Figure 96 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Travailleur - habitants hors projet	76
Figure 68 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°7 – 2055 – Avec Demi-Diffuseur Projet	57	Figure 97 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Travailleur - habitants du projet	76
Figure 69 : Différence de concentration en PM2,5 entre la situation Projetée 2055 et Fil de l’eau 2055 avec Demi-Diffuseur (Situation 7 - Situation 6).....	57	Figure 98 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario enfant (de 0 à 11 ans) – Habitants hors Projet.....	78
Figure 70 : Différence de concentration en PM2,5 entre les situations Projetée 2055 Avec/Sans Demi-Diffuseur (Situation 7 – Situation 5).....	57	Figure 99 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario enfant (de 0 à 11 ans) – Habitants du Projet.....	78
Figure 71 : Concentrations moyennes annuelles dans l’air en PM10 issues de la seule circulation ferroviaire à l’horizon projet (circulation SNCF).....	58	Figure 100 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario résident hors projet.....	79
Figure 72 : Évolution pour les principaux polluants des concentrations maximales modélisées sur la zone d’étude aux horizons 2035 et 2055 avec ou sans demi-diffuseur (situations Fil de l’eau, Projet) comparativement à la situation actuelle 2020	59	Figure 101 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario résident du projet.....	79
Figure 73 : Schéma conceptuel de la construction de l’IPP	60	Figure 102 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario travailleur du Projet – Habitant hors Projet.....	80
Figure 74 : Indice pollution population – Scénario 1 « situation initiale 2020 ».....	60	Figure 103 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario travailleur du Projet– Habitant du projet.....	80
Figure 75 : Indice pollution population - Scénario 2 « Horizon 2035 Fil de l’Eau ».....	60	Figure 104 : Inventaire des émissions de gaz à effet de serre par secteur d’activité en Sud PACA pour l’année 2022 (source : ORECA).....	86
Figure 76 : Indice pollution population - Scénario 3 « Horizon 2035 Projet »	61	Figure 105 : Émissions de GES par département en Sud PACA en 2021 (source : (source : Données AtmoSud, inventaire Cigale v10.2)	87
Figure 77 : Variation de l’Indice pollution population induite par le projet par rapport à la situation Fil de l’eau à l’horizon 2035	61	Figure 106 : Évolution des émissions de GES en équivalent CO ₂ des industries (Source : Citepa, avril 2023 - Format SECTEN).....	87
Figure 78 : Indice pollution population - Scénario 4 « Horizon 2055 Sans Demi-Diffuseur - Fil de l’Eau »	61	Figure 107 : Mix énergétique et émissions de GES (total 3GES eq.CO ₂) du secteur des industries en Sud PACA en 2021 (inventaire AtmoSud CIGALE v10.1)	88
Figure 79 : Indice pollution population – Scénario 5 « Horizon 2055 Sans Demi-Diffuseur - Projet »	61	Figure 108 : Évolution des émissions de GES en équivalent CO ₂ du résidentiel/tertiaire (Source : Citepa, avril 2023 - Format SECTEN).....	88
Figure 80 : Variation de l’Indice pollution population induite par le projet par rapport à la situation Fil de l’eau à l’horizon 2055 sans Demi-Diffuseur.....	62	Figure 109 : Mix énergétique et émissions de GES (PRG 100) du secteur résidentiel et du secteur tertiaire en Sud PACA en 2021 (inventaire AtmoSud CIGALE v10.1).....	89
Figure 81 : Indice pollution population - Scénario 6 « Horizon 2055 Avec Demi-Diffuseur - Fil de l’Eau ».....	62	Figure 110 : Évolution des émissions de GES en équivalent CO ₂ du transport routier (Source : Citepa, avril 2023 - Format SECTEN).....	89
Figure 82 : Indice pollution population - Scénario 7 « Horizon 2055 Avec Demi-Diffuseur - Projet »	62	Figure 111 : Émissions de GES par type de transports en France (source : D’après les données DataLAB Climat ; Chiffres clés du climat France, Europe et Monde - édition 2023 ; Ministère de la Transition Énergétique)	89
Figure 83 : Variation de l’Indice pollution population induite par le projet par rapport à la situation Fil de l’eau à l’horizon 2055 avec Demi-Diffuseur.....	62	Figure 112 : Mix énergétique et émissions de GES (PRG 100) du secteur du transport routier en Sud PACA en 2021 (inventaire AtmoSud CIGALE v10.1).....	90
Figure 84 : Variation de l’Indice pollution population induite par le projet 2055 avec demi-diffuseur par rapport à la situation avec projet 2055 sans demi-diffuseur	63	Figure 113 : Émissions des gaz à effet de serre (kg équivalent 100 ans CO ₂ /jour) sur le réseau d’étude en moyenne journalière annuelle – Phase exploitation.....	90
Figure 85 : Indices Pollutions Populations NO ₂ agrégés sur l’ensemble de la zone d’étude	63	Figure 114 : Proportions de dioxyde de carbone, de méthane et de protoxyde d’azote dans les émissions de GES calculées sur le réseau d’étude	91
Figure 86 : Schéma conceptuel de la démarche d’ERS.....	64	Figure 115 : Coût annuel de la pollution atmosphérique sur le réseau d’étude.....	93
Figure 87 : Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence	66	Figure 116 : Coût annuel des émissions de GES sur le réseau d’étude	94
Figure 88 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Enfant en bas âge - Voie inhalation – Max crèches – Habitants hors Projet	72	Figure 117 : Pénétration des particules dans l’organisme	96
Figure 89 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Enfant en bas âge - Voie inhalation – Max crèches – Habitants du projet	72	Figure 118 : Évolution des températures moyennes annuelles en France depuis 1900 (Source : Météo France)	99
Figure 90 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Écolier de maternelle - Voie inhalation – Max École maternelle – Habitants hors projet.....	73	Figure 119 : Les 10 années les plus chaudes en France depuis 1900 (Source : Météo France) ..	99
Figure 91 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Écolier de maternelle - Voie inhalation – Max École maternelle – Habitants du projet	73	Figure 120 : Décalage du climat entre les normales 1961-1990 et 1991-2020	100
Figure 92 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Écolier de primaire - Voie inhalation – École primaire – Habitants hors projet	74	Figure 121 : Changement climatique en région Sud PACA – évolutions passées 1960-2020 (Source : GREC Sud)	100

Figure 122 : Changement climatique en région Sud PACA – évolutions futures 2050-2100 (Source : GREC Sud).....	101
Figure 123 : Caractéristiques des différentes vagues de chaleur de l'été 2023 en France métropolitaine (source : Santé Publique France) ; * Estimations faites sous l'hypothèse que la population est exposée sur son lieu de résidence	101
Figure 124 : Nombre de jours de canicule par département pendant l'été 2023 (source : Santé Publique France).....	102
Figure 125 : Nombre quotidien de passages aux urgences, d'hospitalisations, d'actes SOS Médecins, pour iCanicule, PACA, du 1er juin au 15 septembre 2023 (source : Santé Publique France).....	102
Figure 126 : Surmortalité relative (% de décès en excès) par département pour les jours de dépassement des seuils d'alerte de l'été 2023, France métropolitaine [Santé Publique France].....	103
Figure 127 : Mortalité toutes causes attribuable à la chaleur, tous âges et pour les 75 ans et plus sur l'ensemble de l'été et pour les canicules, PACA ; été 2023 (Source : Santé publique France).....	103
Figure 128 : Part de la mortalité attribuable à la chaleur entre le 1 ^{er} juin et le 15 septembre et part de la mortalité attribuable à la chaleur pendant les canicules ; par département ; été 2023 (Source : Santé publique France)	103
Figure 129 : Mortalité attribuable à la chaleur sur les périodes et les départements concernés par des canicules de 2017 à 2023, tous âges, PACA (Source : Santé publique France).....	104
Figure 130 : Vagues de chaleur recensées en France sur la période 1947 - aout 2023 (source : météo France)	104
Figure 131 : 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)	105
Figure 132 : Calendrier pollinique 2023 issu des mesures de pollens à Draguignan (source : RNSA / République Française / ARS)	106
Figure 133 : Carte d'implantation du moustique tigre au 1 ^{er} janvier 2023 en France métropolitaine.....	107
Figure 134 : Recensement des cas autochtones de maladies transmises par des vecteurs moustiques.....	108
Figure 135 : 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).....	109
Figure 136 : 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)	109
Figure 137 : Principales sources de pollution de l'air intérieur en habitat (source : ADEME) ..	115
Figure 138 : Étiquette des émissions en polluants volatils des produits de construction et de décoration	116
Figure 139 : Retrait des bâtiments construits par rapport aux autoroutes	117
Figure 140 : Schéma de circulation sur le projet.....	118
Figure 141 : 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].....	127
Figure 142 : Brins considérés.....	133

LISTE DES 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	19
Tableau 4 : Ampleur relative des émissions de polluants dues aux activités de construction ...	20
Tableau 5 : Indices VK sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.....	34
Tableau 6 : Consommations énergétiques sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.....	34
Tableau 7 : Émissions de polluants en moyenne journalière annuelle sur le réseau d'étude pour les scénarios traités	35
Tableau 8 : Évolution des émissions moyennes journalières annuelles pour les principaux polluants sur le réseau d'étude - par polluant	36
Tableau 9 : Hypothèses considérées pour le calcul des émissions de particules liées à la circulation ferroviaire	40
Tableau 10 : Liste des récepteurs ponctuels et zones sur la zone d'étude.....	42
Tableau 11 : Concentrations de fond utilisées dans les modélisations	43
Tableau 12 : Concentrations maximales relevées sur la grille de calcul	43
Tableau 13 : Concentrations maximales relevées au niveau des crèches	44
Tableau 14 : Concentrations relevées au niveau de l'école maternelle	44
Tableau 15 : Concentrations relevées au niveau de l'école primaire	45
Tableau 16 : Concentrations maximales relevées sur les zones d'habitations hors projet	45
Tableau 17 : Concentrations maximales relevées au niveau de l'emprise projet.....	46
Tableau 18 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne annuelle	47
Tableau 19 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – Maximum moyenne horaire et percentile 99,8 des concentrations moyennes horaires	47
Tableau 20 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne annuelle	51
Tableau 21 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – maximum en moyenne journalière et percentile 90,4 des concentrations moyennes journalières.....	51
Tableau 22 : Résultats des modélisations pour les particules PM2,5 – moyenne annuelle	55
Tableau 23 : Tableau récapitulatif des normes de la qualité de l'air mentionnées dans la réglementation française	58
Tableau 24 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 liées aux émissions ferroviaires des trains SNCF– moyenne annuelle et moyenne journalière	58
Tableau 25 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets à seuils – Exposition CHRONIQUE – Inhalation	67
Tableau 26 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour les effets SANS seuils – Exposition CHRONIQUE - Inhalation	68
Tableau 27 : Scénario d'exposition « Enfant en bas âge » et paramètres considérés.....	70
Tableau 28 : Scénario d'exposition « Écolier » et paramètres considérés.....	70
Tableau 29 : Scénario d'exposition « Résident » et paramètres considérés	70
Tableau 30 : Scénario d'exposition « Enfant » et paramètres considérés	70
Tableau 31 : Scénario d'exposition « Travailleur » et paramètres considérés	70
Tableau 32 : Quotients de dangers par composé - Maximum Crèches – Voie inhalation - scénario Enfant en bas âge – Habitants hors Projet	72
Tableau 33 : Quotients de dangers par composé - Maximum Crèches – Voie inhalation - scénario Enfant en bas âge – Habitants du projet	72
Tableau 34 : Quotients de dangers par composé au niveau du Max école maternelle – Voie inhalation - scénario Écolier de maternelle – Habitants hors projet	73
Tableau 35 : Quotients de dangers par composé au niveau du Max école maternelle – Voie inhalation - scénario Écolier de maternelle – Habitants du projet.....	73
Tableau 36 : Quotients de dangers par composé au niveau de l'école primaire – Voie inhalation - scénario Écolier de primaire – Habitants hors projet.....	74
Tableau 37 : Quotients de dangers par composé au niveau de l'école primaire – Voie inhalation - scénario Écolier de primaire – Habitants du projet.....	74
Tableau 38 : Quotients de dangers maximaux par composé – Voie inhalation - scénario Résident hors projet	75
Tableau 39 : Quotients de dangers maximaux par composé – Voie inhalation - scénario Résident du projet	75
Tableau 40 : Quotients de dangers maximaux par composé – Voie inhalation – scénario Travailleur habitants hors projet	76
Tableau 41 : Quotients de dangers maximaux par composé – Voie inhalation – scénario Travailleur habitants du projet	76
Tableau 42 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « Enfant » - Habitants hors Projet.....	78
Tableau 43 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « Enfant » - Habitants du Projet	78
Tableau 44 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « Résident hors projet ».....	79
Tableau 45 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « Résident du projet ».....	79
Tableau 46 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « Travailleur du projet » - Habitants hors Projet.....	80
Tableau 47 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « Travailleur du projet » - Habitants du projet.....	80
Tableau 48 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les substances sans VTR – NO ₂	81
Tableau 49 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les substances sans VTR – PM10.....	82
Tableau 50 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les substances sans VTR – PM2,5.....	82
Tableau 51 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les effets aigus – NO ₂	83
Tableau 52 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les effets aigus – PM10.....	83
Tableau 53 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les effets aigus – PM2,5.....	83
Tableau 54 : Quantité de GES produits par le trafic routier sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle.....	90
Tableau 55 : Coûts unitaire de la pollution atmosphérique générée par le transport routier (en € ₂₀₁₅ / 100 véhicules x km)	92
Tableau 56 : Classes de densité	92
Tableau 57 : Estimation des coûts de la pollution atmosphérique générée par le transport routier sur le réseau d'étude	93
Tableau 58 : Estimation des coûts des GES générés par le transport routier du réseau d'étude.....	94
Tableau 59 : Principaux pollens allergisants	107
Tableau 60 : Résultats des modélisations pour les oxydes d'azote – moyenne annuelle.....	113
Tableau 61 : Résultats des modélisations pour le dioxyde de soufre – moyenne annuelle.....	113
Tableau 62 : Concentrations mesurées en bordure d'autoroute et au niveau des logements projetés en 2035 et 2055 sans et avec demi-diffuseur	118
Tableau 63 : Critères nationaux de la qualité de l'air	130
Tableau 64 : Données trafics considérées pour chaque situation.....	134

Préambule

1. CONTEXTE GÉNÉRAL

Le présent document s'inscrit dans le cadre de la réponse aux remarques formulées dans l'avis N°MRAe 2024APPACA7/3626 du 08 février 2024, de la MRAe PACA, concernant le projet de ZAC VarEcopole sur le territoire de la commune du Cannet-des-Maures [Var/83] – 2^{ème} avis :

Remarque :
La MRAe recommande de compléter substantiellement l'analyse des incidences du projet sur la qualité de l'air en vue d'apprécier le risque d'exposition des populations et de définir les mesures appropriées de réduction d'impact 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 immobilier et non d'infrastructures routières. En effet, la méthodologie de la note est adaptable pour répondre à une problématique d'aménagement étant donné que les flux des usagers du bâtiment, induits 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 société² 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, POTELOU 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 LÉGISLATIF

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* relatif 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.

3. PRÉSENTATION DU PROJET

Le projet d'aménagement « ZAC VarEcopole » est située à l'intersection de l'A57 et de l'A8, est traversé par la route Nationale 7, et longée par une voie ferrée à l'Ouest (ligne 930) desservant la Gare « Le Lac – Le Cannet ».



Figure 1 : Localisation du projet « ZAC VarEcopole » au Cannet-des-Maures

Le projet consiste à mettre en œuvre un parc d'activités à forte valeur ajoutée dans les domaines de l'environnement. Ainsi, il est prévu des implantations d'entreprises, des centres de recherche et développement ainsi que des établissements de formation.

Les objectifs de ce projet sont multiples :

- Se positionner sur un fort développement économique renforçant l'image Cœur du Var ;
- Valoriser les atouts Cœur du Var tout en assurant son développement durable ;
- Favoriser l'équilibre habitat / emploi ;
- Réduire les déplacements et améliorer la desserte en transport en commun.



Figure 2 : ZAC VarEcopole (source : étude trafic Horizon Conseil)

Le programme de développement est divisé en 3 secteurs :

- Secteur 1, comprenant environ 200 logements, un hôtel de 150 chambres, un centre de conférences, des bâtiments tertiaires, des industries/activités productives, une station à hydrogène et un village artisanal ;
- Secteur 2, comprenant des activités tertiaires/artisanales/productives.
- Secteur 3 (exploitation de la Vigne Industrie de type embouteillage et restauration en lien).

Le nombre d'emplois prévisionnels est de 1 955 pour l'ensemble de la ZAC.

Il est à noter la construction d'un rond-point « demi-diffuseur » entre les secteurs 2 et 3.

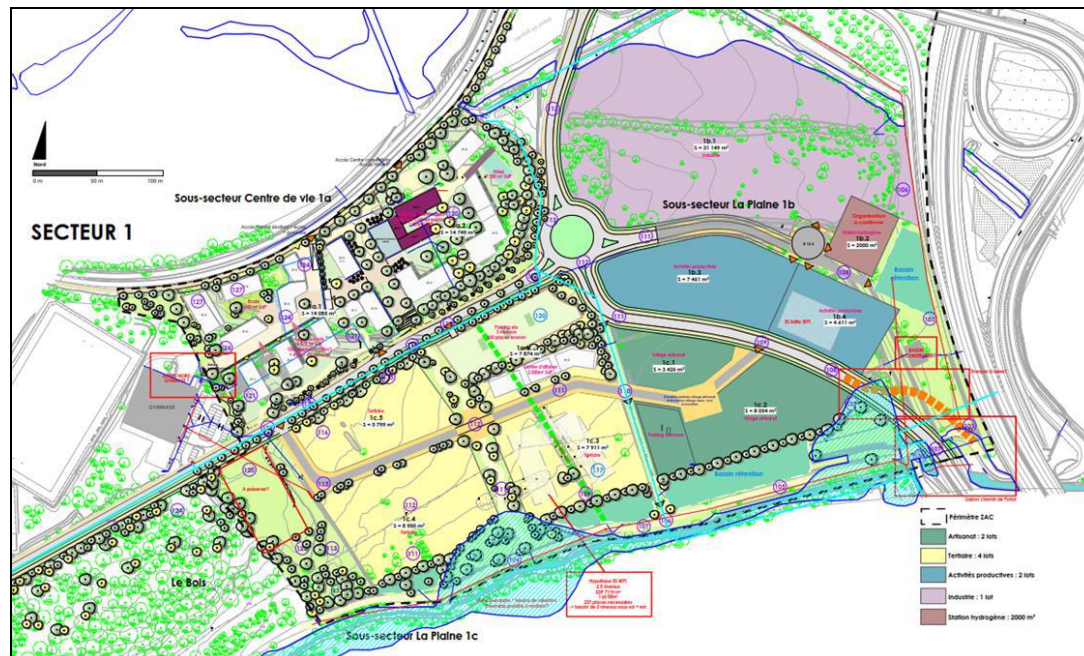


Figure 3 : Secteur 1 de la ZAC VarEcopole (source : Étude de faisabilité de développement des énergies renouvelables – ZAC VARECOPOLE)

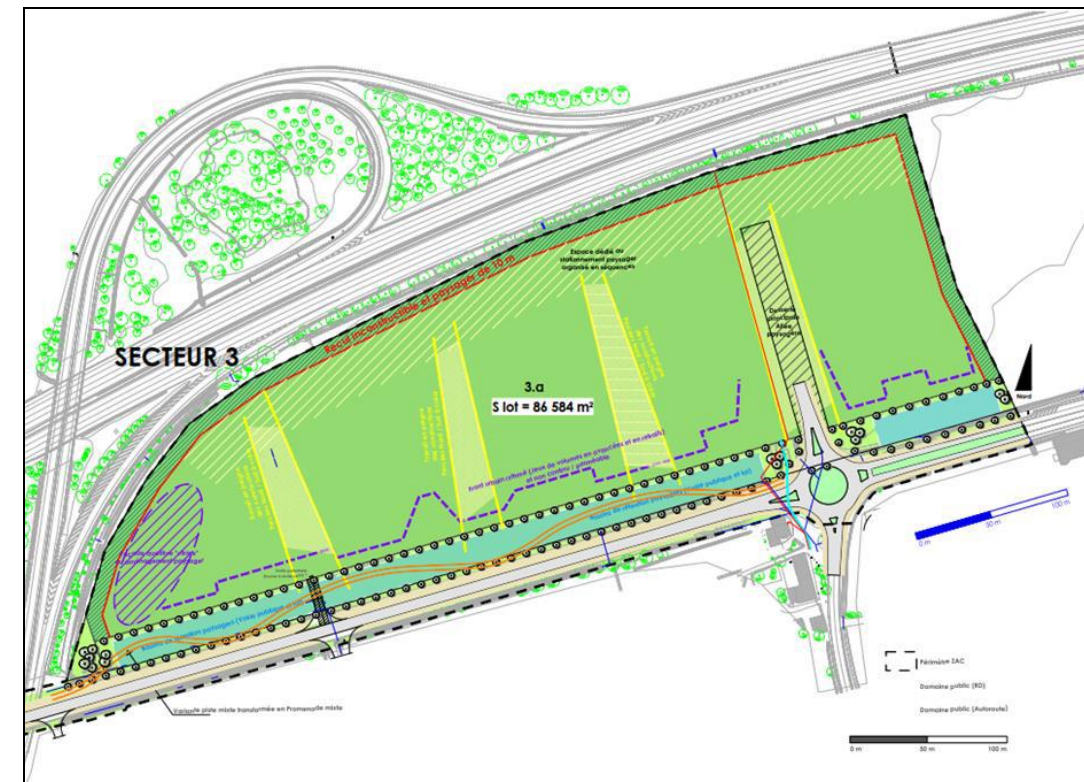


Figure 5 : Secteur 2 de la ZAC VarEcopole (source : Étude de faisabilité de développement des énergies renouvelables – ZAC VARECOPOLE)



Figure 4 : Secteur 2 de la ZAC VarEcopole (source : Étude de faisabilité de développement des énergies renouvelables – ZAC VARECOPOLE)

4. PRESENTATION DU VOLET AIR ET SANTÉ

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. DÉFINITION DES PARAMÈTRES DE L'ÉTUDE

❖ Définition du réseau d'étude

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

- **Le projet routier étudié** (y compris les différentes variantes de tracé) ;
- **L'ensemble des voies dont le trafic est affecté significativement par le projet.** Il est intéressant de retenir que deux cas de figure sont distingués pour les trafics :
 - *Supérieurs à 5 000 véhicules/jour* : la modification du trafic engendrée par la mise en service du projet est considérée comme significative lorsque la variation relative de trafic entre le scénario au 'Fil de l'eau' et le scénario projet de référence au même horizon est supérieure à 10 %, en positif ou bien en négatif.
 - *Inférieurs à 5 000 véhicules/jour* : la modification de trafic engendrée par la mise en service du projet est considérée comme significative lorsque la variation absolue de trafic entre le scénario au 'Fil de l'eau' et le scénario projet de référence au même horizon est supérieure à 500 véhicules/jour, en positif ou en négatif.
- L'ensemble des projets d'infrastructures routières « existants ou approuvés » tels que définis dans l'article R 122-5 paragraphe II.5 e) du Code de l'Environnement, à savoir les projets qui lors du dépôt de l'étude d'impact ont fait l'objet :
 - D'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article R. 181-14 et d'une enquête publique ;
 - D'une évaluation environnementale au titre du Code précité et pour lesquels un avis de l'Autorité environnementale a été rendu public.

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

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

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

❖ 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*).

Il est considéré comme zone d'étude un rectangle de 3 700 m x 2 000 m centré sur le projet.

La planche suivante repère la zone d'étude.

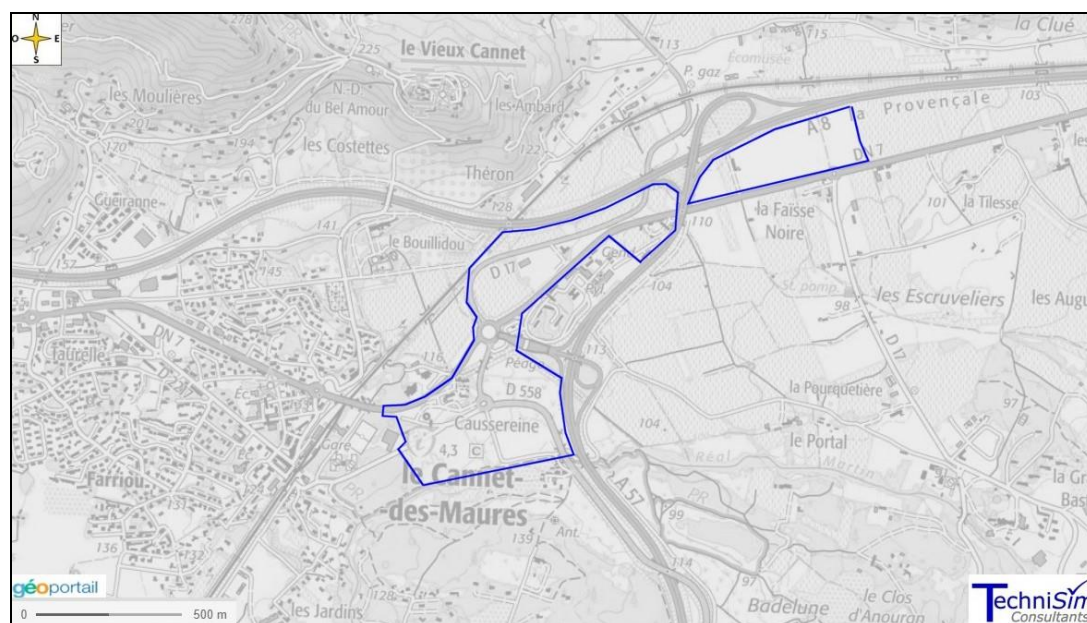


Figure 6 : Zone d'étude du volet Air et Santé et emprise projet

4.2. DÉFINITION DU NIVEAU DE L'ÉTUDE

Pour rappel, le niveau d'étude (dans le cadre d'un aménagement d'infrastructure routière ; *Note technique du 22 février 2019*) 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./km ²]	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./km ²	I	I	II	II si Lprojet > 5 km ou III si Lprojet ≤ 5 km
2 000 hab. /km ² < Densité < 10 000 hab./km ²	I	II	II	II si Lprojet > 25 km ou III si Lprojet ≤ 25 km
Densité ≤ 2 000 hab./km ²	I	II	II	II si Lprojet > 50 km ou III si Lprojet ≤ 50 km
Pas de bâti	III	III	IV	IV

Dans cette étude, le projet est un aménagement urbain, ces critères ne sont pas directement applicables, le niveau d'étude est déterminé en fonction des enjeux.

❖ 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.

La planche suivante présente la densité de population recensée dans la zone d'étude. Il s'agit des données carroyées de l'INSEE 2019 publiées en 2023 (mailles de 200 mètres sur 200 mètres).

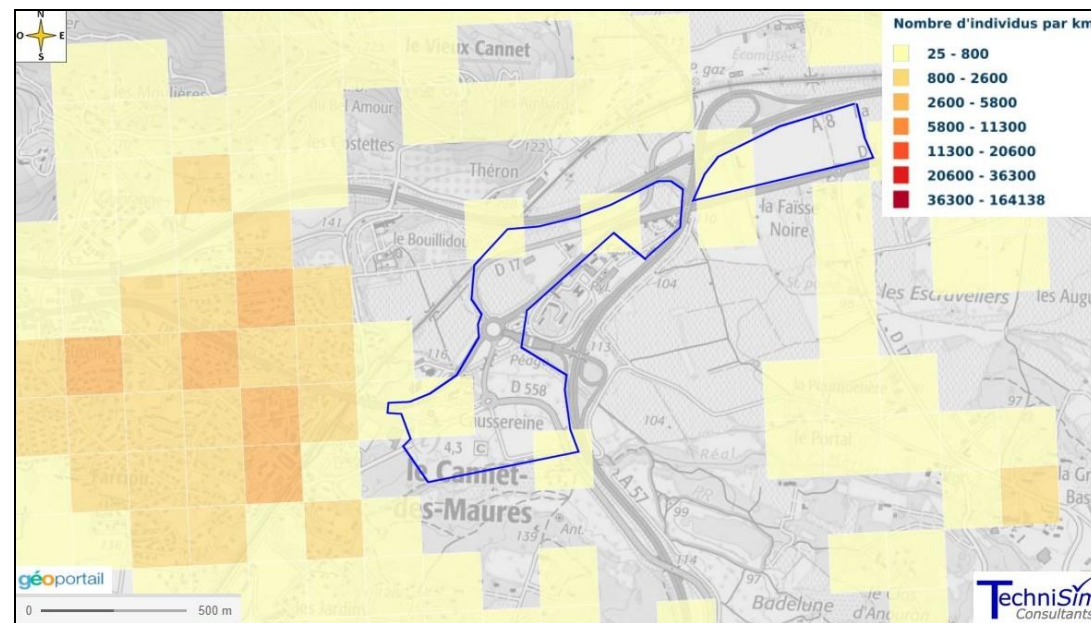


Figure 7 : Cartographie de la population au sein de la zone d'étude – Densité de population par maille de 200 m de côté (Données INSEE 2019 publiée en 2023)

La densité de population atteint 3 912,5 hab./km² à environ 1 km au sud-ouest du projet. La densité moyenne de population de la zone d'étude est de 660 hab./km².

Compte tenu de la nature du projet (principalement implantation d'activités mais également de logements), de la densité de population de la zone d'étude, de la charge de trafic sur les voies en bordure du projet (autoroutes A8 et A57), il sera réalisé une étude **inspirée et adaptée des études routières de niveau I**.

Analyse des Impacts

5. CONTENU DE L'ANALYSE DES IMPACTS

La réalisation du projet (bâtiments résidentiels / tertiaires / activités / industries) va induire la modification des flux de déplacement sur la zone d'étude (flux des résidents/travailleurs), 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 d'aménagement « ZAC VarEcopole », 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 NO₂, les PM10 et PM2,5, sur la zone d'étude ;
- Calcul de l'Indice Pollution Population ;
- 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 résidents / travailleurs du projet.

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 évaluer l'impact du projet sur les émissions de polluants		
Oxydes d'azote (NOx)		Particules PM10 et PM2,5
Monoxyde de carbone (CO)		Benzène
Dioxyde de soufre (SO ₂)		Arsenic
Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)		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 = acénaphène, acénaphylène, anthracène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)peryène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène, fluorène, fluoranthène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, phénanthrène, pyrène et benzo(j)fluoranthène

6. IMPACTS DU PROJET SUR LA QUALITÉ 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.

6.1. ÉMISSIONS LIÉES AUX ACTIVITÉS DU CHANTIER

Il est relativement malaisé de quantifier les émissions d'un chantier. La quantification des émissions appelant un nombre important de données, il n'est pas possible, au niveau actuel de l'étude, de quantifier les émissions atmosphériques du chantier avec exactitude.

Il est néanmoins possible d'évaluer les principales émissions sous condition de disponibilité des données *ad hoc*.

❖ Émissions de poussières

Dans la mesure où les données de la phase chantier ne sont pas connues à l'heure actuelle, la quantité de poussières émise par l'opération n'est pas calculable en l'état.

❖ 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 à propos de la quantité de poids lourds engendrée par le chantier, le calcul des émissions générées par ce trafic n'est pas réalisable.

❖ 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 dresse la liste des 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 4 : Ampleur relative des émissions de polluants 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 (aménagement extérieurs et travaux de végétalisation, drainage compris)	+++	+	+++
Fouilles en pleine masse	+++	+	+++
Corrections de cours d'eau	+++	+	+++
Couches de fondation et exploitation de matériaux	+++	+	+++
Travaux de revêtement	++	+++	+++
Voies ferrées	++	+	+++
Béton coulé sur place	+	+	++
Excavations	+++	++	+++
Travaux de second œuvre pour voies de circulation, en particulier marquages des voies de circulation	+	+++	+

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.
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			

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

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

6.2.1. Mesures de réduction des gaz d'échappement des engins

Deux types de mesure existent. Il s'agit de mesures :

- Techniques ;
- Comportementales.

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

Le règlement 2016/1628 du Parlement européen et du Conseil du 14 septembre 2016 fixe des exigences concernant les limites d'émission pour les gaz polluants et les particules polluantes 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 cancérigènes. 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'APESA³ 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. Un bon entretien et un réglage approprié des engins selon les spécifications du constructeur permettent d'assurer leur fonctionnement optimal et donc 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.

6.2.2. Mesures de réduction des émissions de poussières

Sur un chantier, les actions responsables de la mise en suspension de poussières sont nombreuses. Une étude d'impact menée par l'Institut Pasteur dans le cadre d'un chantier précis⁴ en a ainsi identifiées cinq :

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

³ L'APESA, est un Centre Technologique en environnement et maîtrise des risques, basé sur 4 sites en Aquitaine (Pau, Lescar, Bidart, Bordeaux)

⁴ Institut Pasteur, 2004, "Étude des impacts environnementaux liés à la construction de la nouvelle parcelle", Département Hygiène, Sécurité et protection de l'Environnement.

Et, dans une moindre mesure :

- 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.

6.2.3. Mesures de réduction des émissions de COV et de HAP

Les émissions de composés organiques volatils (COV) 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 :

- Bannissement des préparations thermiques des revêtements/matériaux contenant du goudron sur les chantiers ;
- Emploi de bitumes à faible taux d'émission de polluants atmosphériques (émission réduite de fumées) ;
- Emploi d'émulsions bitumineuses plutôt que de solutions bitumineuses (travaux de revêtement de routes) ;
- Abaissement maximal de la température de traitement par un choix approprié des liants ;
- Utilisation d'asphaltes coulés et de bitumes à chaud et à faibles émanations de fumées ;

- Emploi de chaudières fermées munies de régulateurs de température ;
- Éviter la surchauffe des bitumineux dans les procédés de soudage ;
- Aménagement des postes de soudage, de manière à ce que les fumées puissent être captées, aspirées et séparées.

6.2.4. Charte Chantiers Verts

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

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

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

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

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

6.3. SYNTHÈSE

Le calcul des émissions d'un chantier peut s'avérer complexe (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 manière générale, les principales émissions atmosphériques sont les poussières ainsi que les gaz d'échappement produits par les engins de chantier.

La quantification des émissions appelant un nombre important de données, il n'est pas possible, au niveau actuel de l'étude, de chiffrer les émissions atmosphériques du chantier. Afin de limiter les émissions atmosphériques provenant du chantier, il est possible de mettre en œuvre certaines mesures, dont la charte « Chantiers Verts ».

7. IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITÉ DE L’AIR EN PHASE EXPLOITATION

7.1. ÉMISSIONS PROVENANT DES BÂTIMENTS CRÉÉS

7.1.1. Généralités – émissions atmosphériques des secteurs résidentiel 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 2010-2022⁵ 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.

Selon les estimations de l’année 2022, en France métropolitaine, il est constaté que ces secteurs représentent 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.

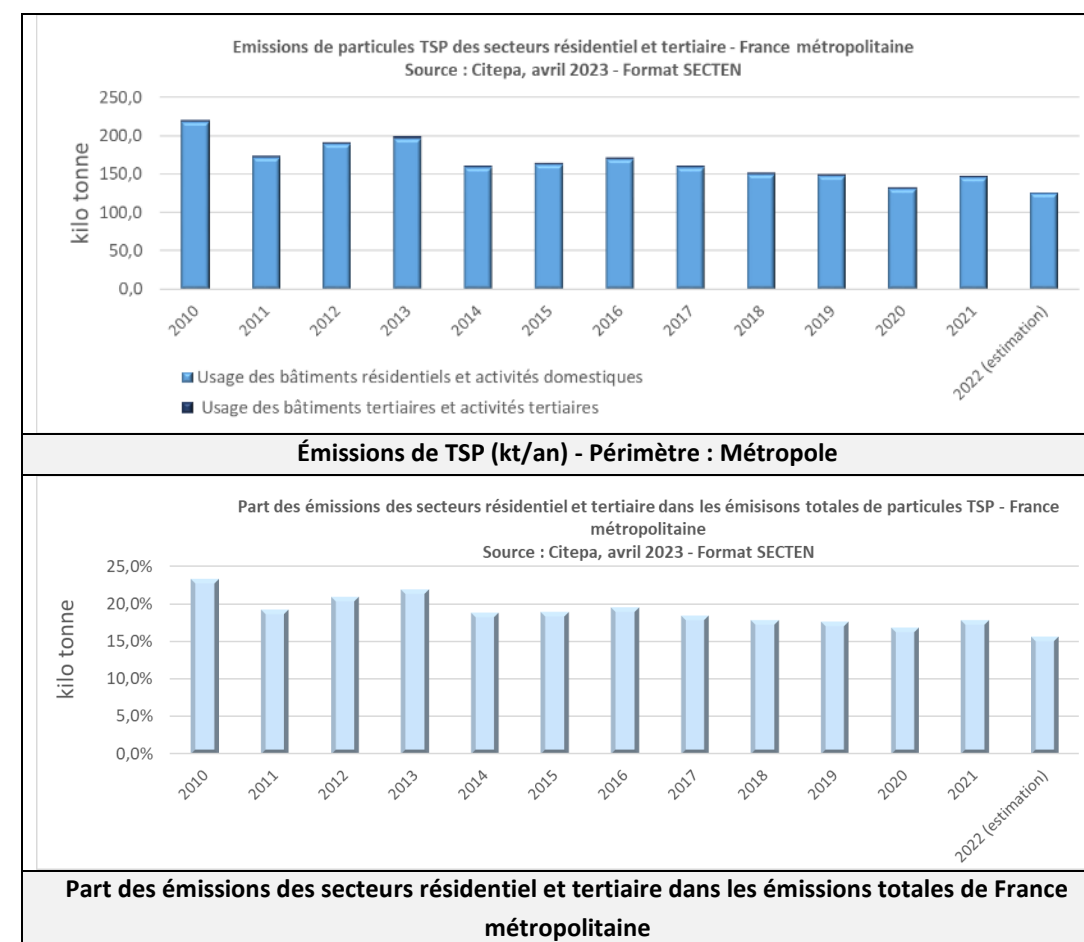


Figure 8 : Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Particules TSP

⁵ Données 2022 estimées

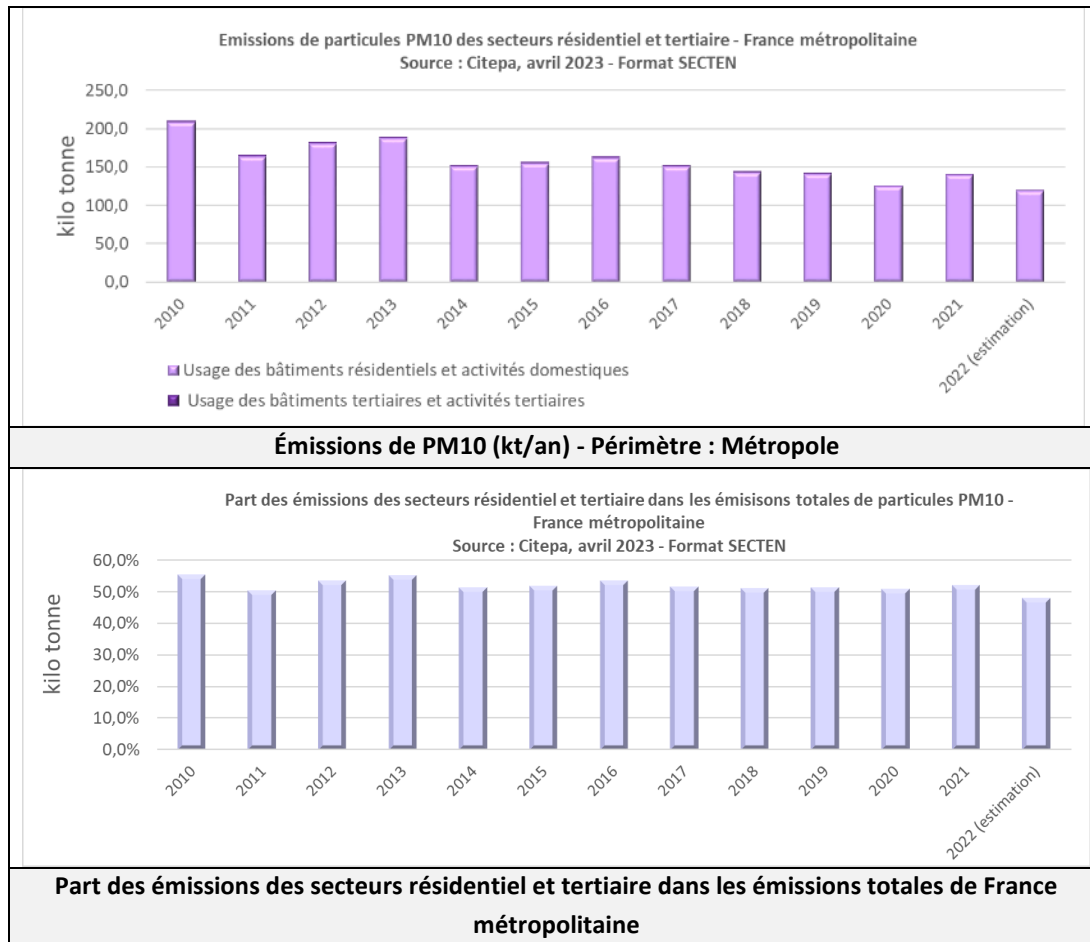


Figure 9 : Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Particules PM10

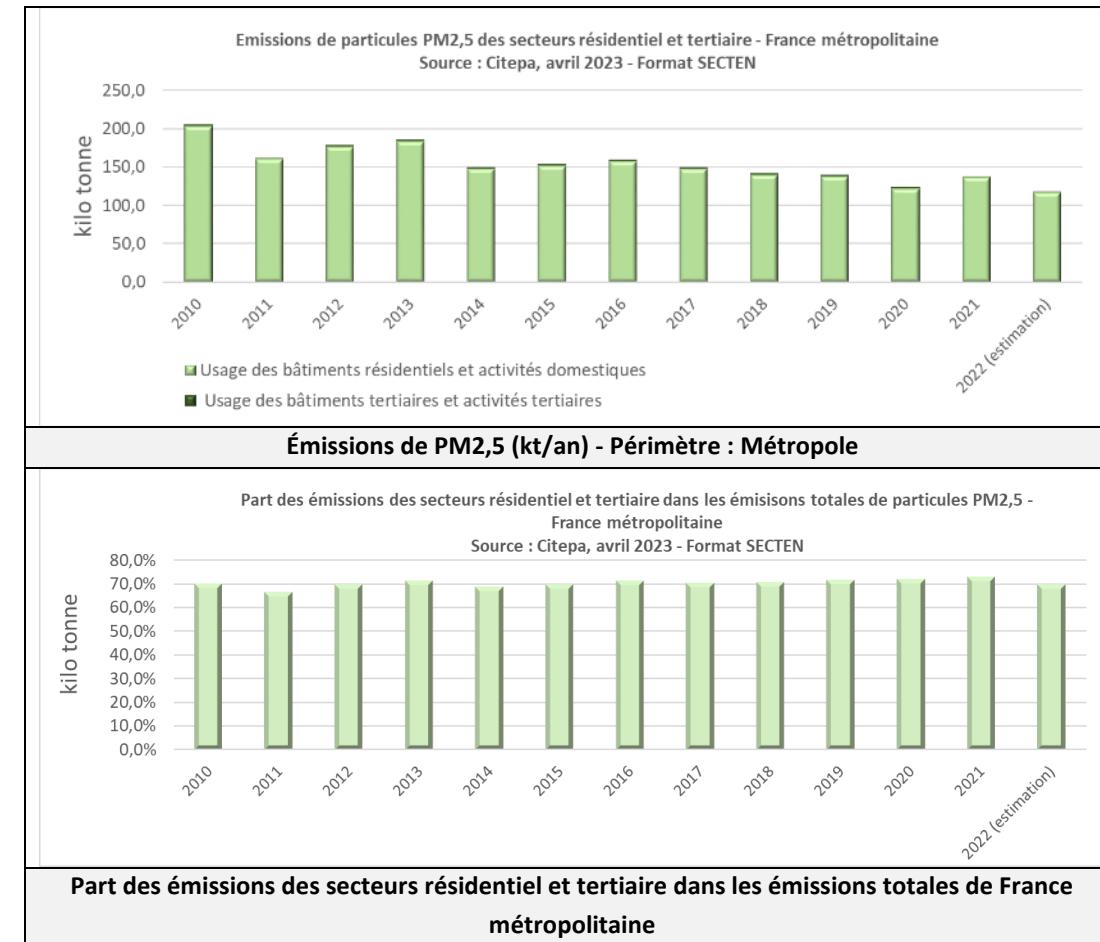


Figure 10 : Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Particules PM2,5

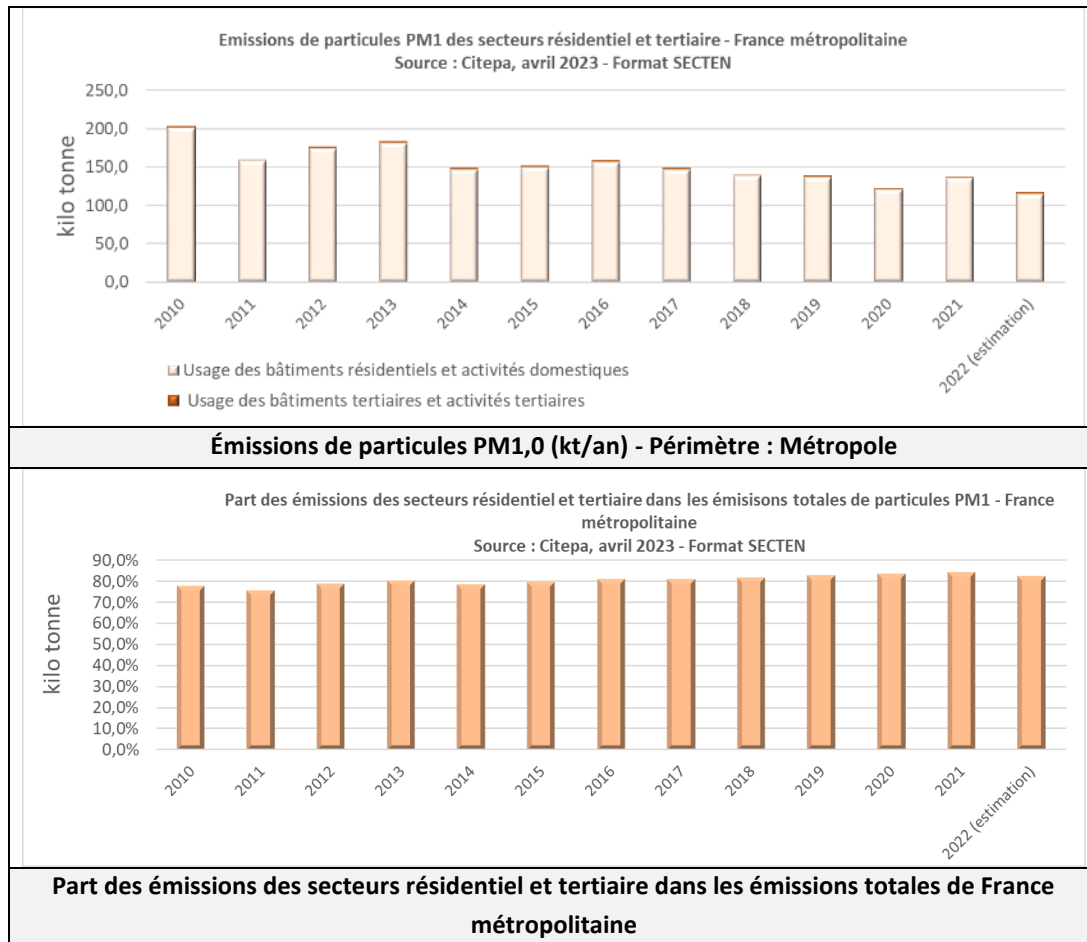


Figure 11 : Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Particules PM1,0

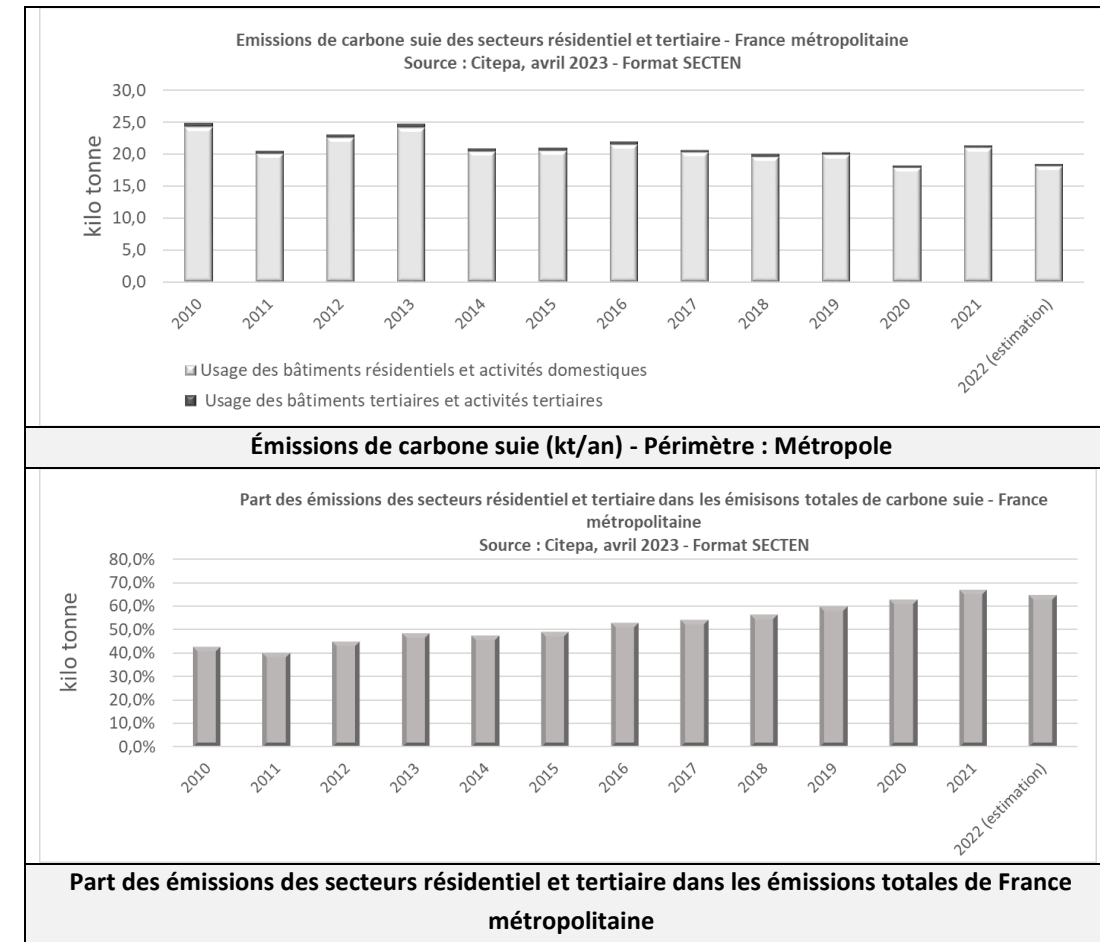


Figure 12 : Inventaire des émissions pour la France métropolitaine – Carbone suie

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.

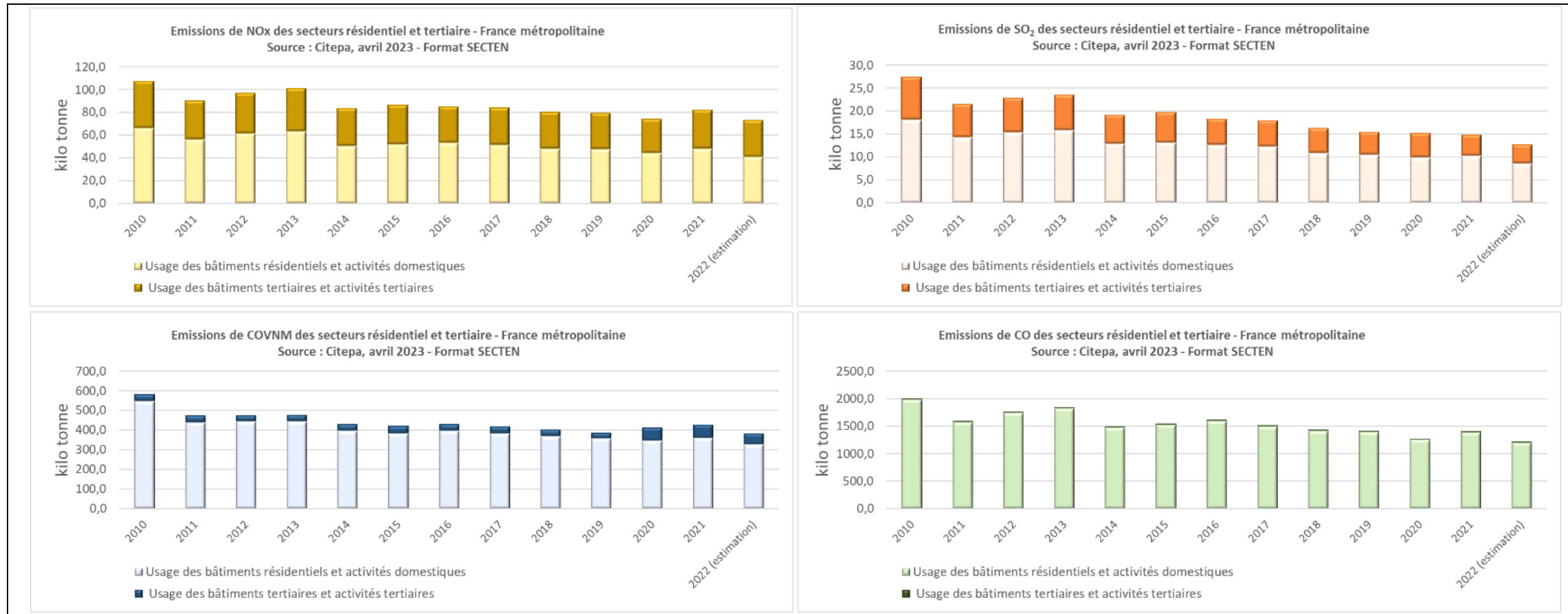


Figure 13 : Émissions des substances acidifiantes, eutrophisantes et contribuant à la pollution photochimique provenant des secteurs résidentiel et tertiaire en France métropolitaine

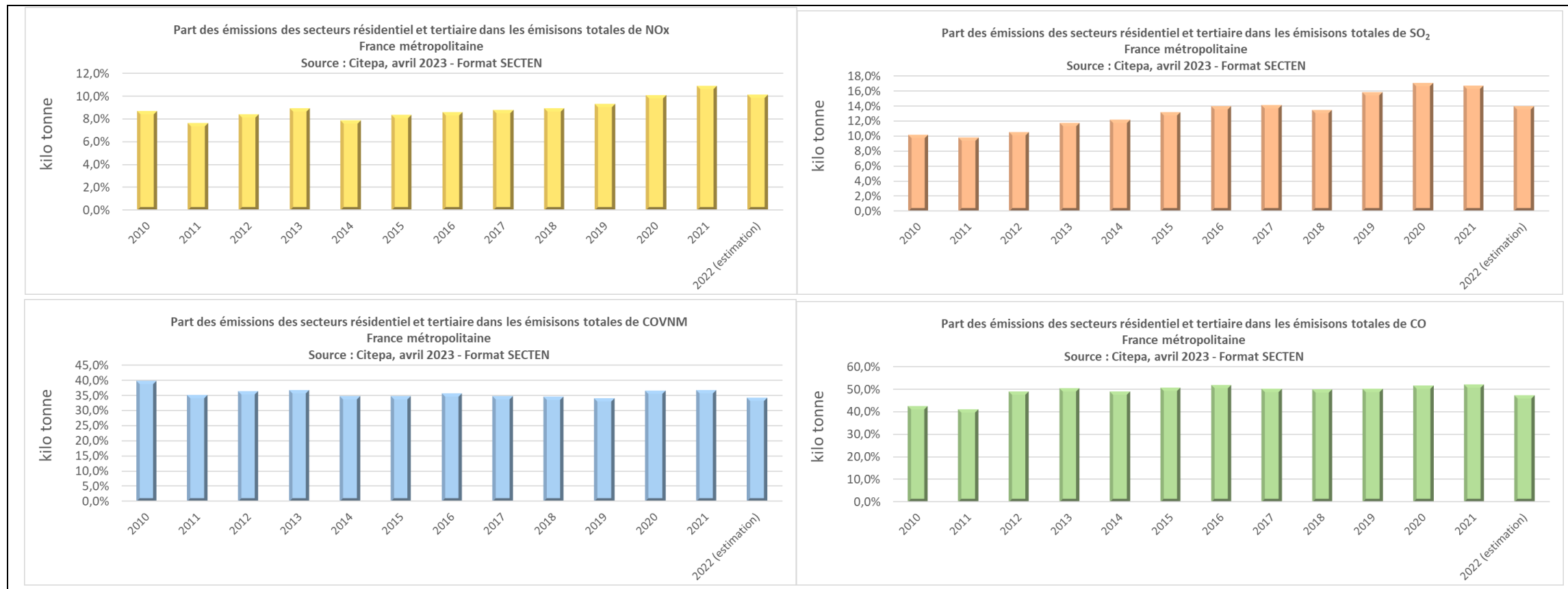


Figure 14 : Part des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine – substances acidifiantes, eutrophisantes et contribuant à la pollution photochimique

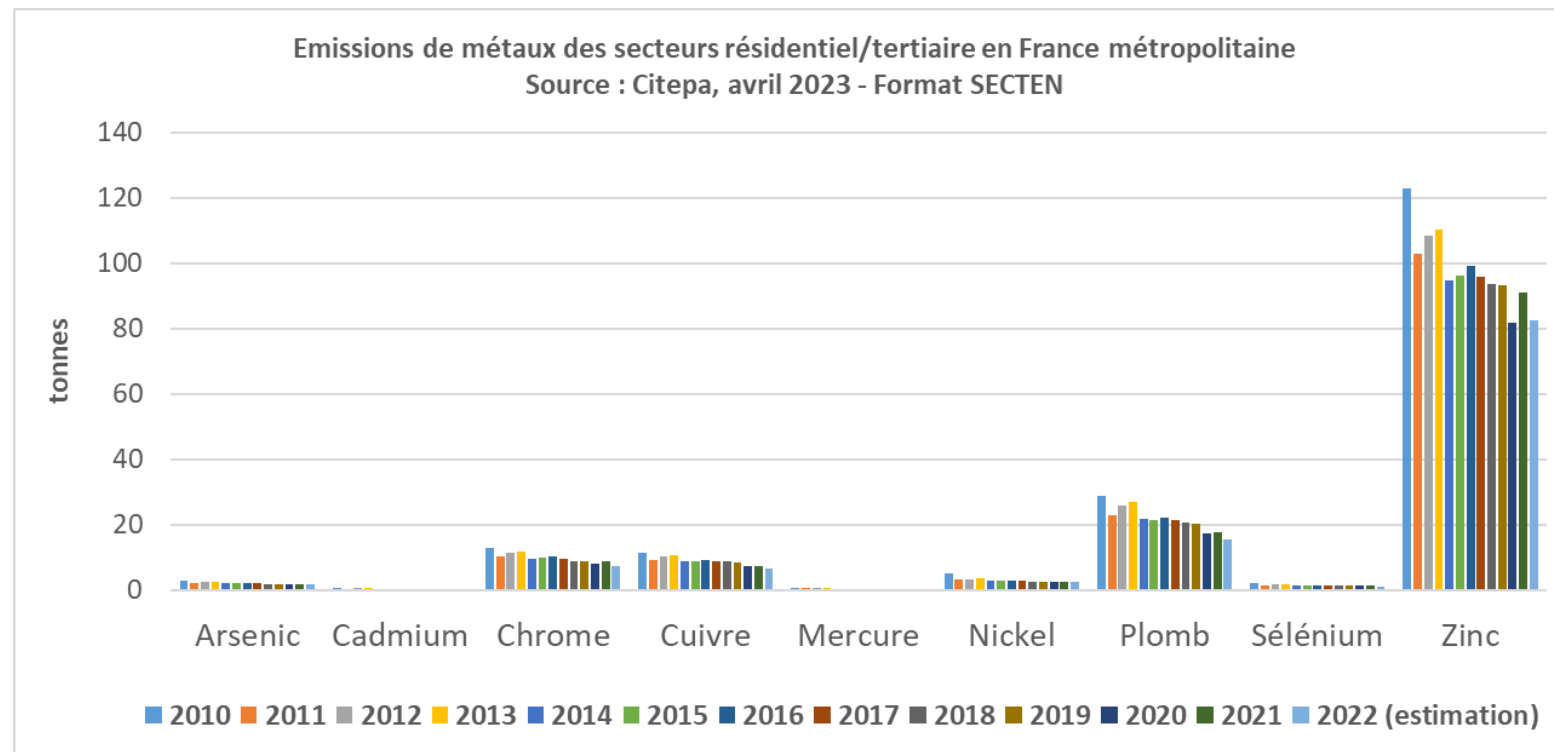


Figure 15 : Émissions des métaux provenant du secteur résidentiel-tertiaire en France métropolitaine

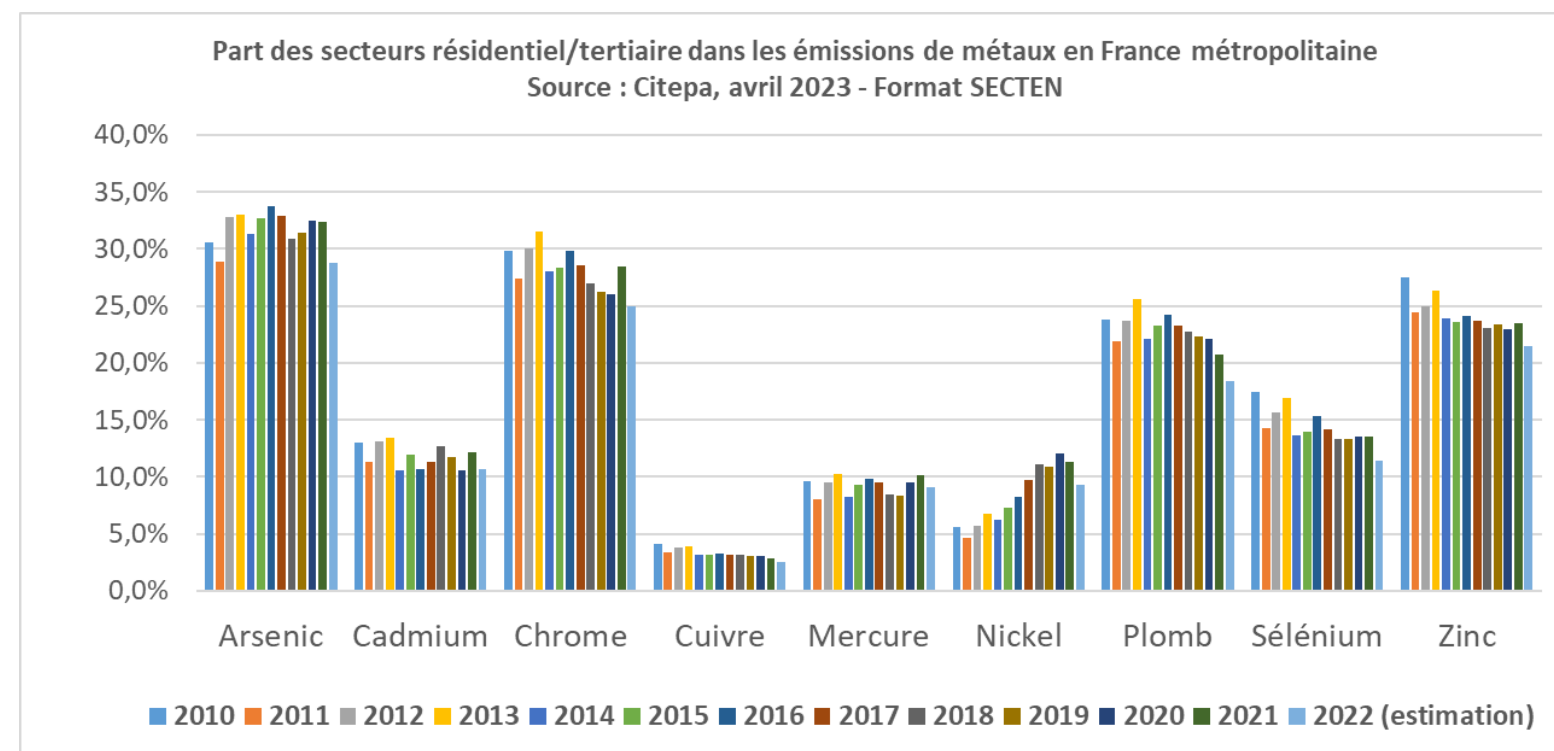


Figure 16 : Part des émissions du secteur résidentiel-tertiaire dans les émissions totales de France métropolitaine – métaux

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 28 % 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.

7.1.2. Émissions atmosphériques issues des bâtiments

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.

7.1.3. Impacts du projet (secteurs résidentiel et tertiaire) sur la qualité de l'air

Les bâtiments créés seront conformes, *a minima* à la RT2012 voire 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.

La RE2020 s'applique complètement ou avec des exigences adaptées, en fonction des configurations exactes, aux extensions de ces constructions, aux constructions et extensions de petite surface à partir du 1^{er} janvier 2023, et aux constructions provisoires et aux habitations légères de loisirs (HLL) exonérées de permis de construire ou de déclaration préalable à partir du 1^{er} juillet 2023.

Pour les autres constructions de bâtiments (hôtels, commerces, gymnase, université, hospitalier, restaurant, établissement d'accueil de la petite enfance, 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).

Les projets de rénovation n'entrent pas dans le périmètre d'application de la RE 2020.

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 réglementations 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.

7.2. IMPACT DU TRAFIC AUTOMOBILE MOYEN JOURNALIER ANNUEL LIÉ À L'EXPLOITATION DU PROJET

7.2.1. Méthodologie

❖ Données d'entrée

Afin de réaliser l'analyse des impacts du projet d'aménagement ZAC VarEcopole au Cannet-des-Maures, 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°1** : Horizon actuel (année 2020) – 2020 Actuel.
- **Situation N°2** : Horizon de réalisation du projet (année 2035) – Sans projet– Situation Fil de l'eau – 2035 FDE.
- **Situation N°3** : Horizon de réalisation du projet (année 2035) – Avec projet– Situation projetée – 2035 Projet.
- **Situation N°4** : Horizon de réalisation du projet + 20 ans (année 2055) – Sans Demi-Diffuseur – Sans Projet – Situation Sans Demi-Diffuseur Fil de l'Eau – « 2055 SD FDE ».

- **Situation N°5** : Horizon de réalisation du projet + 20 ans (année 2055) – Sans Demi-Diffuseur – Avec Projet – Situation Sans Demi-Diffuseur Projet – « 2055 SD Projet ».
- **Situation N°6** : Horizon de réalisation du projet +20 ans (année 2055) – Avec Demi-Diffuseur – Sans Projet – Situation Avec Demi-Diffuseur Fil de l'Eau – « 2055 AD FDE ».
- **Situation N°7** : Horizon de réalisation du projet +20 ans (année 2055) – Avec Demi-Diffuseur – Avec Projet – Situation Avec Demi-Diffuseur Projet – « 2055 AD 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 Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) ;
- La **vitesse** de circulation ;
- La **longueur** des brins routiers.

Information :

Les données de circulation ont été fournies par le Bureau d'Études Horizon Conseil pour tous les brins (excepté pour le trafic autoroutier issu des TMJA nationaux). Le détail des données concernant le trafic est disponible en annexe.

Afin de calculer les TMJA autoroutiers aux horizons futurs, il est utilisé un taux d'accroissement annuel moyen de 1,0 % entre 2012 et 2050 (considéré constant jusqu'en 2055) [source : Théma – Projections de la demande de transport sur le long terme].

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 ZAC VarEcopole, tous les brins dont les trafics ont été fournis sont considérés dans le réseau d'étude. Les axes autoroutiers A57 et A8, longeant le projet à l'est et au nord, sont également pris en considération dans le réseau d'étude.

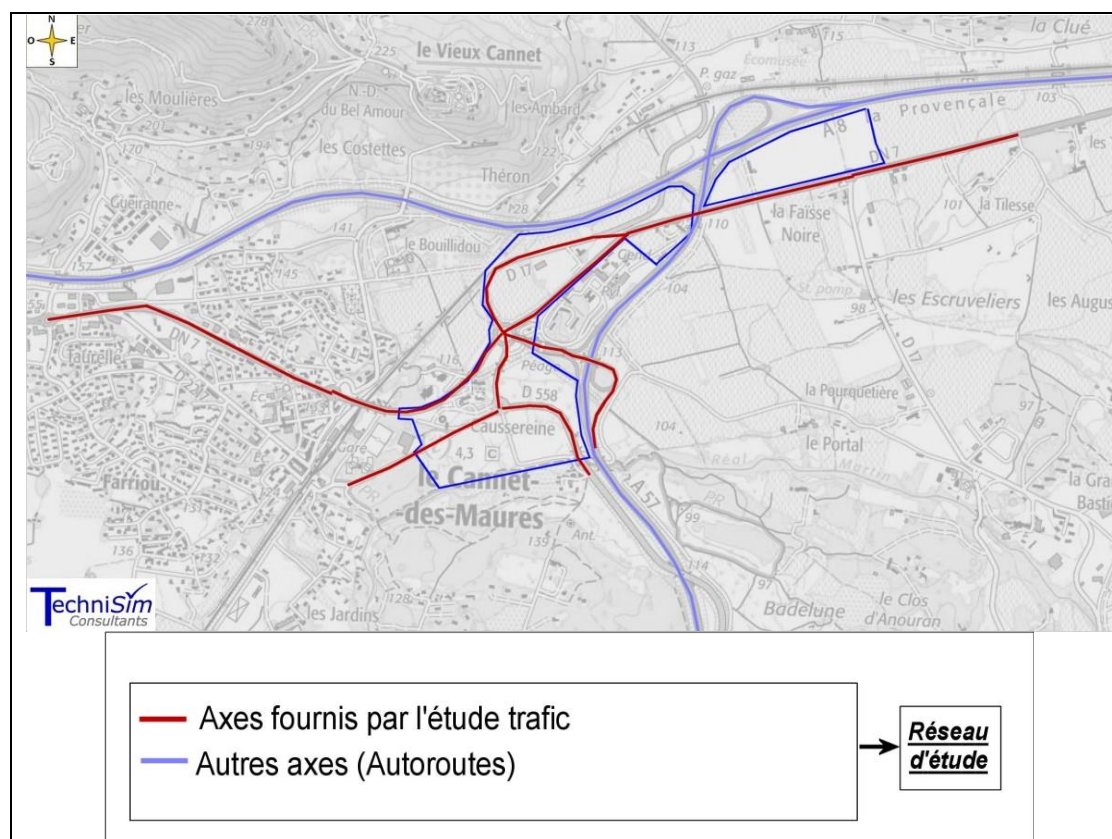


Figure 17 : Brins considérés / Réseau d'étude

❖ **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) et des consommations énergétiques (en kep/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 (MEET⁶, 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 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.

⁶MEET : Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption - DG Transport, Commission Européenne - 1999.

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 2023 (révision d'octobre) 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) d'une part et Avec Mesures Supplémentaires (AMS) d'autre part (travaux publiés en 2021⁷ (scénario SNBC-AME), en 2018 (données détaillées des scénarios AME et AMS), en 2020 (scénario SNBC-AMS), complétés par les scénarios AME et AMS 2023⁸).

Cette ventilation des parcs automobile tient compte des immatriculations détaillées des véhicules jusqu'en 2022. Les scénarios prospectifs et les hypothèses correspondantes sont dérivés des travaux sur la SNBC.

- Le scénario AME 2023 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 2021 dans cette version) sur la consommation d'énergie et les gaz à effet de serre.
- Le scénario AMS vise à respecter les objectifs énergétiques et climatiques de la France, en particulier l'atteinte de la neutralité carbone à l'horizon 2050.

Pour le projet étudié dans ce document, il a été utilisé les parcs du scénario AME.

La figure suivante présente l'évolution (1980-2050) de la composition (en nombre de véhicules) du parc de voitures particulières (simulation IFSTTAR 2023 scénario AME) selon les motorisations et selon la réglementation pollution EURO.

⁷https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Synth%C3%A8se_du_sc%C3%A9nario_AME2021_postQAQC%5B1%5D.pdf

⁸<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/20230502%20Synth%C3%A8se%20du%20sc%C3%A9nario%20AME2023%20-%202022.pdf>

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Rapport-final-AME_AMS2023.pdf

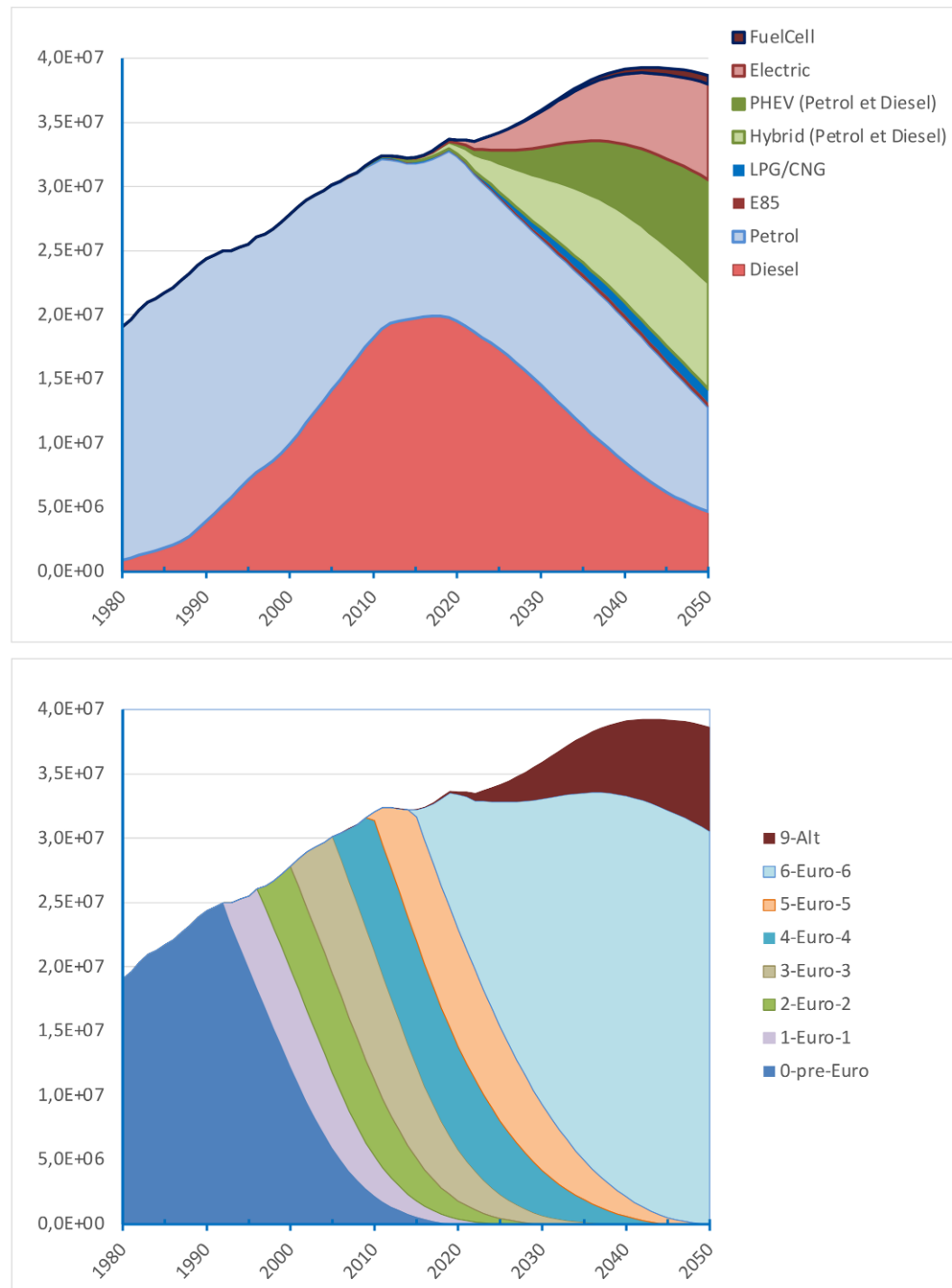


Figure 18 : Évolution de la composition du parc de voitures particulières selon la motorisation (en haut) et selon les réglementations EURO , en nombre – version 2023 scénario AME des parcs UGE-IFSTTAR (Source : UGE IFSTTAR)

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)
<ul style="list-style-type: none"> Oxydes d'azote (NOx) Monoxyde d'azote (NO) Dioxyde d'azote (NO₂) Particules PM10 Particules PM2,5 Monoxyde de carbone (CO) 	<ul style="list-style-type: none"> COVNM Benzène Dioxyde de soufre (SO₂) Arsenic Nickel Benzo(a)pyrène (BaP) 	<p>16 HAP⁹ dont le BaP</p> <ul style="list-style-type: none"> 1,3-butadiène Chrome

Sont ensuite ajoutés les polluants recommandés par l'ANSES¹⁰, 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
<ul style="list-style-type: none"> Ammoniac Dioxines Furanes Naphtalène Acétaldéhyde Acroléine Propionaldéhyde Éthylbenzène Formaldéhyde 	<ul style="list-style-type: none"> Toluène Xylènes Cadmium Mercure Plomb Particules diesel à l'échappement

⁹ Somme des HAP suivants : acénaphthène, acénaphthylène, anthracène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)peryène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène, fluorène, fluoranthène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, phénanthrène, pyrène et benzo(j)fluoranthène

¹⁰ 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

7.2.2. 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 la figure et le tableau suivants.

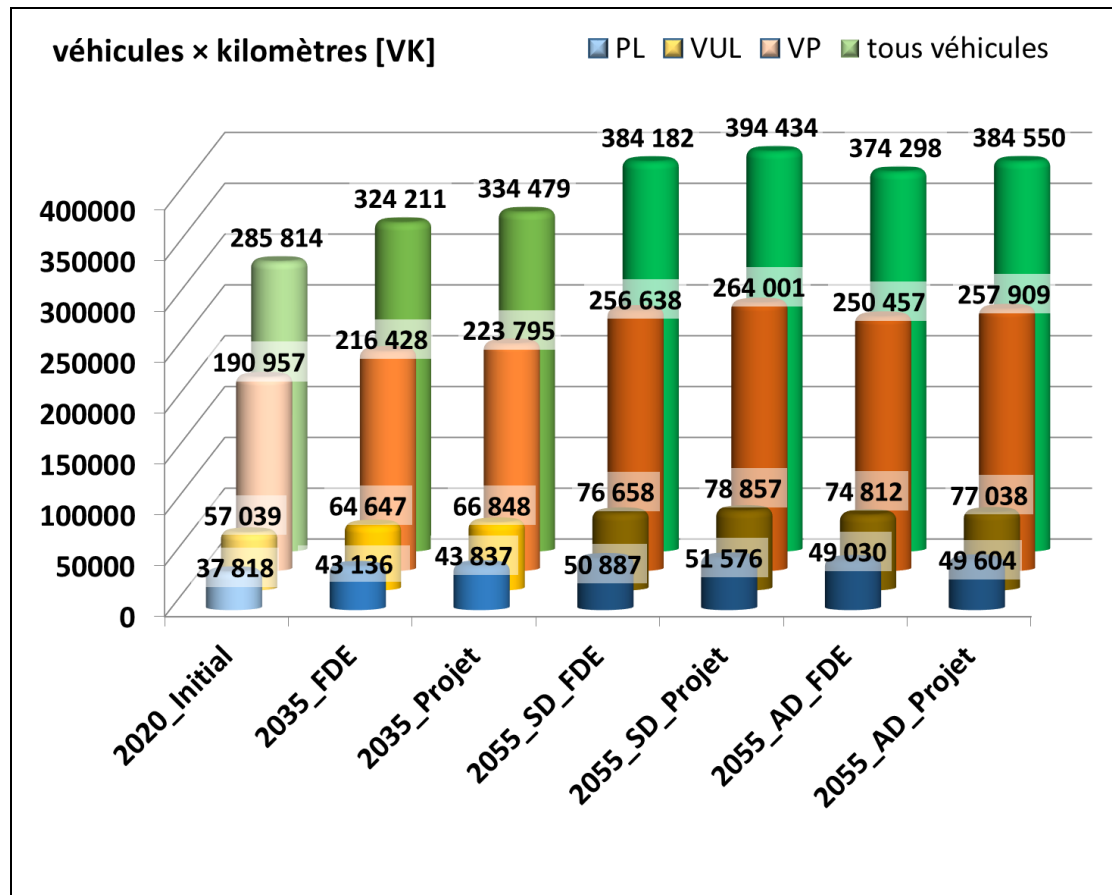


Figure 19 : Indices VK sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

Tableau 5 : 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°1 2020 Actuel	190 957	57 039	37 818	285 814
Situation N°2 2035 Fil de l'eau	216 428	64 647	43 136	324 211
Situation N°3 2035 Projet	223 795	66 848	43 837	334 479
Situation N°4 2055 Sans Demi-Diffuseur Fil de l'Eau	256 638	76 658	50 887	384 182
Situation N°5 2055 Sans Demi-Diffuseur Projet	264 001	78 857	51 576	394 434
Situation N°6 2055 Avec Demi-Diffuseur Fil de l'Eau	250 457	74 812	49 030	374 298
Situation N°7 2055 Avec Demi-Diffuseur Projet	257 909	77 038	49 604	384 550

Sur le réseau d'étude, par rapport à la situation « Actuelle » 2020, les indices VK Tous Véhicules augmentent aux horizons futurs, entre +13,4 % en situation Fil de l'Eau 2035 et +38,0 % en situation 2055 Sans Demi-Diffuseur Fil de l'Eau.

La réalisation du projet induit une augmentation des déplacements liée aux activités supplémentaires de la zone d'étude. L'exploitation du projet engendre une légère augmentation des indices VK Tous Véhicules sur le réseau d'étude par rapport à la situation Fil de l'Eau correspondante (+3,2 % en 2035 et +2,7 % en 2055 que ce soit avec ou sans Demi-Diffuseur).

Les indices VK sont moindres en situation Avec Demi-Diffuseur comparativement à la situation Sans Demi-Diffuseur (-2,5 %).

7.2.3. Consommations énergétiques

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

Situation	Consommation de carburant [kep/jour]
Situation N°1 2020 Actuel	21 755
Situation N°2 2035 Fil de l'eau	23 861
Situation N°3 2035 Projet	24 480
Situation N°4 2055 Sans Demi-Diffuseur Fil de l'Eau	27 276
Situation N°5 2055 Sans Demi-Diffuseur Projet	27 869
Situation N°6 2055 Avec Demi-Diffuseur Fil de l'Eau	26 530
Situation N°7 2055 Avec Demi-Diffuseur Projet	27 107

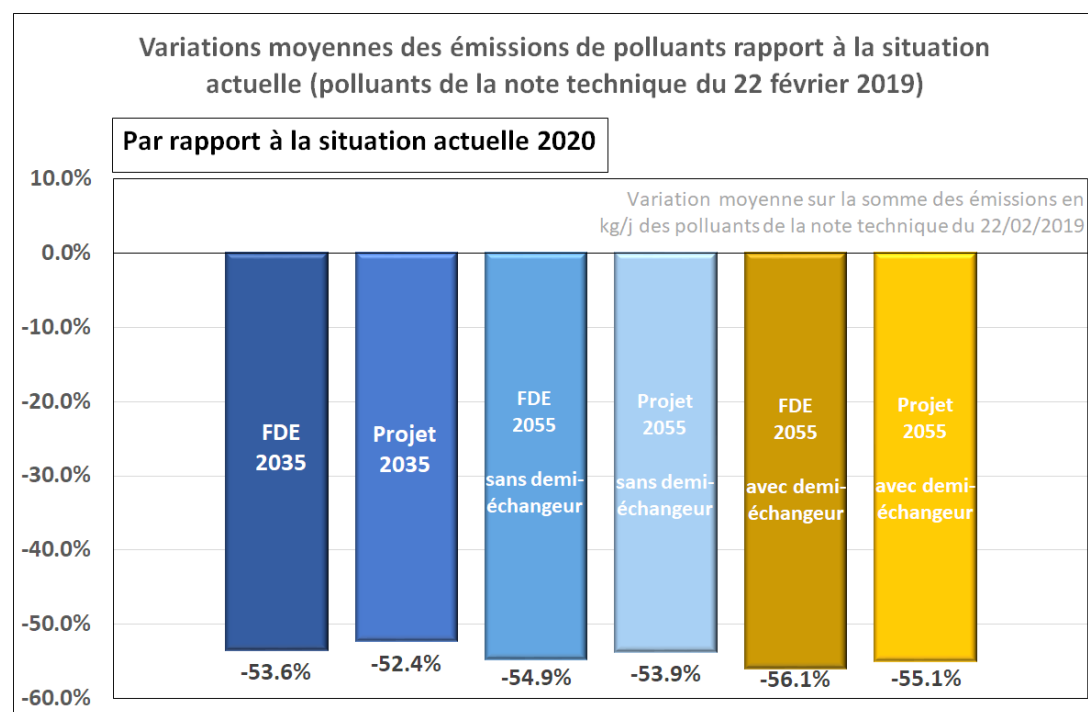


Figure 21 : Évolution en % des émissions de polluants (sur la somme des émissions des polluants de la note technique du 22 février 2019) sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle comparativement à la situation actuelle 2020

Aux horizons futurs 2035 et 2055, sur le réseau d'étude, comparativement à la situation actuelle 2020, il ressort que :

- Les émissions polluantes en situations « Fil de l'eau » et « Projetée » diminuent pour les principaux polluants pris individuellement (à l'exception du dioxyde de soufre, de l'arsenic et du nickel qui voient leurs émissions augmenter en situation « Fil de l'eau » et « Projetée »).
- Pour les principaux polluants (polluants de la note technique du 22 février 2019), les émissions diminuent en situation « Projetée » 2035 (-52,4 % en moyenne) par rapport à la situation actuelle et en 2055 (-54,9 % sans demi-diffuseur, -55,1 % avec demi-diffuseur).
- Les polluants émis par la combustion tendent à diminuer aux horizons futurs 2035 et 2055 à l'exception du SO₂ pour lequel les émissions augmentent (situations « Fil de l'eau » et « Projetée »).
- Les imbrûlés (COVNM) sont également en recul excepté en situations Fil de l'eau et projet sans demi-diffuseur à l'horizon 2055.
- Les augmentations de trafic sur le réseau d'étude pour les situations « Fil de l'eau » et « Projet » aux horizons 2035 et 2055 - 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 PM10, BaP) voire augmenter (arsenic, nickel) du fait de la hausse des VK.

Tableau 8 : 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
2035 FDE vs Actuel 2020	-62,5 %	-24,8 %	-38,3 %	-84,1 %	-41,1 %	+34,4 %
2035 Projetée vs Actuel 2020	-61,6 %	-22,4 %	-36,4 %	-83,6 %	-39,5 %	+38,6 %
Impact Projet 2035 Projetée vs 2035 FDE	+2,5 %	+3,1 %	+3,1 %	+2,9 %	+2,7 %	+3,1 %
2055 Sans Demi-Diffuseur FDE vs Actuel 2020	-75,5 %	-15,0 %	-32,2 %	-90,6 %	-22,6 %	+86,2 %
2055 Sans Demi-Diffuseur Projet vs Actuel 2020	-75,0 %	-12,8 %	-30,5 %	-90,3 %	-20,9 %	+91,0 %
Impact Projet Sans Demi-Diffuseur 2055 Projetée vs 2035 FDE	+2,2 %	+2,6 %	+2,6 %	+2,4 %	+2,1 %	+2,6 %
2055 Avec Demi-Diffuseur FDE vs Actuel 2020	-76,3 %	-17,9 %	-34,6 %	-90,8 %	-24,2 %	+81,5 %
2055 Avec Demi-Diffuseur Projet vs Actuel 2020	-75,8 %	-15,8 %	-32,8 %	-90,6 %	-22,6 %	+86,2 %
Impact Projet Avec Demi-Diffuseur 2055 Projetée vs 2035 FDE	+2,1 %	+2,6 %	+2,6 %	+2,4 %	+2,1 %	+2,6 %
Émissions moyennes journalières annuelles	COVNM	Benzène	NO ₂	BaP	Arsenic	Nickel
2035 FDE vs Actuel 2020	-44,9 %	-75,3 %	-62,5 %	-18,1 %	+24,4 %	+49,9 %
2035 Projetée vs Actuel 2020	-43,0 %	-74,3 %	-61,6 %	-15,7 %	+28,1 %	+55,0 %
Impact Projet 2035 Projetée vs 2035 FDE	+3,5 %	+4,1 %	+2,3 %	+3,0 %	+3,0 %	+3,4 %
2055 Sans Demi-Diffuseur FDE vs Actuel 2020	+1,3 %	-66,9 %	-86,9 %	-28,5 %	+62,3 %	+123,3 %
2055 Sans Demi-Diffuseur Projet vs Actuel 2020	+4,1 %	-65,9 %	-86,6 %	-26,6 %	+66,3 %	+129,4 %
Impact Projet Sans Demi-Diffuseur 2055 Projetée vs 2035 FDE	+2,7 %	+3,0 %	+2,1 %	+2,5 %	+2,5 %	+2,7 %
2055 Avec Demi-Diffuseur FDE vs Actuel 2020	-5,4 %	-67,8 %	-87,2 %	-30,3 %	+58,1 %	+117,7 %
2055 Avec Demi-Diffuseur Projet vs Actuel 2020	-3,0 %	-66,8 %	-86,9 %	-28,5 %	+62,1 %	+123,8 %
Impact Projet Avec Demi-Diffuseur 2055 Projetée vs 2035 FDE	+2,5 %	+3,0 %	+2,1 %	+2,6 %	+2,5 %	+2,8 %

-La réalisation du projet va entraîner par rapport à la situation « Fil de l'eau » correspondante une légère augmentation des émissions des principaux polluants (en moyenne sur les polluants de la note technique du 22 février 2019 : +3,1 % en 2035 et +2,6 % en 2055 que ce soit sans ou avec Demi-Diffuseur). Cela est à corréliser avec l'augmentation des VK sur le réseau d'étude entre les situations « Projet » et « Fil de l'eau ».

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

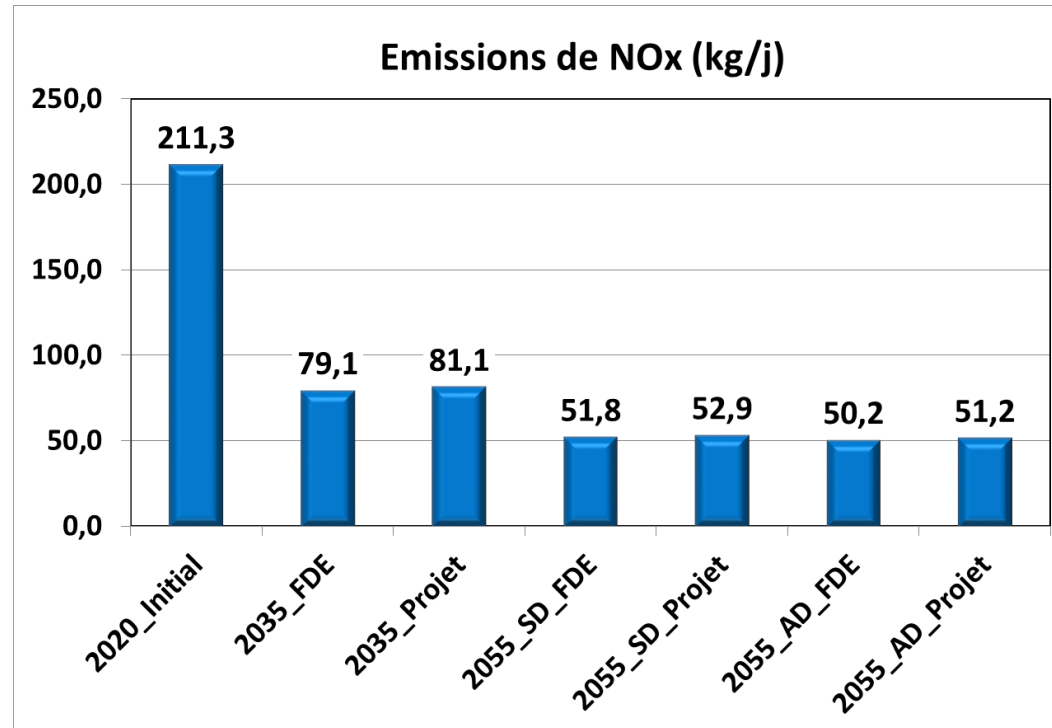


Figure 22 : Émissions d'oxydes d'azote (éq.NO₂) sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

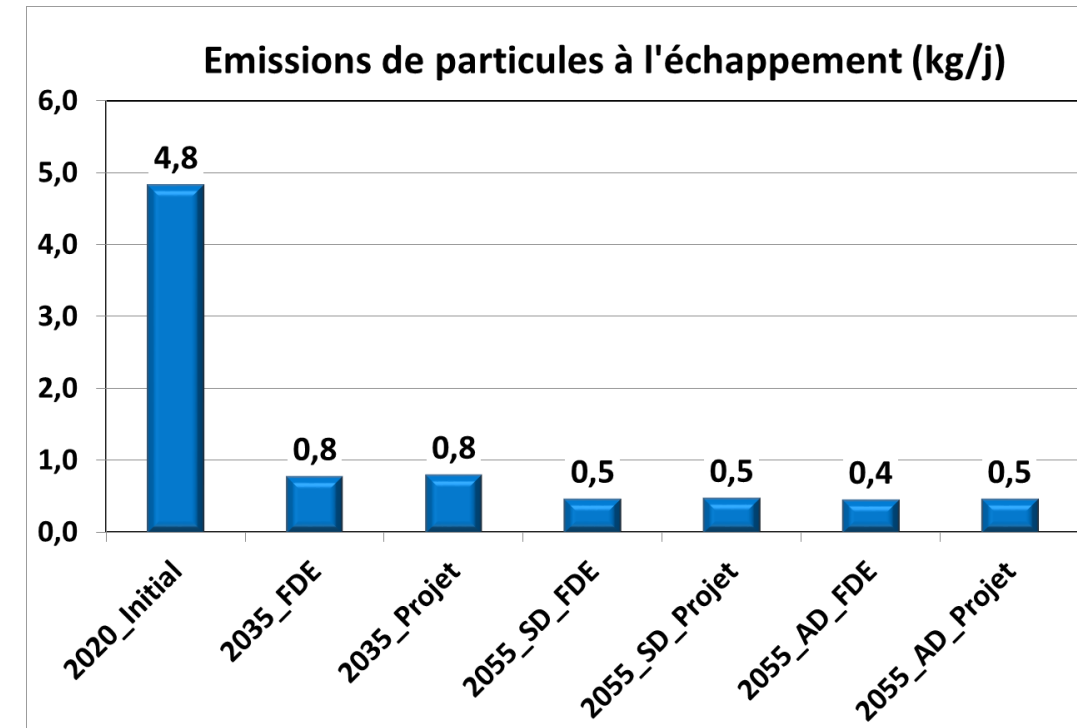


Figure 24 : Émissions de particules à l'échappement sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

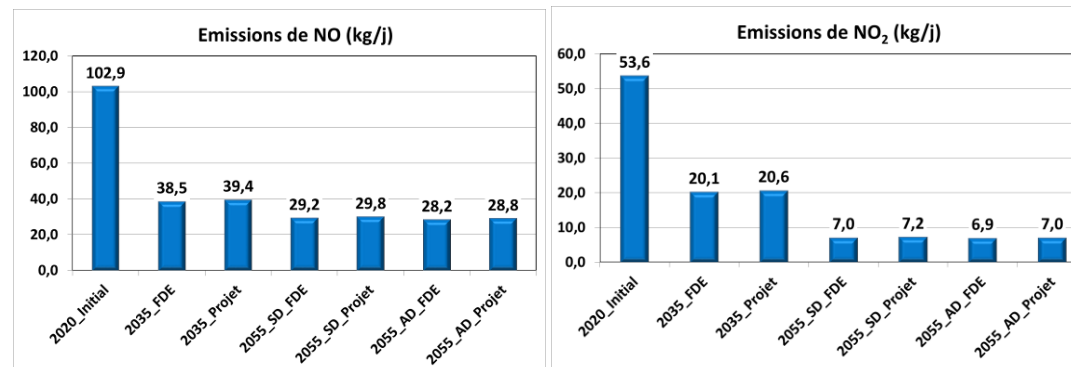


Figure 23 : Émissions de monoxyde d'azote et dioxyde d'azote sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

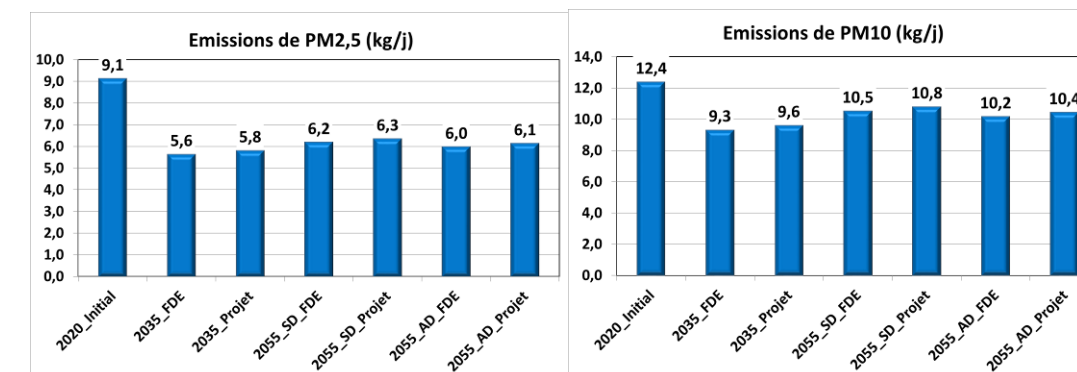


Figure 25 : Émissions de particules PM₁₀ et PM_{2,5} sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

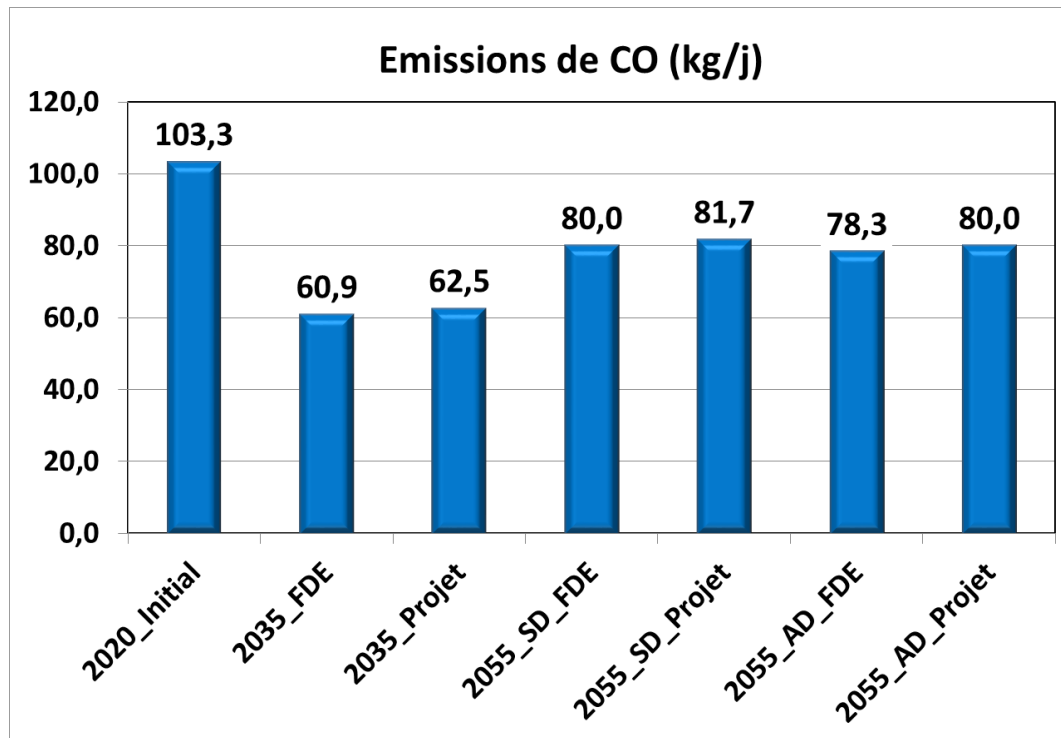


Figure 26 : Émissions de CO sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

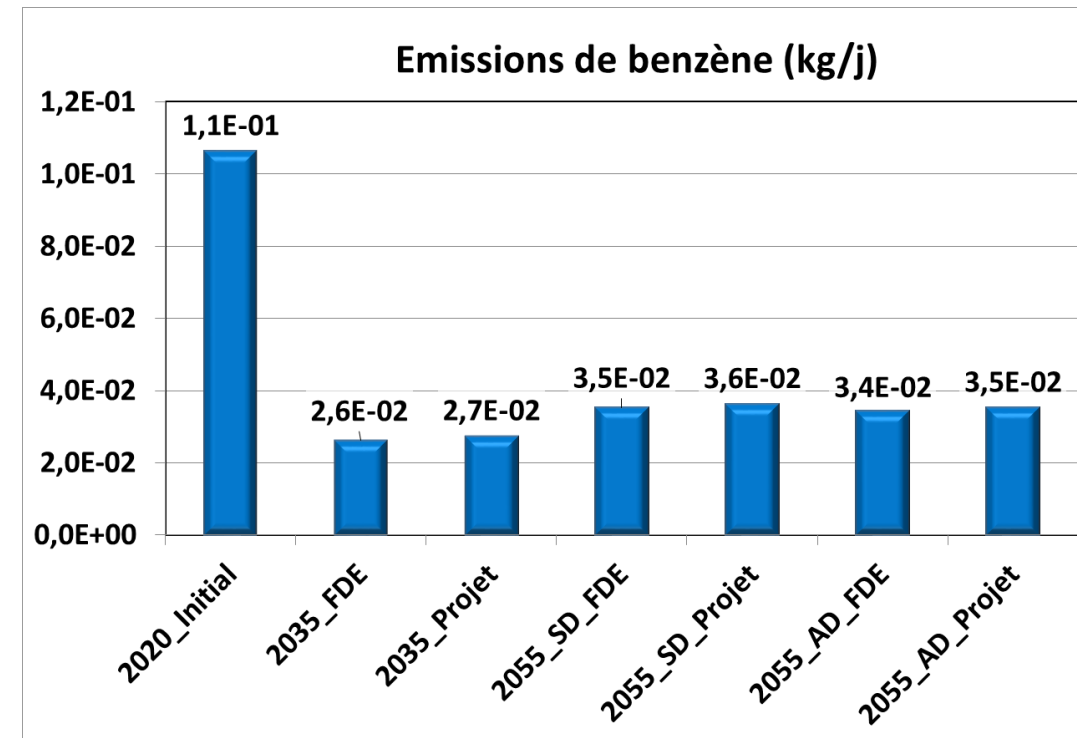


Figure 28 : Émissions de benzène sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

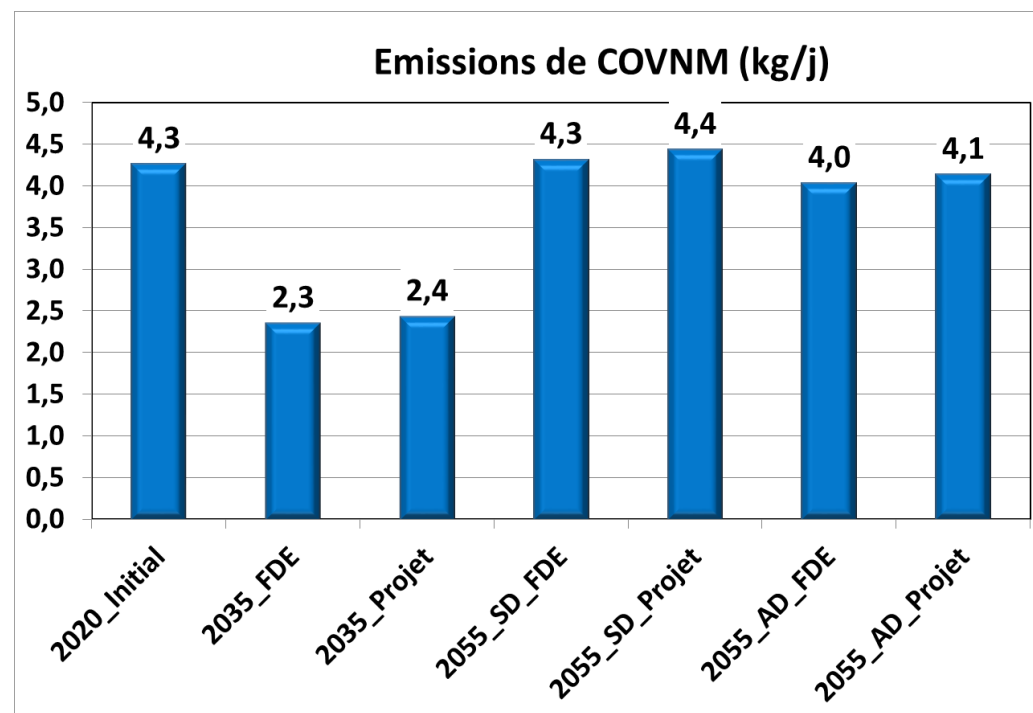


Figure 27 : Émissions de COVNM sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

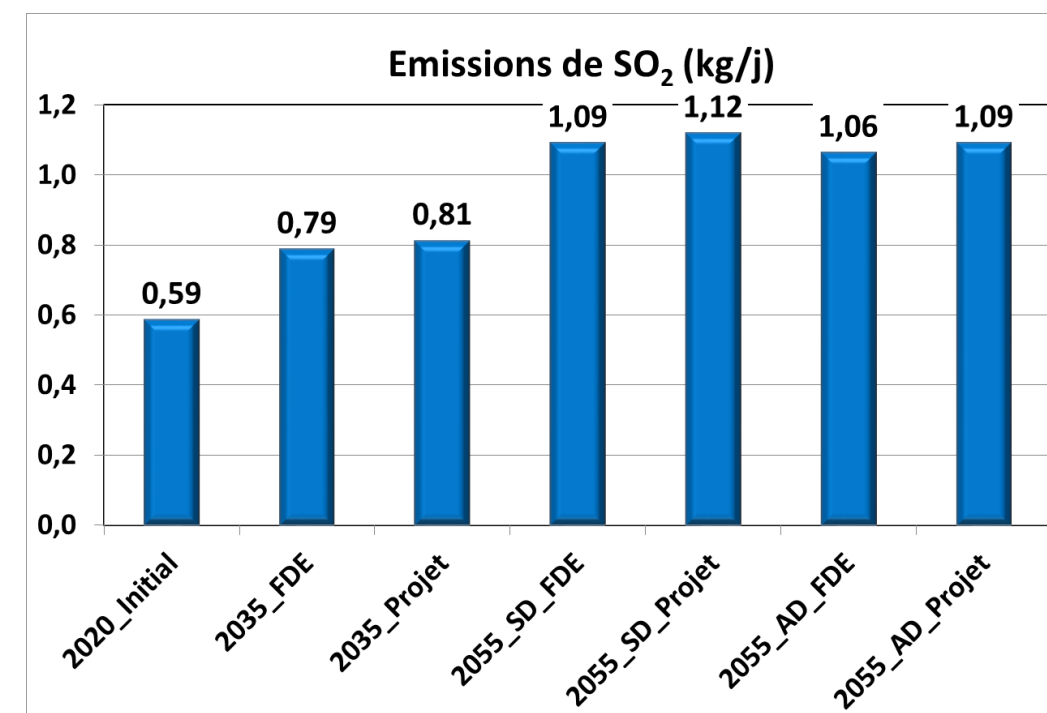


Figure 29 : Émissions de dioxyde de soufre sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

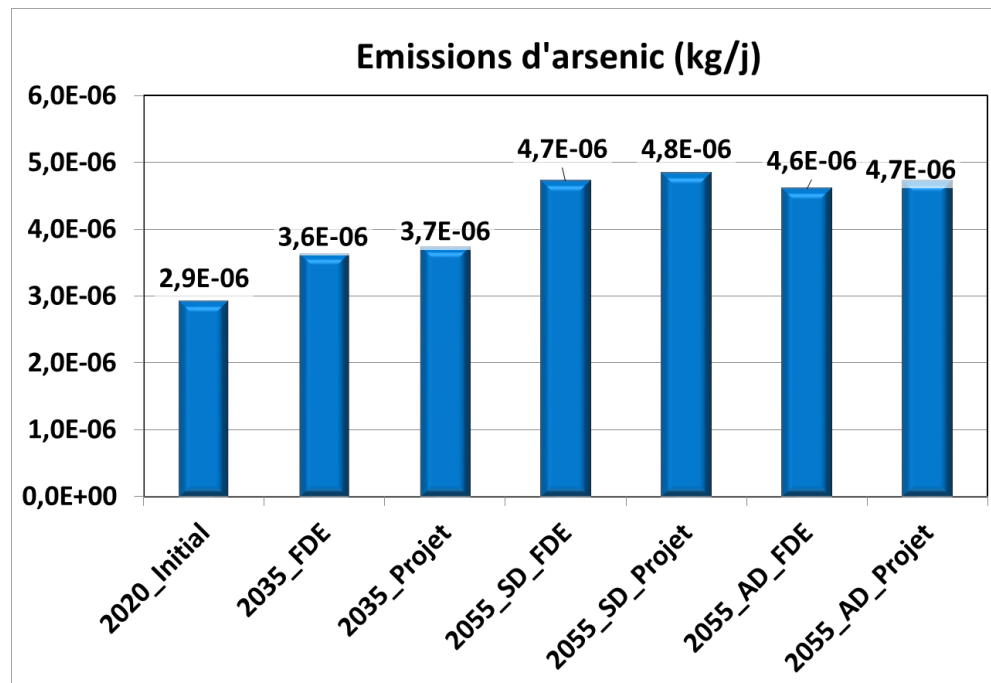


Figure 30 : Émissions d'arsenic sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

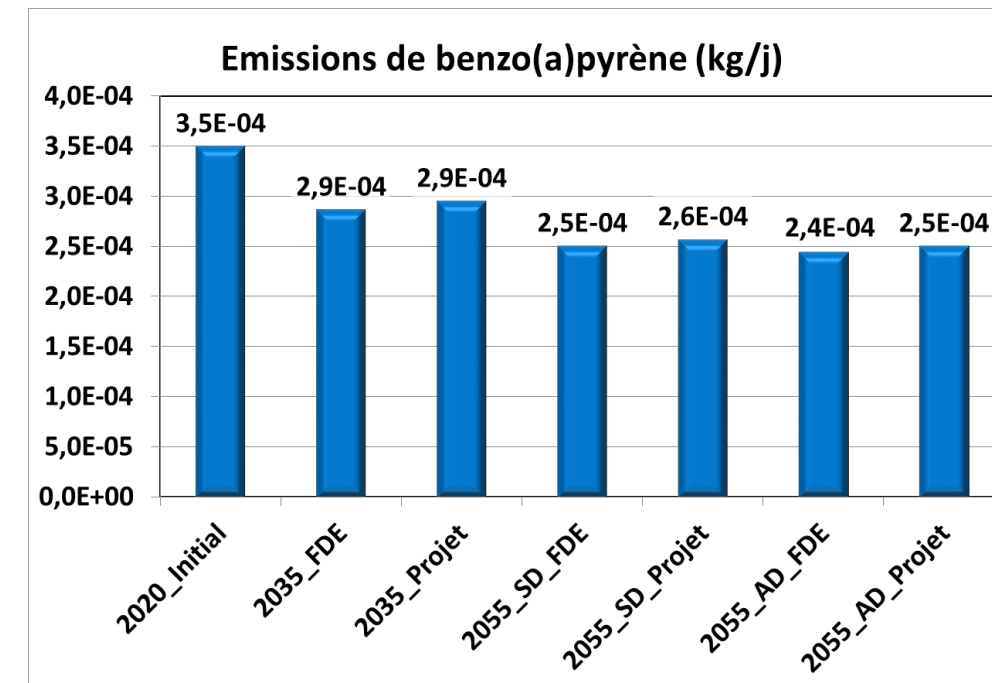


Figure 32 : Émissions de benzo(a)pyrène sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

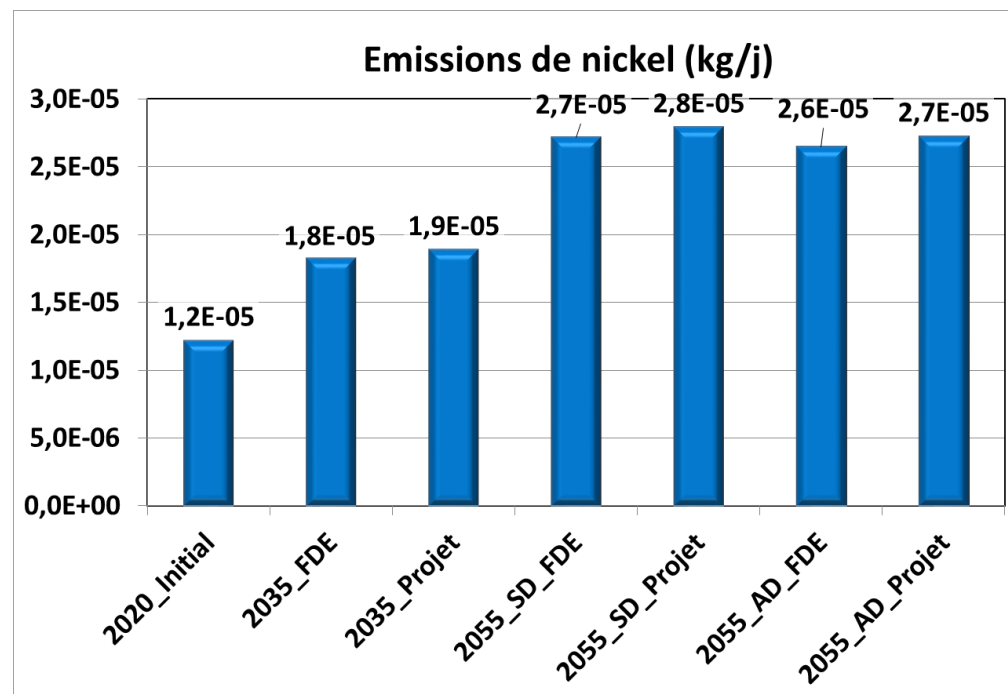


Figure 31 : Émissions de nickel sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

7.2.5. Émissions de particules liées au transport ferroviaire sur la zone d'étude

L'emprise projet est longée par la ligne SNCF n°930 desservant la gare « Le Luc – Le Cannet » (cf. figure suivante).

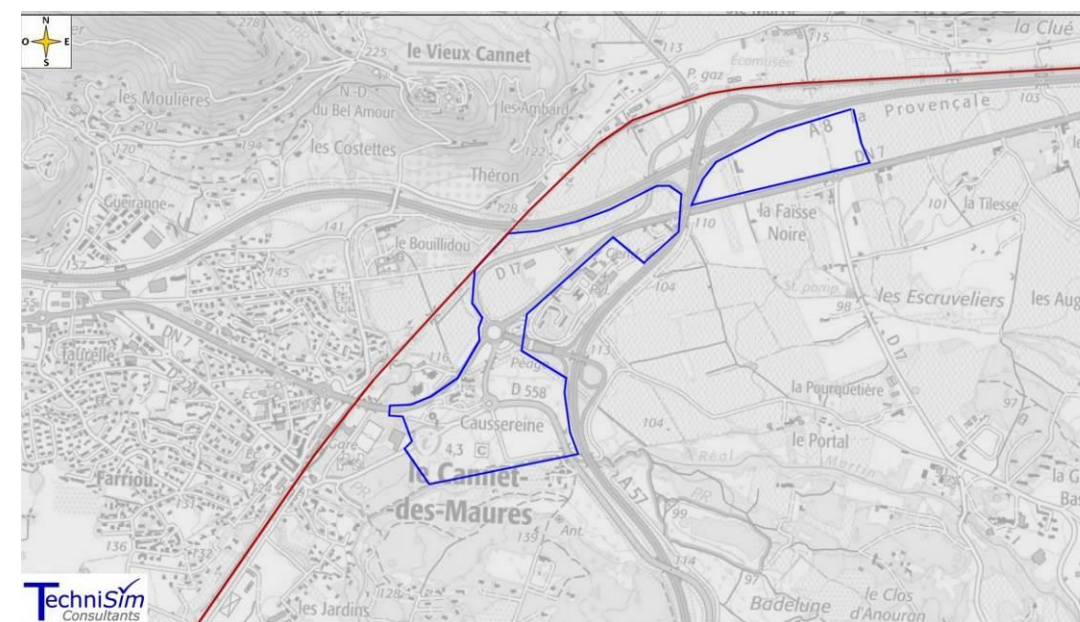


Figure 33 : Ligne ferroviaire n°930 longeant le projet

Le passage des trains induit la production de poussières à travers l'usure des équipements.

❖ Calcul des émissions ferroviaires de la zone d'étude

Concernant les émissions de particules liées à la circulation des trains (production de poussières à travers l'usure des équipements), il est utilisé par défaut le facteur d'émission des trains régionaux du document « *Report on emission factors for wear particles from railways* »¹¹ d'Erik Fridell. Le facteur d'émission des particules PM10 liées à l'usure du matériel et à la remise en suspension des particules est égal à 3,1 mg/(km parcouru-train-mètre). Les hypothèses considérées pour le calcul des émissions de particules sont listées ci-dessous.

Tableau 9 : Hypothèses considérées pour le calcul des émissions de particules liées à la circulation ferroviaire

	Trains
Facteur d'émissions PM10	3,1 mg/(km parcouru-train-mètre)
Modèle	Non connu Fret et voyageurs
Longueur d'une rame	72,8 m (longueur moyenne matériel roulant TER PACA)
Distance parcourue	3,85 km
Nombre de passage par jour (2 sens de circulation confondus)	35

Avec ces données, la quantité de particules PM10 induite par le trafic ferroviaire par les trains sur la ligne SNCF n°930 est de 30,44 gPM10/jour.

Les émissions (incluant la resuspension) de PM10 liées au passage des trains de la ligne SNCF n°930 (30,44 gPM10/jour) sont très faibles devant les émissions liées au trafic routier du réseau d'étude (cf. § 7.2.4). Sur la zone d'étude les émissions du transport ferroviaire sont négligeables devant celles du transport routier.

❖ Composition des particules ferroviaires

Selon les données disponibles dans la littérature¹², les particules émises par le trafic ferroviaire sont composées surtout de fer (de 50 à 60 %), de cuivre (≈10 %), d'aluminium (2,6 % à 6 %), de magnésium (≈5 %), de calcium (≈5 %) et de zinc (≈4 %).

Les autres métaux (baryum, chrome, nickel, plomb, vanadium) représentent moins de 0,5 % des particules PM10.

7.2.6. Simulation numérique de la dispersion atmosphérique

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 (routes + voies ferrées), 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.

¹¹ Fridell *et al.* (2010). Emissions of particulate matters from railways – Emission factors and condition monitoring. *Transportation Research Part D*, 15, p.240-245. doi : 10.1016/j.trd.2010.02.006.

¹² Loxham & Nieuwenhuijsen (2019). Health effects of particulate matter air pollution in underground railway systems – a critical review of the evidence. *Particle and Fibre Toxicology* 16:12.
Abbasi *et al.* (2013). Particle Emissions From Rail Traffic: A Literature Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 43, issue 23, p.2511-2544. doi :10.1080/10643389.2012.685348.

L'équation de base des modèles gaussiens permettant le calcul des concentrations s'écrit comme suit :

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

- Avec C Concentration de polluants au point x,y,z (M/L³)
- Q Débit de la source de polluants en (M/T)
- U₁₀ Vitesse moyenne du vent mesurée à 10 m du sol (L/T)
- σ_y Écart-type de la distribution horizontale de turbulence (L)
- σ_z Écart-type de la distribution verticale de turbulence (L)
- h Hauteur effective de la source de polluants (L)

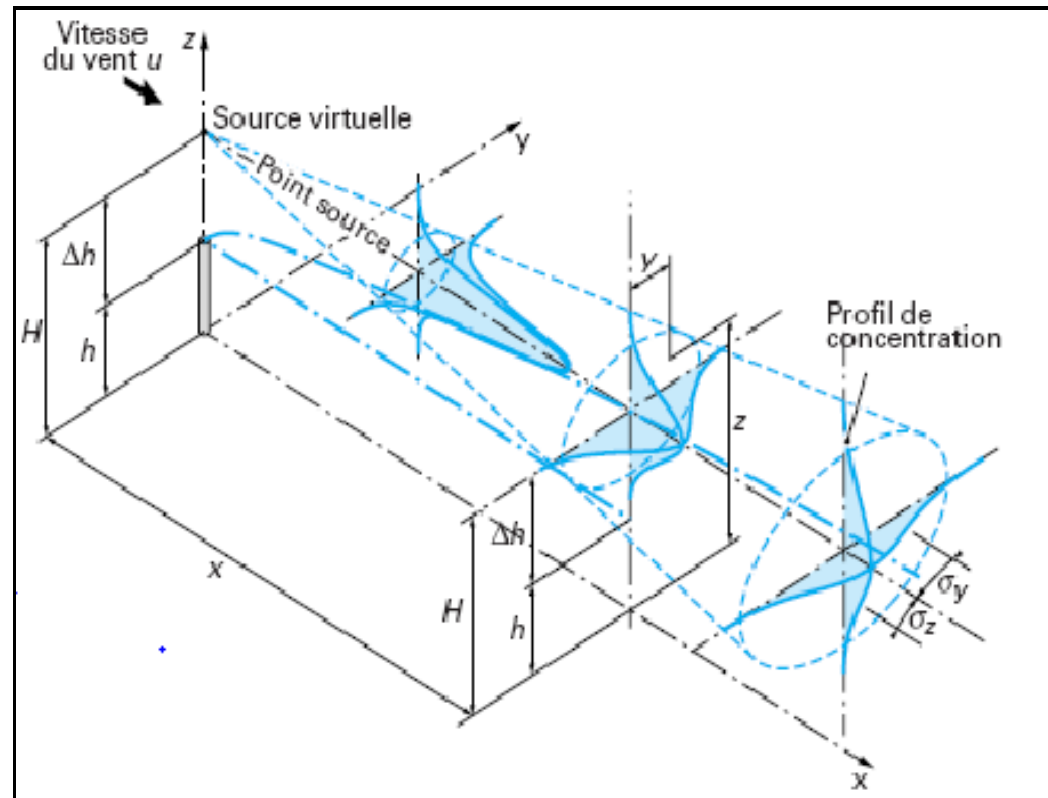


Figure 34 : Modélisation gaussienne d'un panache

La dispersion atmosphérique des polluants étant directement influencée par les conditions météorologiques, les paramètres nécessaires aux simulations ont été recueillis par la station météorologique SYNOP « Le Luc » située à environ 3 km au sud-est du projet . Il s'agit des données horaires sur la durée de l'année 2021 complète, soit du 1^{er} janvier au 31 décembre 2021. 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.

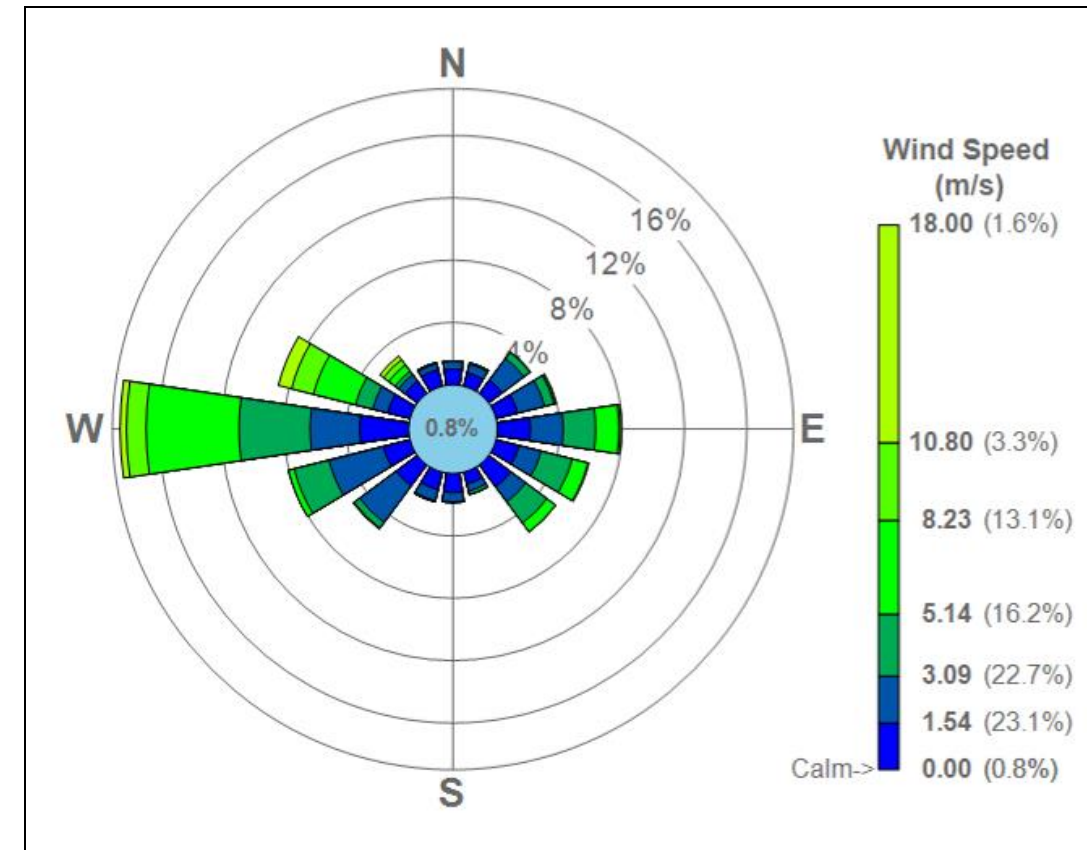


Figure 35 : Rose des vents utilisée pour les simulations

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 m jugée suffisante au regard de l'homogénéité du relief de la zone d'étude).

Le terrain considéré est un rectangle de 3 700 m sur 2 000 m (cf. figure suivante).

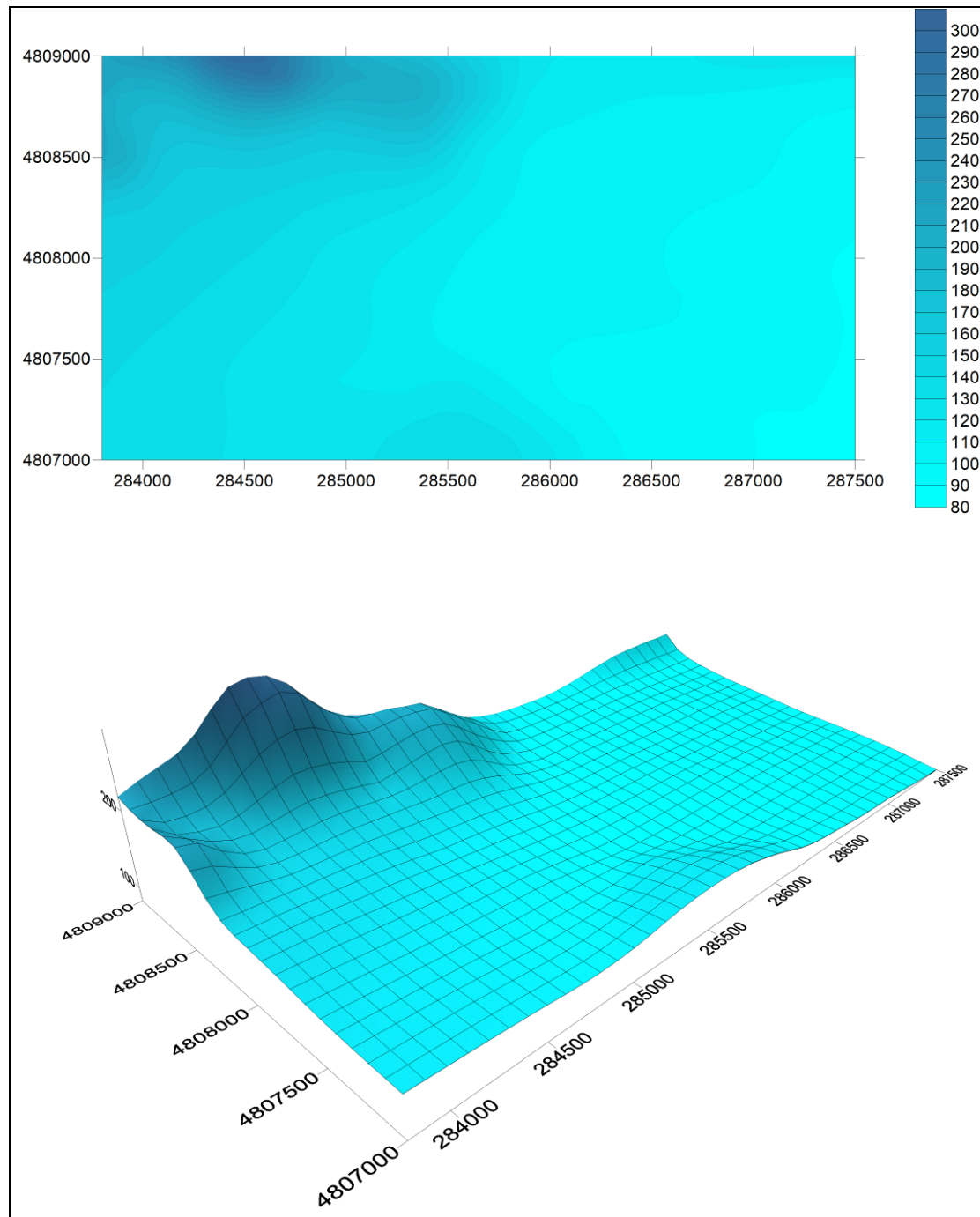


Figure 36 : Terrain numérique utilisé dans les modélisations et grille de calcul

Les concentrations sont calculées en moyennes annuelles, journalières et horaires. Elles sont relevées non seulement sur la grille de calcul (798 points de calcul) mais aussi au niveau des récepteurs ponctuels (4 lieux vulnérables : crèches, écoles), et, sur des zones restreintes : emprise projet (447 points de calcul) et zone d'habitations hors projet (667 points de calcul).

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

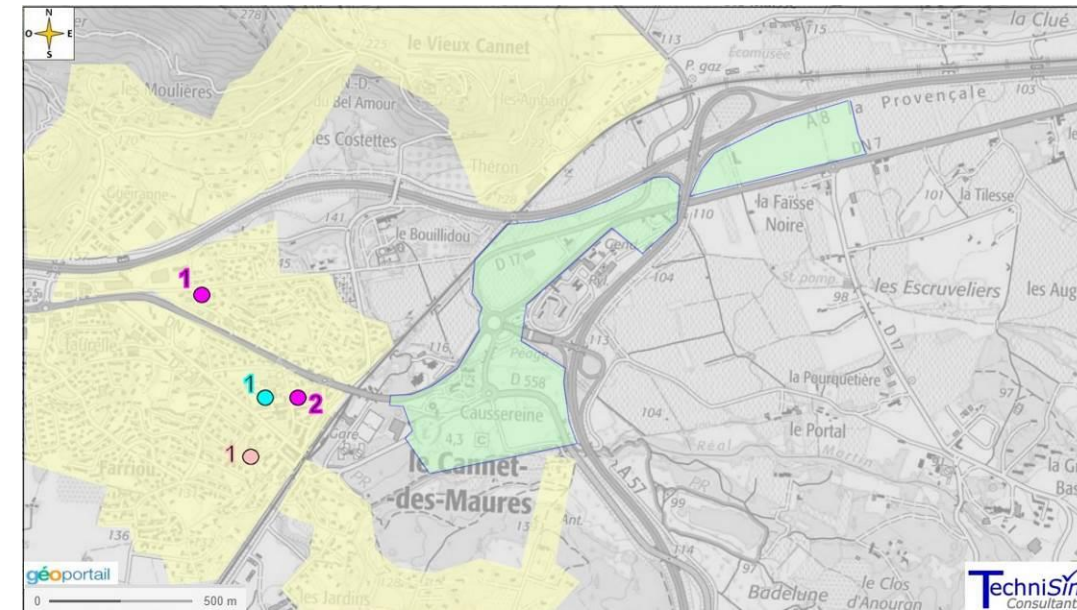


Figure 37 : Grille de calcul et emplacement des récepteurs ponctuels sur la zone d'étude

Tableau 10 : Liste des récepteurs ponctuels et zones sur la zone d'étude

Type d'établissement	Récepteur	Adresse / Dénomination / Effectif
CRECHES	1	Micro-Crèche « À Petits Pas », 10 places - 552 Chemin du Bouillidou 83340 Le Cannet-des-Maures
	2	Multi-accueil Les Cannetons, 17 places - Avenue de la 4 ^{ème} République 83340 Le Cannet-des-Maures
ÉCOLE MATERNELLE	1	École maternelle Lei Pichoun, 183 élèves - Rue du Lavoir 83340 Le Cannet-des-Maures
ÉCOLE PRIMAIRE	1	École primaire Denis Tissot, 301 élèves - Cité Denis Tissot 83340 Le Cannet-des-Maures
ZONES D'HABITATIONS HORS PROJET	Riverains	Zones d'habitations hors projet
PROJET	Usagers du projet	Futurs résidents/travailleurs du projet

Résultats des simulations

Les résultats que l'on retient sont les concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à hauteur d'Homme. Les résultats directs des simulations considèrent uniquement l'effet des émissions des brins du trafic routier et ferroviaire de la zone d'étude. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération dans les calculs.

Afin d’obtenir une meilleure représentativité de la qualité de l’air de la zone d’étude pour les principaux polluants (NO₂, PM10 et PM2.5) et ainsi permettre une comparaison des résultats aux seuils réglementaires et aux valeurs guides sanitaires de l’OMS, les concentrations de fond ont été additionnées aux résultats en fin de chaine de calcul. L’ajout des concentrations de fond permet de prendre en compte les effets des autres sources de pollution sur la zone d’étude et non pas seulement celles du trafic routier. La zone d’étude étant principalement périurbaine de fond, il a été pris comme valeurs de fond les données 2020 (horizon d’étude de la situation actuelle du projet) de la station périurbaine AtmoSud la plus proche (Estérel).

Les concentrations de fond utilisées sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 11 : Concentrations de fond utilisées dans les modélisations

Horizon d'étude	Concentrations de fond utilisées dans le modèle (moyennes annuelles)			Source / hypothèses
	NO ₂ µg/m ³	PM10 µg/m ³	PM2.5 µg/m ³	
Horizon 2020	8,9	17,9	11	Résultats annuel (2020) de la station AtmoSud de fond périurbain « Estérel ».
Horizon 2035	3,4	13,5	6,6	Application sur la valeur de fond pour 2020 du facteur de diminution calculé sur les résultats bruts des concentrations maximales modélisées sur la zone d'étude entre situation Référence 2020 et Fil de l'eau 2035. Cette hypothèse permet de prendre en compte une évolution des concentrations atmosphériques dans le futur.
Horizon 2055	1,2	15,0	7,2	Application sur la valeur de fond pour 2020 du facteur de diminution calculé sur les résultats bruts des concentrations maximales modélisées sur la zone d'étude entre situation Référence 2020 et Fil de l'eau 2055. Cette hypothèse permet de prendre en compte une évolution des concentrations atmosphériques dans le futur.

Sont présentées dans les tableaux suivants :

- Les concentrations maximales relevées pour chaque type de lieu vulnérable existant en l'état actuel.
- Les concentrations maximales relevées sur la zone d'étude.
- Les concentrations maximales relevées sur l'emprise projet.

Nota Bene : Les résultats présentés ci-après considèrent l'effet des émissions du trafic routier sur les brins du réseau d'étude additionné aux concentrations de fond de la zone d'étude concernant les polluants suivants : NO₂, particules PM10 et PM2,5.

Concentrations maximales relevées sur la grille de calcul

Tableau 12 : Concentrations maximales relevées sur la grille de calcul

MAX Grille de calcul		Composés faisant l'objet d'une réglementation [µg/m ³]						
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2035 Fil de l'eau	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
Dioxyde d'azote	Année	43,37	16,50	16,67	5,69	5,75	5,67	5,72
	Jour	82,19	31,47	31,73	10,80	10,90	10,69	10,78
	Heure	187,46	71,36	71,52	24,54	24,60	24,52	24,54
Particules PM10	Année	25,03	18,93	19,01	21,07	21,17	21,02	21,10
	Jour	30,97	23,12	23,24	25,70	25,85	25,57	25,63
Particules PM2,5	Année	15,93	9,61	9,65	10,49	10,53	10,46	10,50
	Jour	18,63	11,13	11,20	12,09	12,18	12,03	12,08
Dioxyde de soufre	Année	0,36	0,49	0,50	0,68	0,68	0,67	0,68
	Jour	0,76	1,04	1,06	1,44	1,46	1,42	1,44
	Heure	1,87	2,55	2,55	3,51	3,51	3,49	3,50
Monoxyde de carbone	Année	64,70	39,00	39,47	51,60	52,20	51,30	51,92
	Jour	210,07	127,20	129,52	167,75	169,52	166,97	168,01
	Heure	674,45	404,88	405,99	539,44	540,38	538,16	539,13
Benzène	Année	6,12E-02	1,56E-02	1,63E-02	2,12E-02	2,17E-02	2,11E-02	2,15E-02
Plomb	Année	9,32E-06	1,18E-05	1,20E-05	1,55E-05	1,56E-05	1,54E-05	1,55E-05
B[a]P	Année	2,17E-04	1,79E-04	1,82E-04	1,56E-04	1,58E-04	1,55E-04	1,56E-04
Arsenic	Année	1,82E-06	2,28E-06	2,31E-06	2,97E-06	3,00E-06	2,95E-06	2,98E-06
Cadmium	Année	1,02E-06	1,34E-06	1,35E-06	1,80E-06	1,82E-06	1,79E-06	1,81E-06
Nickel	Année	7,33E-06	1,12E-05	1,14E-05	1,67E-05	1,69E-05	1,66E-05	1,68E-05
MAX Grille de calcul		Composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation [µg/m ³]						
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2035 Fil de l'eau	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
Ammoniac	Année	2,77	4,95	4,97	9,54	9,57	9,53	9,56
PM à l'échappement	Année	3,14	0,48	0,49	0,29	0,29	0,29	0,29
COVNM	Année	2,51	1,43	1,45	2,63	2,66	2,58	2,62
Acétaldéhyde	Année	1,04E-01	5,51E-02	5,59E-02	1,02E-01	1,03E-01	9,96E-02	1,01E-01
Acroléine	Année	4,81E-02	2,19E-02	2,23E-02	3,94E-02	3,99E-02	3,86E-02	3,92E-02
1,3-butadiène	Année	4,82E-02	3,76E-02	3,82E-02	7,34E-02	7,43E-02	7,20E-02	7,31E-02
Éthylbenzène	Année	1,98E-02	6,66E-03	6,94E-03	1,15E-02	1,17E-02	1,15E-02	1,17E-02
Formaldéhyde	Année	1,92E-01	1,01E-01	1,02E-01	1,86E-01	1,88E-01	1,82E-01	1,85E-01
Toluène	Année	9,42E-02	3,19E-02	3,34E-02	5,17E-02	5,36E-02	5,14E-02	5,31E-02
Xylènes	Année	8,34E-02	3,77E-02	3,91E-02	6,77E-02	6,88E-02	6,69E-02	6,80E-02
16 HAP*	Année	2,52E-02	2,14E-02	2,16E-02	1,85E-02	1,87E-02	1,84E-02	1,86E-02
16 HAP* en équivalent B(a)P	Année	4,77E-04	4,21E-04	4,26E-04	3,91E-04	3,95E-04	3,88E-04	3,92E-04
Naphtalène	Année	1,68E-01	1,42E-01	1,44E-01	1,34E-01	1,36E-01	1,33E-01	1,35E-01
Chrome	Année	1,13E-04	1,19E-04	1,21E-04	1,31E-04	1,32E-04	1,30E-04	1,31E-04
Mercure	Année	8,10E-05	9,30E-05	9,40E-05	1,12E-04	1,13E-04	1,11E-04	1,12E-04
Dioxines	Année	1,55E-11	4,49E-12	4,56E-12	4,30E-12	4,38E-12	4,27E-12	4,34E-12
Furanes	Année	2,29E-11	6,70E-12	6,81E-12	6,46E-12	6,58E-12	6,42E-12	6,52E-12
NOx (éq. NO ₂)	Année	137,12	51,17	51,85	33,12	33,42	32,87	33,20
Propionaldéhyde	Année	2,82E-02	1,54E-02	1,56E-02	2,84E-02	2,87E-02	2,78E-02	2,82E-02

Fond périurbain inclus

* Dont le B(a)P

Concentrations maximales relevées sur l'emprise projet

Tableau 17 : Concentrations maximales relevées au niveau de l'emprise projet

Max Emprise Projet	Composés faisant l'objet d'une réglementation [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]								
	COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2035 Fil de l'eau	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
Dioxyde d'azote	Année		43,37	16,50	16,67	5,69	5,75	5,67	5,72
	Jour		79,05	30,12	30,60	10,42	10,58	10,15	10,30
	Heure		166,56	63,72	63,82	21,86	21,89	21,85	21,88
Particules PM10	Année		25,01	18,90	19,01	21,07	21,17	21,00	21,10
	Jour		29,87	22,35	22,56	24,93	25,13	24,47	24,67
Particules PM2,5	Année		15,93	9,61	9,65	10,49	10,53	10,46	10,50
	Jour		17,92	10,82	10,96	11,79	11,92	11,51	11,64
Dioxyde de soufre	Année		0,36	0,49	0,50	0,68	0,68	0,67	0,68
	Jour		0,75	1,02	1,05	1,42	1,45	1,37	1,40
	Heure		1,64	2,23	2,24	3,08	3,08	3,07	3,08
Monoxyde de carbone	Année		64,70	39,00	39,47	51,60	52,20	51,30	51,92
	Jour		201,88	122,61	125,36	160,41	163,20	156,01	158,72
	Heure		591,09	357,92	358,68	476,43	477,21	476,16	476,93
Benzène	Année		6,12E-02	1,56E-02	1,63E-02	2,12E-02	2,17E-02	2,11E-02	2,15E-02
Plomb	Année		9,32E-06	1,18E-05	1,20E-05	1,55E-05	1,56E-05	1,54E-05	1,55E-05
B[a]P	Année		2,17E-04	1,79E-04	1,82E-04	1,56E-04	1,58E-04	1,55E-04	1,56E-04
Arsenic	Année		1,82E-06	2,28E-06	2,31E-06	2,97E-06	3,00E-06	2,95E-06	2,98E-06
Cadmium	Année		1,02E-06	1,34E-06	1,35E-06	1,80E-06	1,82E-06	1,79E-06	1,81E-06
Nickel	Année		7,33E-06	1,12E-05	1,14E-05	1,67E-05	1,69E-05	1,66E-05	1,68E-05
Max Emprise Projet	Composés ne faisant pas l'objet d'une réglementation [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]								
COMPOSES	Pas de temps	2020 Actuel	2035 Fil de l'eau	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet	
Ammoniac	Année		2,77	4,84	4,88	9,28	9,33	9,26	9,31
PM à l'échappement	Année		3,14	0,48	0,49	0,29	0,29	0,29	0,29
COVNM	Année		2,51	1,43	1,45	2,63	2,66	2,58	2,62
Acétaldéhyde	Année		1,04E-01	5,51E-02	5,59E-02	1,02E-01	1,03E-01	9,96E-02	1,01E-01
Acroléine	Année		4,81E-02	2,19E-02	2,23E-02	3,94E-02	3,99E-02	3,86E-02	3,92E-02
1,3-butadiène	Année		4,82E-02	3,76E-02	3,82E-02	7,34E-02	7,43E-02	7,20E-02	7,31E-02
Éthylbenzène	Année		1,98E-02	6,66E-03	6,94E-03	1,15E-02	1,17E-02	1,15E-02	1,17E-02
Formaldéhyde	Année		1,92E-01	1,01E-01	1,02E-01	1,86E-01	1,88E-01	1,82E-01	1,85E-01
Toluène	Année		9,42E-02	3,19E-02	3,34E-02	5,17E-02	5,36E-02	5,14E-02	5,31E-02
Xylènes	Année		8,34E-02	3,77E-02	3,91E-02	6,77E-02	6,88E-02	6,69E-02	6,80E-02
16 HAP*	Année		2,51E-02	2,13E-02	2,16E-02	1,84E-02	1,87E-02	1,83E-02	1,85E-02
16 HAP* en équivalent B(a)P	Année		4,76E-04	4,19E-04	4,25E-04	3,89E-04	3,94E-04	3,86E-04	3,91E-04
Naphtalène	Année		1,68E-01	1,42E-01	1,44E-01	1,34E-01	1,36E-01	1,33E-01	1,35E-01
Chrome	Année		1,13E-04	1,19E-04	1,21E-04	1,31E-04	1,32E-04	1,30E-04	1,31E-04
Mercure	Année		8,10E-05	9,30E-05	9,40E-05	1,12E-04	1,13E-04	1,11E-04	1,12E-04
Dioxines	Année		1,55E-11	4,49E-12	4,56E-12	4,30E-12	4,38E-12	4,27E-12	4,34E-12
Furanes	Année		2,29E-11	6,70E-12	6,81E-12	6,46E-12	6,58E-12	6,42E-12	6,52E-12
NOx (éq. NO ₂)	Année		136,75	51,17	51,85	33,12	33,42	32,87	33,20
Propionaldéhyde	Année		2,82E-02	1,54E-02	1,56E-02	2,84E-02	2,87E-02	2,78E-02	2,82E-02

Fond périurbain inclus

* 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 réglementés, 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 [NO₂]

En considérant les émissions provenant des voies de circulation du réseau d’étude (incluant les autoroutes A8 et A57) et les teneurs de fond, les concentrations en NO₂ calculées en moyennes annuelles sont inférieures au seuil réglementaire au niveau des lieux vulnérables pour toutes les situations et tous les horizons ainsi que sur l’emprise projet et plus généralement sur l’ensemble de la zone d’étude aux horizons futurs 2035 et 2055, quelle que soit la situation. En revanche, en situation actuelle 2020, les concentrations annuelles maximales sur la zone d’étude et sur l’emprise projet dépassent la réglementation annuelle.

Les concentrations en moyenne horaire sont, quant à elles, toutes inférieures à 200 µg/m³. Les concentrations en NO₂ les plus élevées sont logiquement retrouvées au niveau des voies présentant les trafics les plus élevés (autoroutes).

En moyenne annuelle, les teneurs maximales sur la **zone d’étude** aux horizons futurs 2035 et 2055 sont inférieures à celle en situation actuelle 2020 (entre -61,6 % en situation Projet 2035 et -86,9 % à l’horizon 2055 en situation Fil de l’eau Avec Demi-Diffuseur), 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 scénario AME ; baisse des émissions unitaires des véhicules), compensant les augmentations de trafic en situation Fil de l’eau et projet.

Au regard des valeurs absolues des concentrations en NO₂ modélisées aux horizons 2035 et 2055 (cf. tableaux suivants) et de la valeur limite réglementaire (40 µg/m³), il est possible de qualifier les variations de concentrations entre situations Projet et Fil de l’Eau comme étant non significatives vis-à-vis de la réglementation au niveau des **lieux vulnérables**, de **l’emprise projet** et **des zones d’habitation hors projet**.

En se référant aux cartes de différence des concentrations modélisées, il est possible de constater que les hausses maximales des concentrations en dioxyde d’azote dans l’air ambiant sont logiquement localisées au niveau des brins où le trafic augmente le plus.

Par ailleurs, le scénario projet avec demi-diffuseur induit une diminution des teneurs en NO₂ sur la zone d’étude comparativement au scénario projet sans demi-diffuseur.

Les valeurs réglementaires relatives au dioxyde d’azote, ainsi que les résultats des modélisations sont disponibles dans les tableaux suivants.

Tableau 18 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d’azote – moyenne annuelle

NO ₂ (µg/m ³) Moyenne annuelle	Valeur limite			40 µg/m ³			
	2020 Actuel	2035 Fil de l’eau	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
ZONE ETUDE - MAX	43,4	16,5	16,7	5,7	5,7	5,7	5,7
ZONE RIVERAINS - MAX	31,6	12,0	12,1	4,1	4,2	4,1	4,1
MAX CRECHES	20,7	7,8	7,9	2,7	2,7	2,6	2,7
MATERNELLE	15,0	5,7	5,8	2,0	2,0	1,9	2,0
PRIMAIRE	15,2	5,7	5,9	2,0	2,0	2,0	2,0
Max Zone Projet	43,4	16,5	16,7	5,7	5,7	5,7	5,7
<i>Nota Bene</i>	<i>Ces résultats considèrent l’effet des émissions des brins routiers du réseau d’étude (incluant les autoroutes A8 et A57) additionné aux concentrations de fond de la zone d’étude.</i>						

Tableau 19 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d’azote – Maximum moyenne horaire et percentile 99,8 des concentrations moyennes horaires

NO ₂ (µg/m ³) Maximum en moyenne horaire	Valeur limite			200 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an			
	2020 Actuel	2035 Fil de l’eau	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
ZONE ETUDE - MAX	187,5	71,4	71,5	24,5	24,6	24,5	24,5
ZONE RIVERAINS - MAX	153,0	58,5	58,6	20,1	20,1	20,0	20,1
MAX CRECHES	58,2	22,1	22,2	7,6	7,7	7,5	7,5
MATERNELLE	47,4	17,6	18,3	6,2	6,5	6,0	6,2
PRIMAIRE	46,9	17,6	18,3	6,2	6,4	6,0	6,2
Max Zone Projet	166,6	63,7	63,8	21,9	21,9	21,8	21,9
NO ₂ (µg/m ³) Percentile 99,8 des concentrations moyennes horaires	2020 Actuel	2035 Fil de l’eau	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
ZONE ETUDE - MAX	186,7	71,1	71,2	24,5	24,5	24,4	24,5
ZONE RIVERAINS - MAX	153,0	58,5	58,6	20,1	20,1	20,0	20,1
MAX CRECHES	58,2	22,1	22,2	7,6	7,7	7,5	7,5
MATERNELLE	47,4	17,2	18,2	6,2	6,5	5,7	6,0
PRIMAIRE	45,1	16,4	17,3	5,9	6,2	5,5	5,8
Max Zone Projet	166,5	63,7	63,8	21,8	21,9	21,8	21,9
<i>Nota Bene</i>	<i>Ces résultats considèrent l’effet des émissions des brins routiers du réseau d’étude (incluant les autoroutes A8 et A57) additionné aux concentrations de fond de la zone d’étude.</i>						

Les planches suivantes illustrent les cartographies des isocontours des concentrations annuelles en NO₂ – aux différents horizons et situations étudiés.

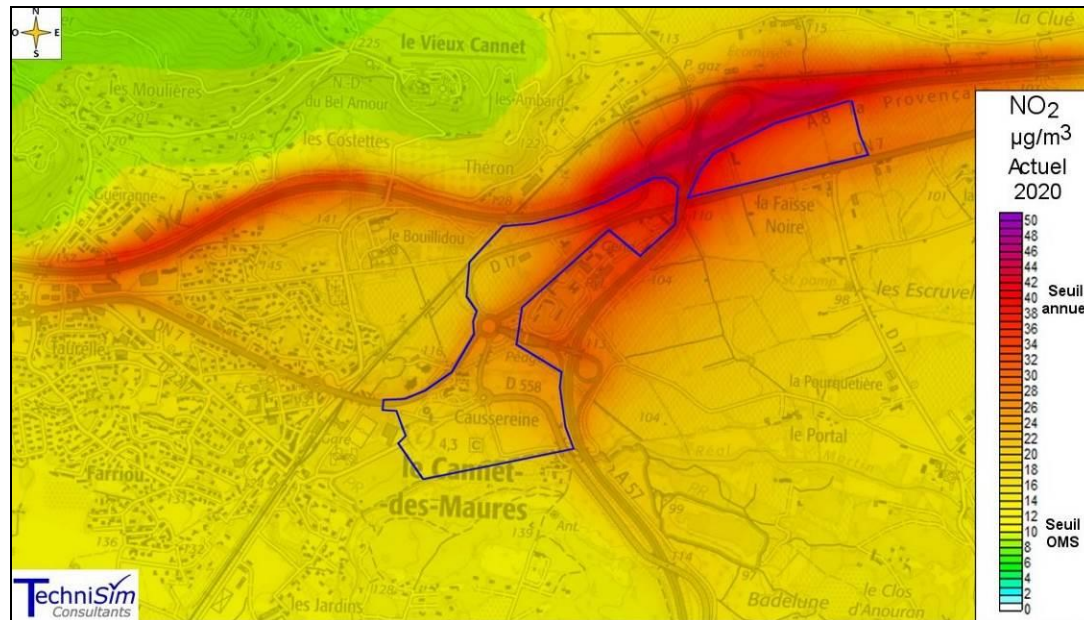


Figure 38 : Concentrations en NO₂ – Moyenne annuelle – Situation N°1 – Actuel 2020

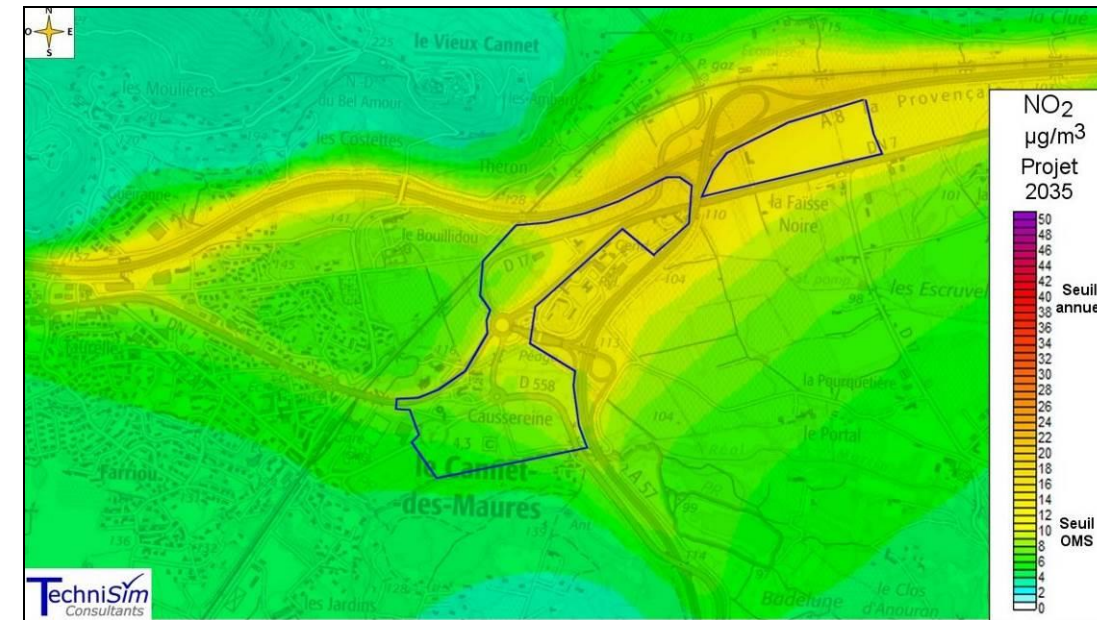


Figure 40 : Concentrations en NO₂ – Moyenne annuelle – Situation N°3 – 2035 – Projet

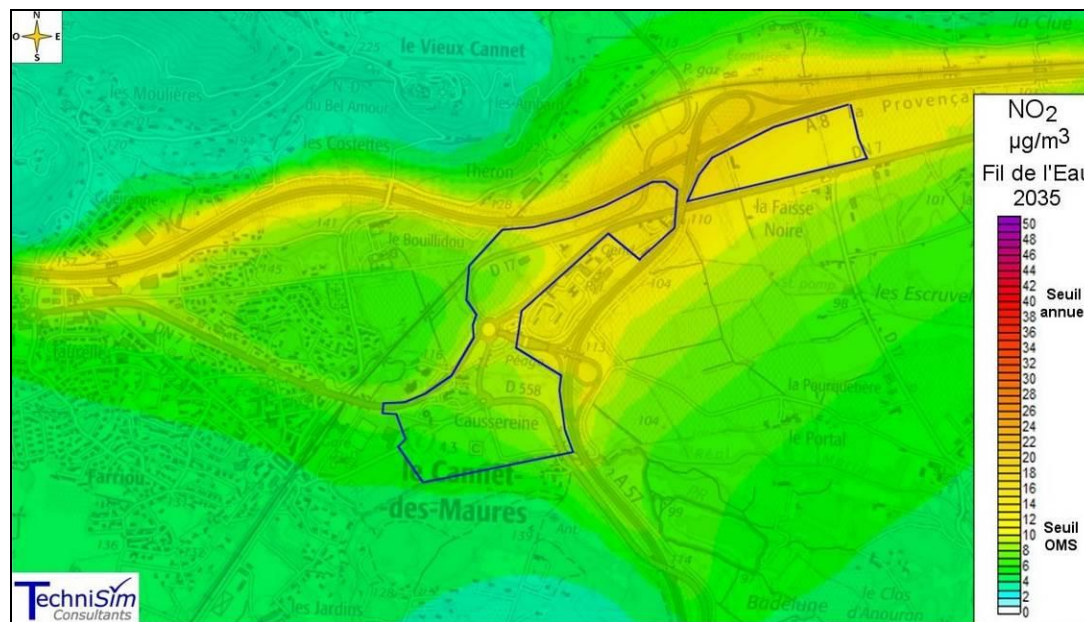


Figure 39 : Concentrations en NO₂ – Moyenne annuelle – Situation N°2 – 2035 – Fil de l'eau

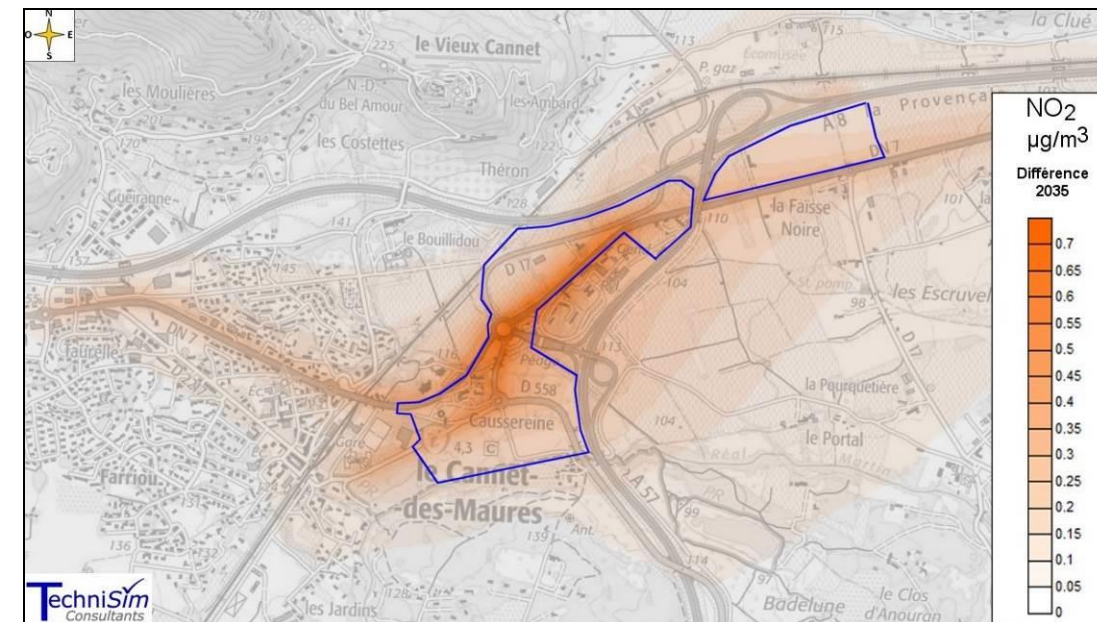


Figure 41 : Différence de concentration en dioxyde d'azote entre la situation Projetée 2035 et Fil de l'eau 2035 (Situation 3 - Situation 2)

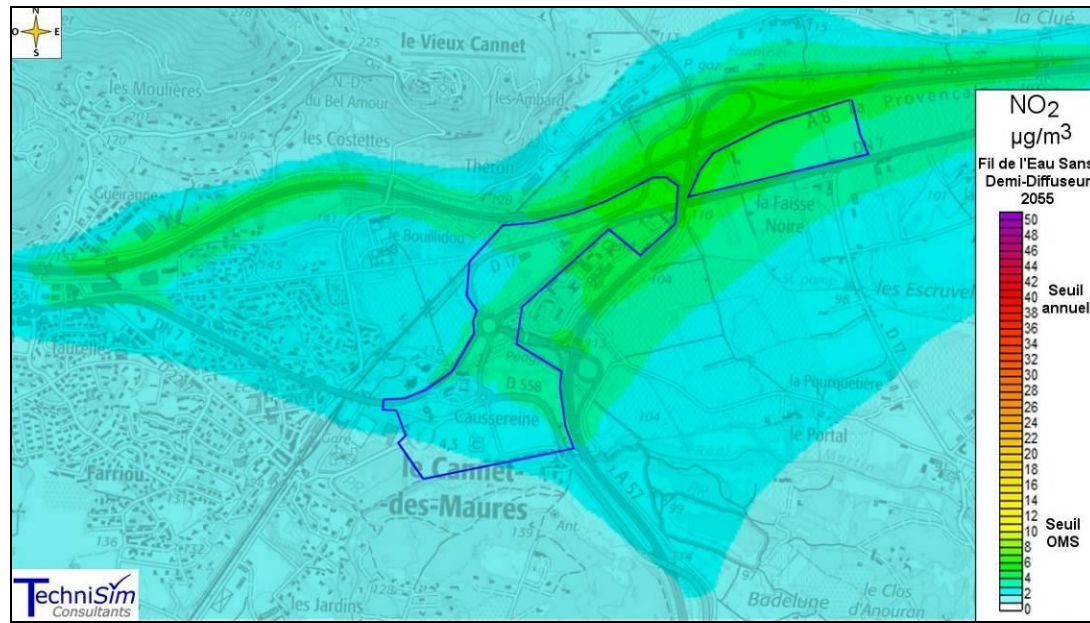


Figure 42 : Concentrations en NO₂ – Moyenne annuelle – Situation N°4 – 2055 – Sans Demi-Diffuseur - Fil de l'Eau

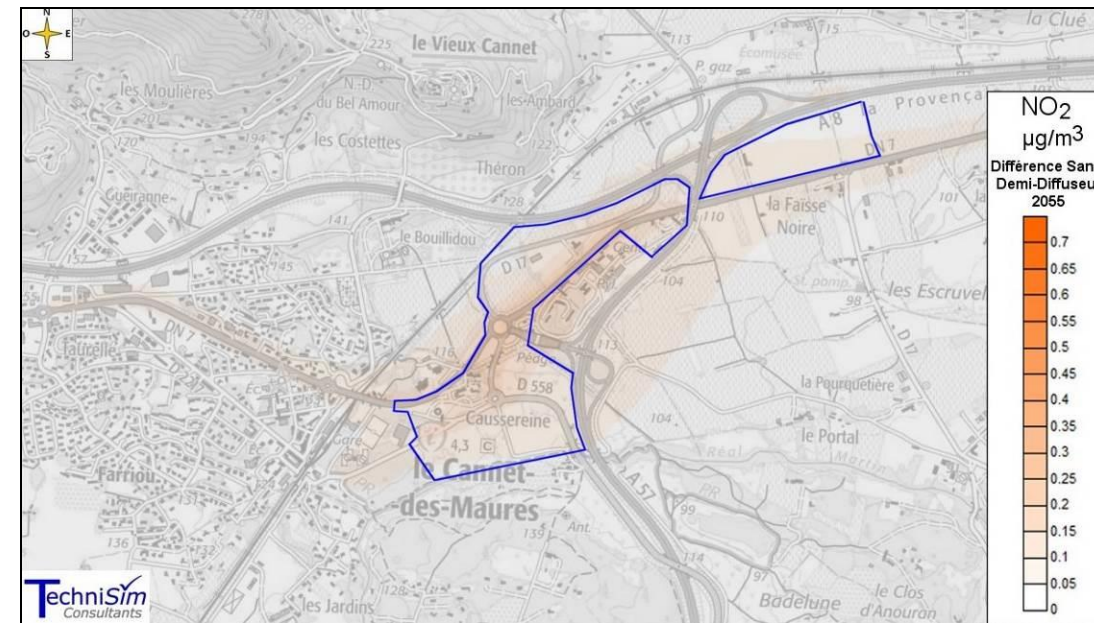


Figure 44 : Différence de concentration en dioxyde d'azote entre la situation Projetée 2055 et Fil de l'eau 2055 sans Demi-Diffuseur (Situation 5 - Situation 4)

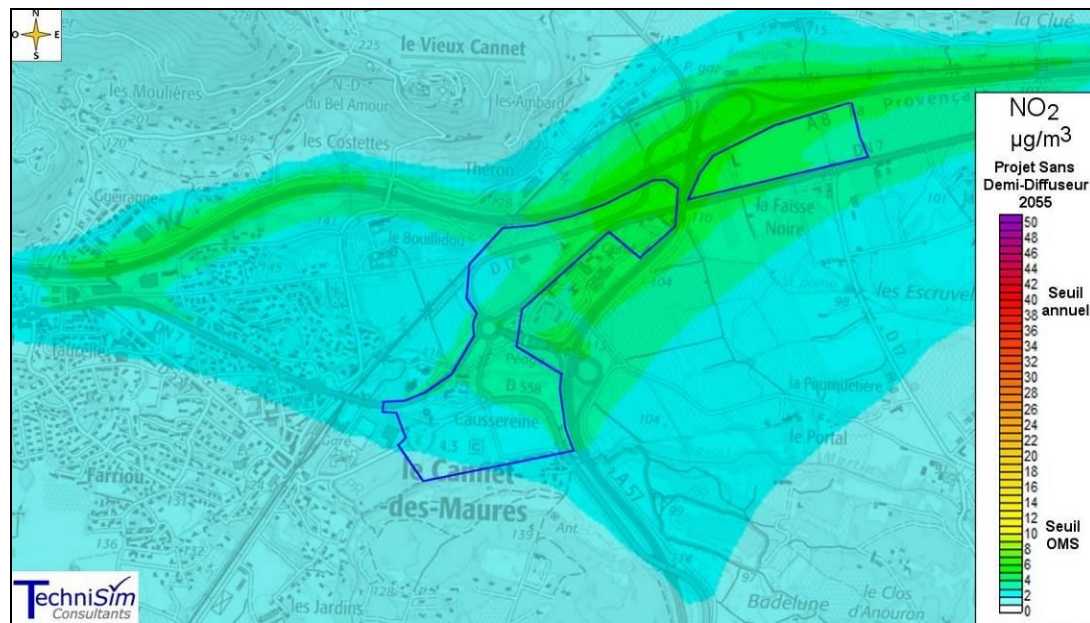


Figure 43 : Concentrations en NO₂ – Moyenne annuelle – Situation N°5 – 2055 – Sans Demi-Diffuseur - Projet

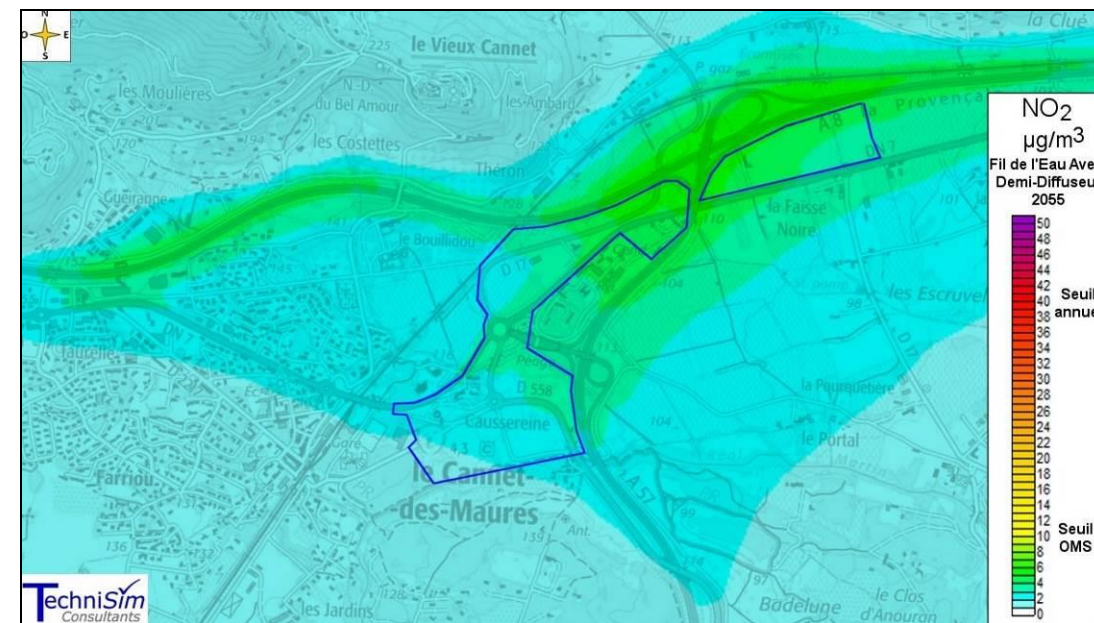


Figure 45 : Concentrations en NO₂ – Moyenne annuelle – Situation N°6 – 2055 – Avec Demi-Diffuseur - Fil de l'Eau

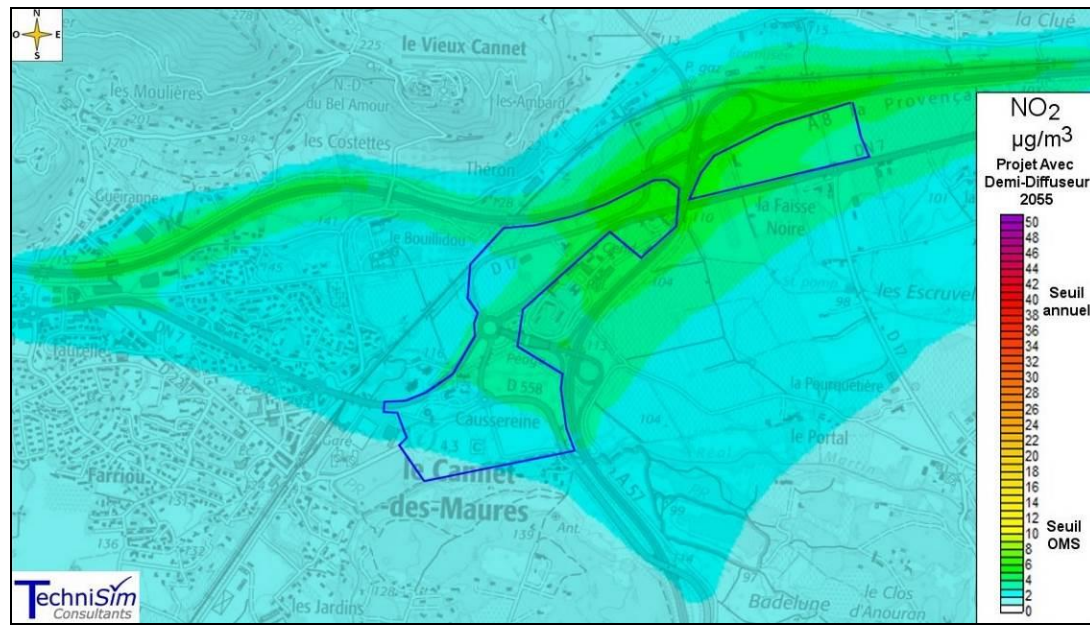


Figure 46 : Concentrations en NO₂ – Moyenne annuelle – Situation N°7 – 2055 – Avec Demi-Diffuseur - Projet



Figure 48 : Différence de concentration en dioxyde d'azote entre les situations Projetée 2055 Avec/Sans Demi-Diffuseur (Situation 7 – Situation 5)

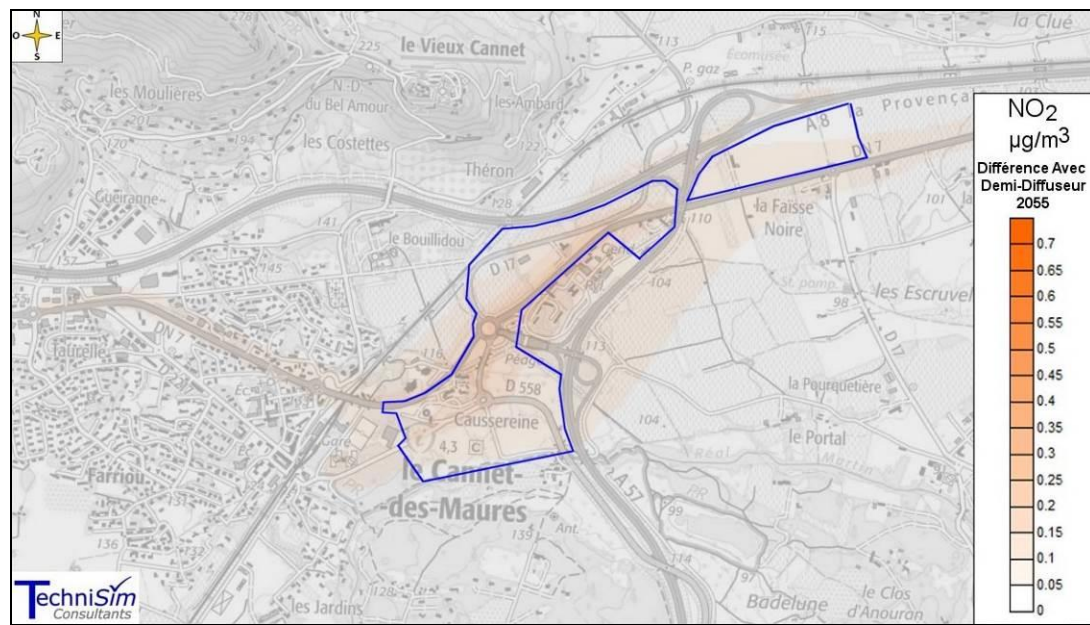


Figure 47 : Différence de concentration en dioxyde d'azote entre la situation Projetée 2055 et Fil de l'eau 2055 avec Demi-Diffuseur (Situation 7 - Situation 6)

Particules PM10 et PM2,5

En considérant les émissions provenant des voies de circulation du réseau d'étude ainsi que celles des voies autoroutières de la zone d'étude et les teneurs de fond, 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 plus généralement sur l'ensemble de la zone d'étude, pour toutes les situations et les horizons.

Il en va de même pour la réglementation journalière des PM10, le nombre de dépassement de la valeur seuil demeure dans la fourchette autorisée de 35 journées.

Les concentrations en PM10 et PM2,5 les plus élevées sont logiquement retrouvées au niveau des voies présentant les trafics les plus importants.

En moyenne annuelle, les teneurs maximales en PM10 et PM2,5 sur l'ensemble de la zone d'étude aux horizons futurs 2035 et 2055 sont inférieures à celle en situation Actuelle 2020 :

***PM10 : entre -15,4 % en situation Projet sans Demi-Diffuseur 2055 et -24,4 % en situation Fil de l'Eau 2035).**

***PM2,5 : entre -33,9 % en situation Projet sans Demi-Diffuseur 2055 et -39,6 % en situation Fil de l'Eau 2035).**

Au regard des valeurs absolues des concentrations en PM10 et PM2,5 modélisées en situations 2035 et 2055 (cf. tableaux ci-après), et des valeurs limites réglementaires (40 µgPM10/m³ et 25 µgPM2,5/m³), il est possible de qualifier les variations de concentrations entre situations Projet et Fil de l'Eau comme étant non significatives (vis-à-vis de la réglementation) au niveau des **lieux vulnérables**, de **l'emprise projet** et plus généralement de **la zone d'étude**.

En se référant aux cartes de différence des concentrations modélisées, il est possible de constater que les hausses maximales des concentrations en particules dans l'air ambiant sont logiquement localisées au niveau des voies dont le trafic augmente le plus.

Par ailleurs, le scénario projet avec demi-diffuseur induit une diminution des teneurs en NO₂ sur la zone d'étude comparativement au scénario projet sans demi-diffuseur.

Les tableaux suivants synthétisent les valeurs réglementaires concernant les particules PM10, ainsi que les résultats des modélisations.

Tableau 20 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne annuelle

PM10 (µg/m ³) Moyenne annuelle	Valeur limite			40 µg/m ³			
	2020 Actuel	2035 Fil de l'eau	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
ZONE ETUDE - MAX	25,0	18,9	19,0	21,1	21,2	21,0	21,1
ZONE RIVERAINS - MAX	22,4	16,9	16,9	18,8	18,9	18,7	18,8
MAX CRECHES	20,4	15,4	15,5	17,2	17,3	17,0	17,1
MATERNELLE	19,4	14,7	14,8	16,4	16,5	16,3	16,4
PRIMAIRE	19,4	14,7	14,8	16,4	16,5	16,3	16,4
Max Zone Projet	25,0	18,9	19,0	21,1	21,2	21,0	21,1
Nota Bene	<i>Ces résultats considèrent l'effet des émissions des brins routiers du réseau d'étude (incluant les autoroutes A8 et A57) et des émissions du passage des trains sur la ligne 930, additionné aux concentrations de fond de la zone d'étude.</i>						

Tableau 21 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – maximum en moyenne journalière et percentile 90,4 des concentrations moyennes journalières

PM10 (µg/m ³) Maximum en moyenne journalière	Valeur limite			50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an			
	2020 Actuel	2035 Fil de l'eau	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
ZONE ETUDE - MAX	31,0	23,1	23,2	25,7	25,8	25,6	25,6
ZONE RIVERAINS - MAX	26,5	19,7	19,8	22,0	22,1	21,7	21,8
MAX CRECHES	21,4	15,9	16,1	17,7	17,8	17,5	17,6
MATERNELLE	21,2	15,9	16,1	17,6	17,9	17,4	17,6
PRIMAIRE	21,3	15,9	16,1	17,7	17,9	17,5	17,7
Max Zone Projet	29,9	22,3	22,6	24,9	25,1	24,5	24,7
PM10 (µg/m ³) Percentile 90,4 des concentrations moyennes journalières	2020 Actuel	2035 Fil de l'eau	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
ZONE ETUDE - MAX	24,6	18,3	18,4	20,3	20,4	20,3	20,4
ZONE RIVERAINS - MAX	21,8	16,1	16,2	17,9	18,0	17,8	17,8
MAX CRECHES	19,9	14,7	14,8	16,4	16,5	16,3	16,3
MATERNELLE	19,2	14,3	14,4	15,9	16,0	15,8	15,9
PRIMAIRE	19,2	14,3	14,4	15,9	16,0	15,8	15,9
Max Zone Projet	24,2	17,9	18,0	19,9	20,0	19,9	19,9
Nota Bene	<i>Ces résultats considèrent l'effet des émissions des brins routiers du réseau d'étude (incluant les autoroutes A8 et A57) et des émissions du passage des trains sur la ligne 930, additionné aux concentrations de fond de la zone d'étude.</i>						

Les cartographies ci-après représentent les isocontours des concentrations annuelles en PM10, modélisées aux différents horizons et situations étudiés.

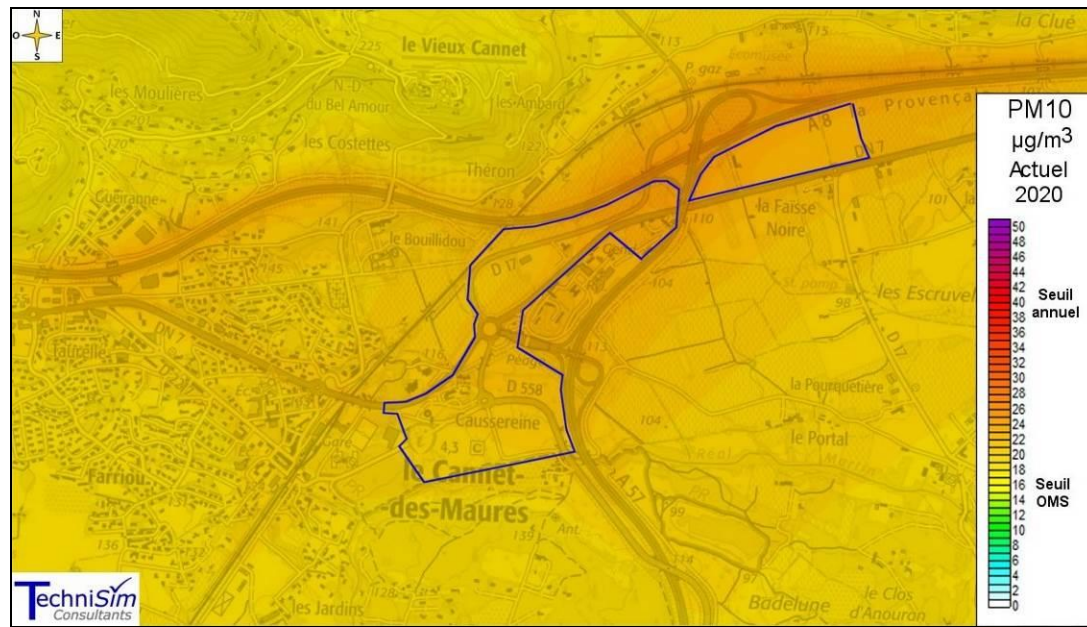


Figure 49 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°1 – Actuel 2020



Figure 51 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°3 – 2035 – Projet

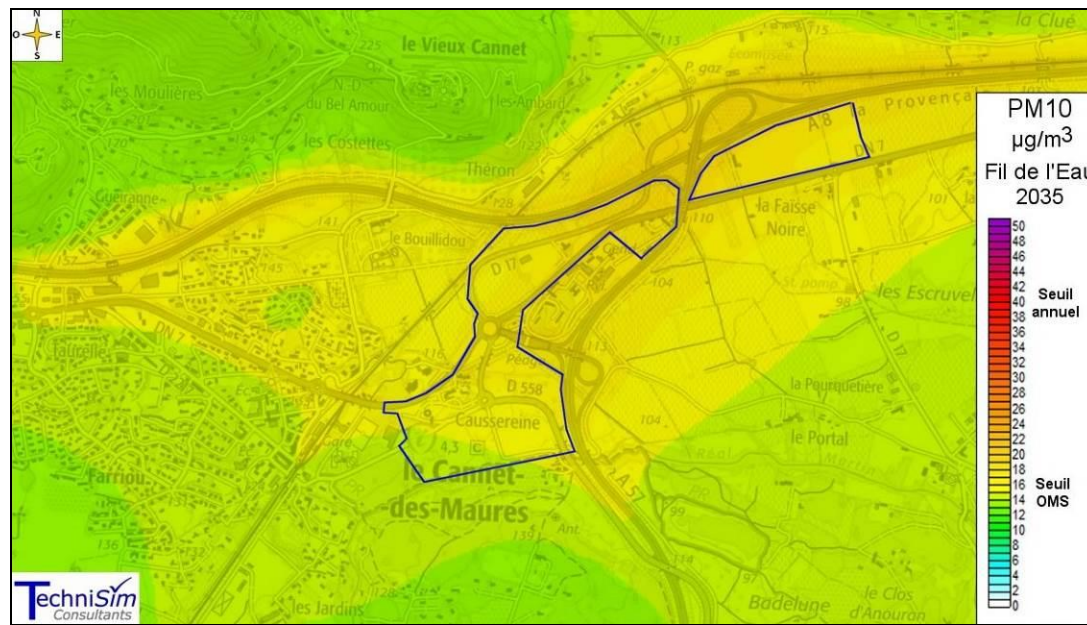


Figure 50 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°2 – 2035 – Fil de l'eau

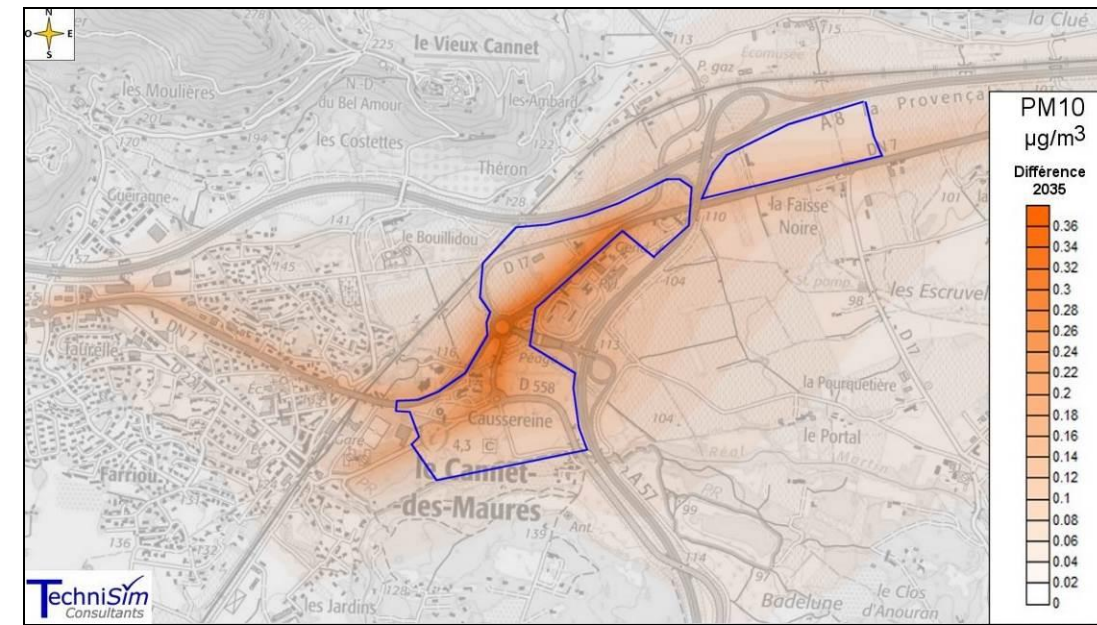


Figure 52 : Différence de concentration en PM10 entre la situation Projet 2035 et Fil de l'eau 2035 (Situation 3-Situation 2)

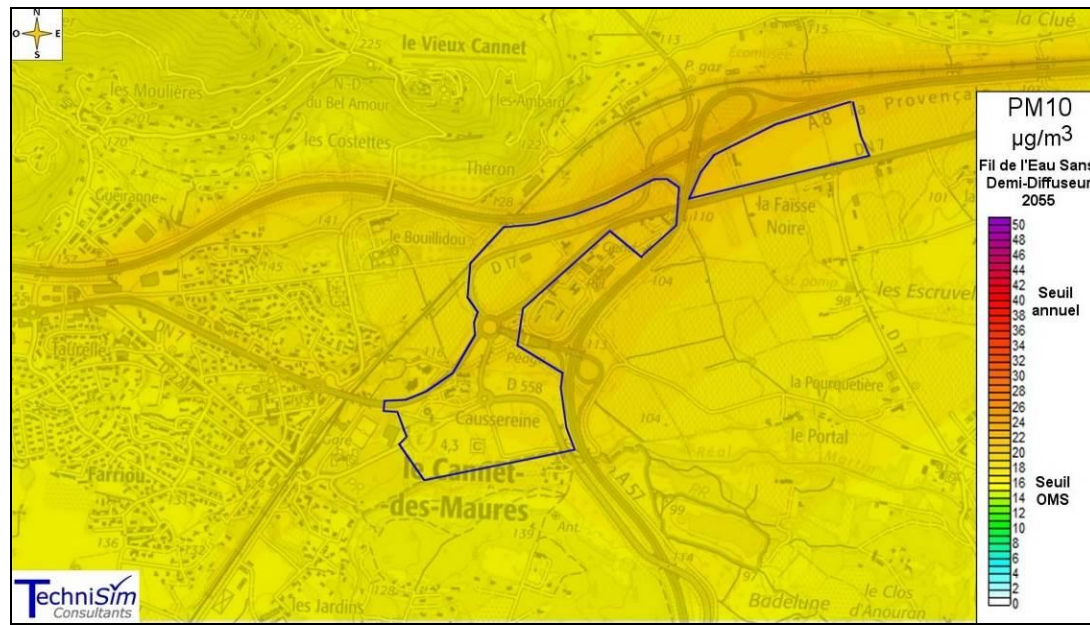


Figure 53 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°4 – 2055 – Sans Demi-Diffuseur - Fil de l'Eau

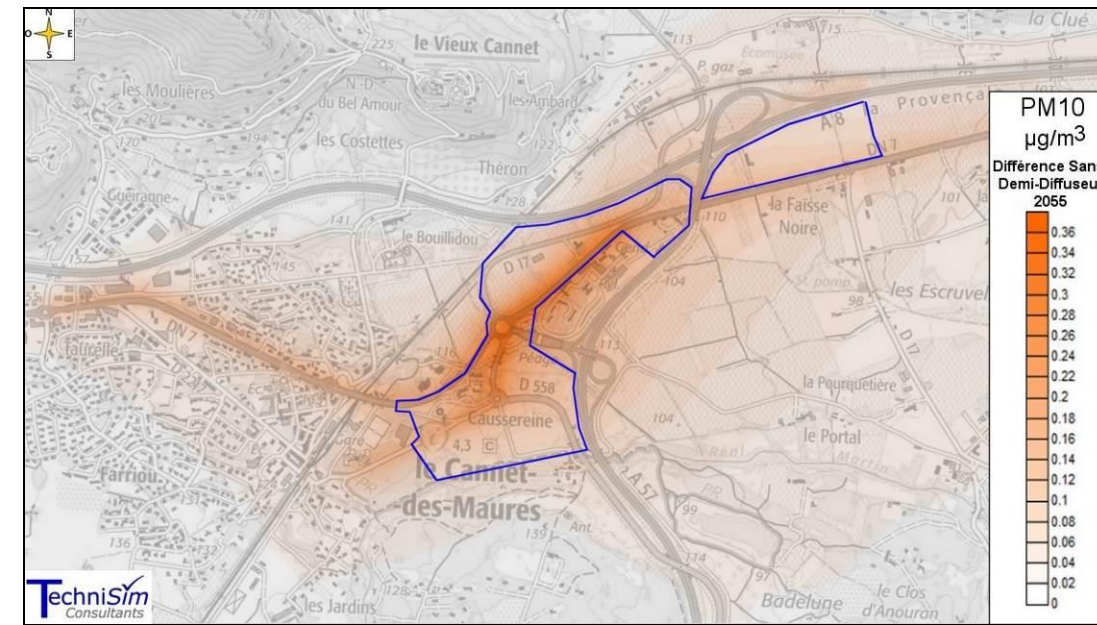


Figure 55 : Différence de concentration en PM10 entre la situation Projetée 2055 et Fil de l'eau 2055 sans Demi-Diffuseur (Situation 5 - Situation 4)

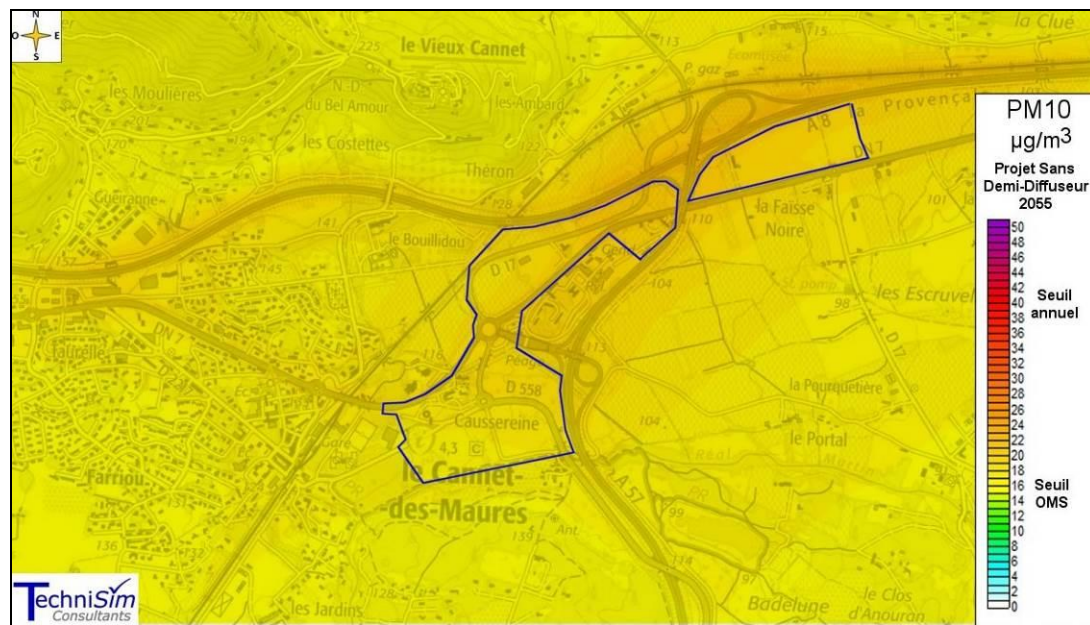


Figure 54 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°5 – 2055 – Sans Demi-Diffuseur - Projet

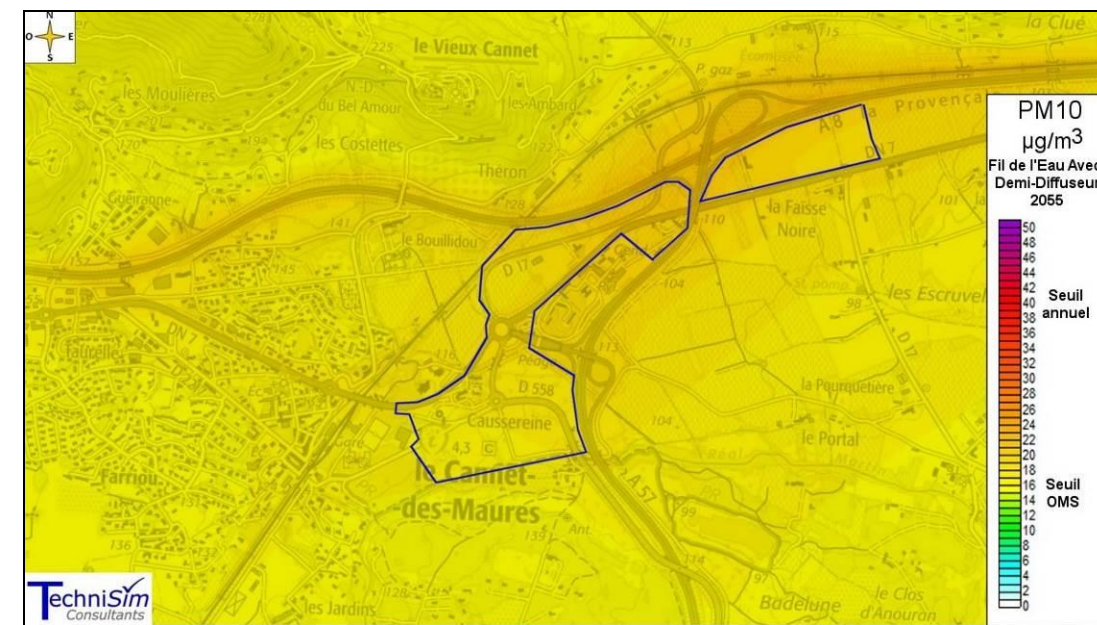


Figure 56 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°6 – 2055 – Avec Demi-Diffuseur - Fil de l'Eau

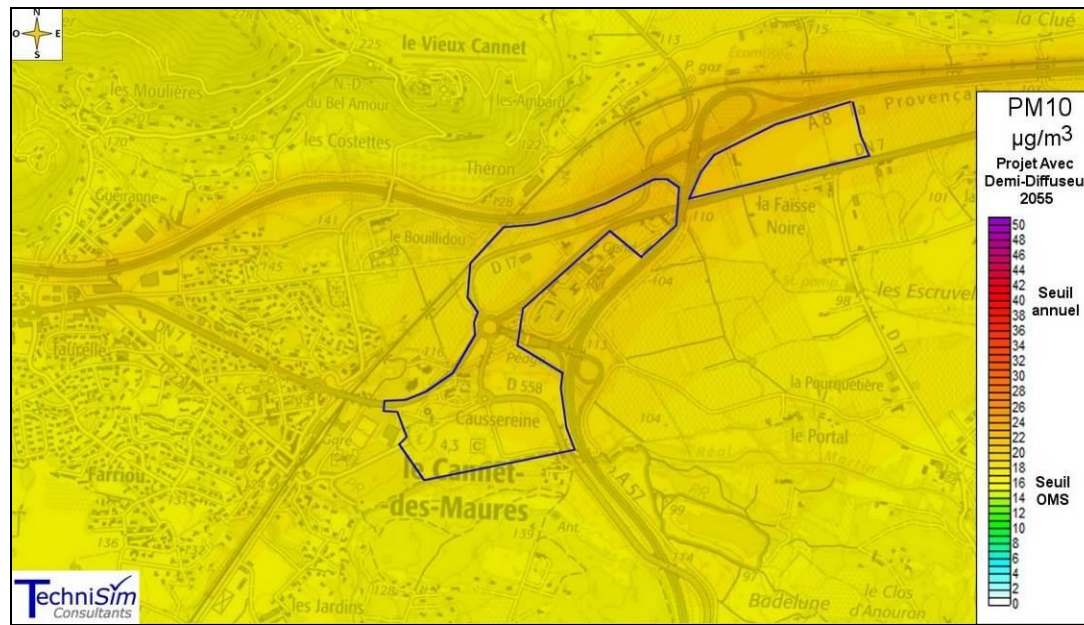


Figure 57 : Concentrations en PM10 – Moyenne annuelle – Situation N°7 – 2055 – Avec Demi-Diffuseur - Projet



Figure 59 : Différence de concentration en PM10 entre les situations Projetée 2055 Avec/Sans Demi-Diffuseur (Situation 7 – Situation 5)

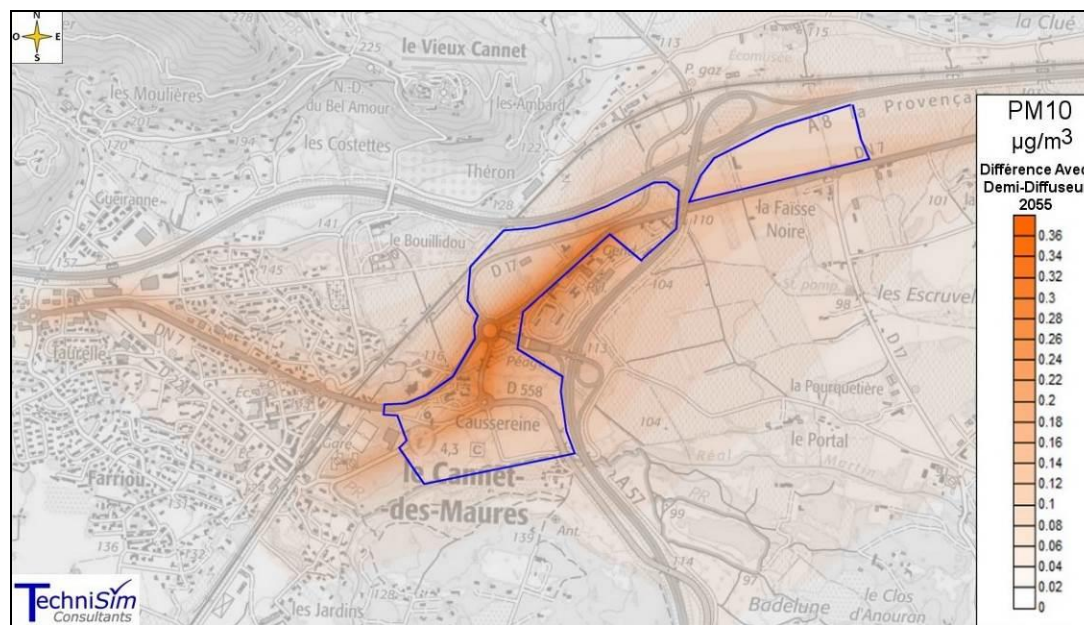


Figure 58 : Différence de concentration en PM10 entre la situation Projetée 2055 et Fil de l'eau 2055 avec Demi-Diffuseur (Situation 7 - Situation 6)

Le tableau ci-après résume les valeurs réglementaires relatives aux particules PM2,5, ainsi que les résultats des modélisations.

Tableau 22 : Résultats des modélisations pour les particules PM2,5 – moyenne annuelle

PM2,5 (µg/m³) Moyenne annuelle	Valeur limite			25 µg/m³			
	2020 Actuel	2035 Fil de l'eau	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
ZONE ETUDE - MAX	15,9	9,6	9,7	10,5	10,5	10,5	10,5
ZONE RIVERAINS - MAX	14,3	8,7	8,7	9,5	9,5	9,4	9,4
MAX CRECHES	12,8	7,8	7,8	8,5	8,5	8,4	8,4
MATERNELLE	11,9	7,2	7,3	7,9	7,9	7,8	7,9
PRIMAIRE	11,9	7,2	7,3	7,9	7,9	7,8	7,9
Max Zone Projet	15,9	9,6	9,7	10,5	10,5	10,5	10,5
Nota Bene	<i>Ces résultats considèrent l'effet des émissions des brins routiers du réseau d'étude (incluant les autoroutes A8 et A57) additionné aux concentrations de fond de la zone d'étude.</i>						

Les cartographies suivantes présentent les isocontours des concentrations annuelles en PM2,5 modélisées aux différents horizons et situations étudiés.

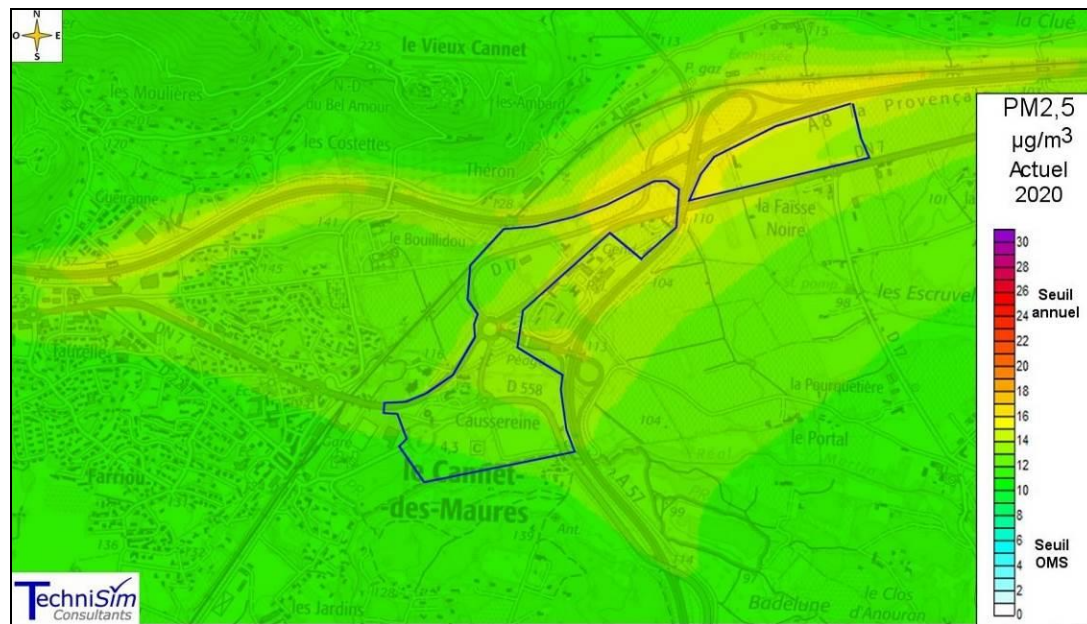


Figure 60 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°1 – Actuel 2020

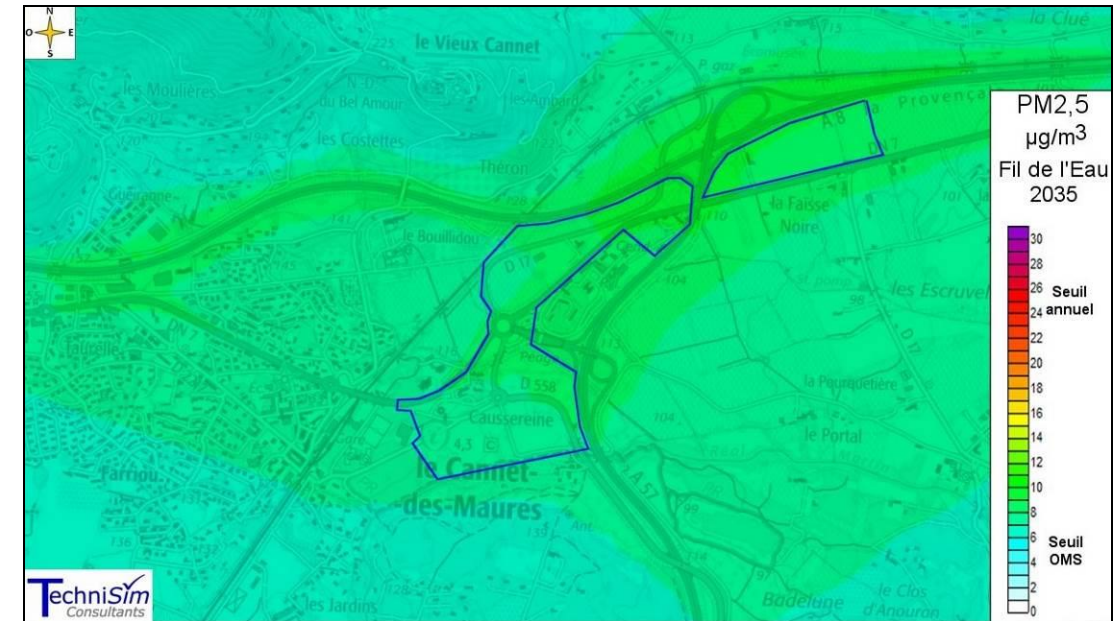


Figure 61 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°2 – 2035 – Fil de l'eau

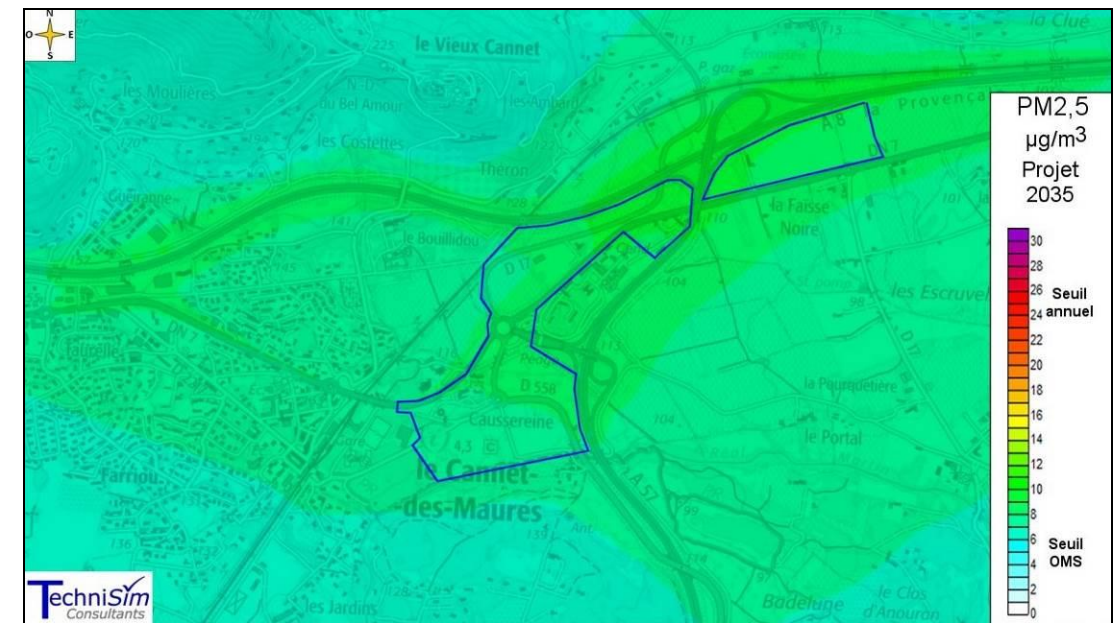


Figure 62 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°3 – 2035 – Projet

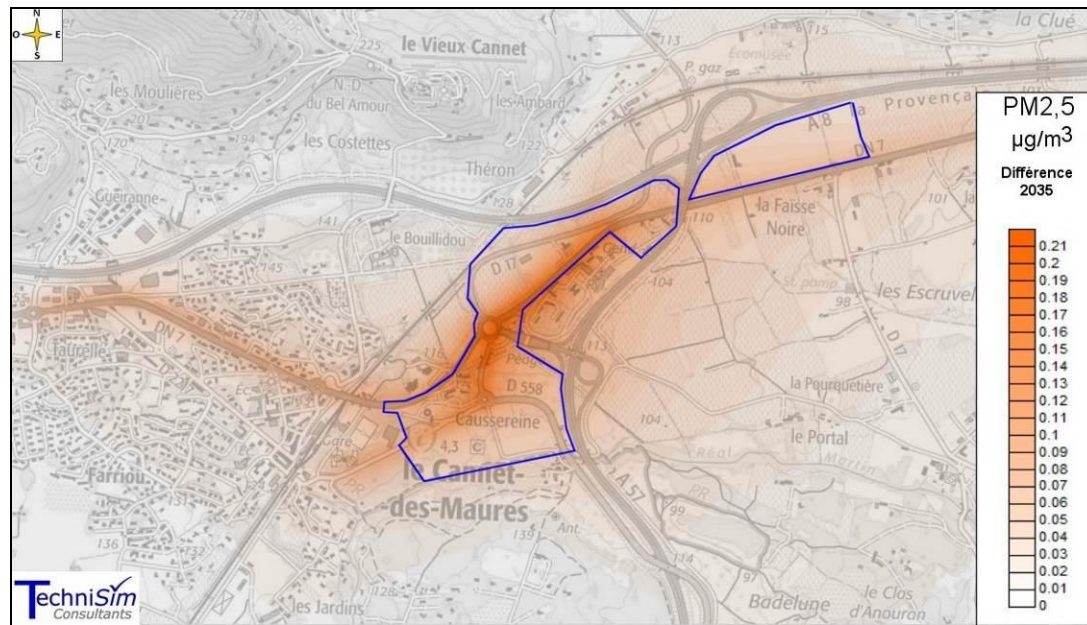


Figure 63 : Différence de concentration en PM2,5 entre la situation Projet 2035 et Fil de l’eau 2035 (Situation 3-Situation 2)

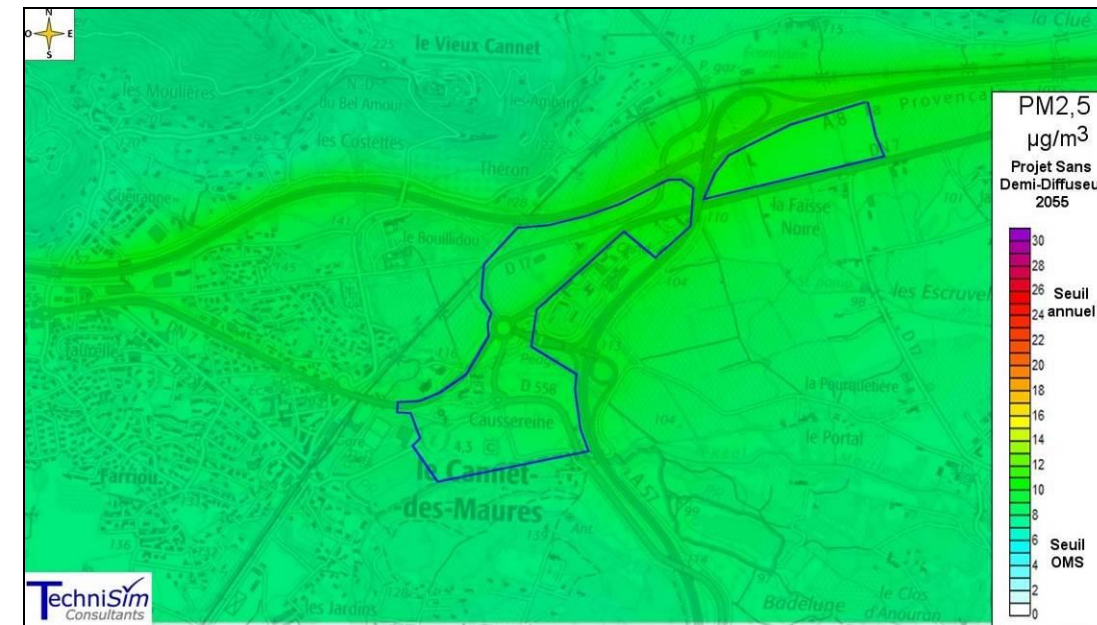


Figure 65 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°5 – 2055 – Sans Demi-Diffuseur Projet

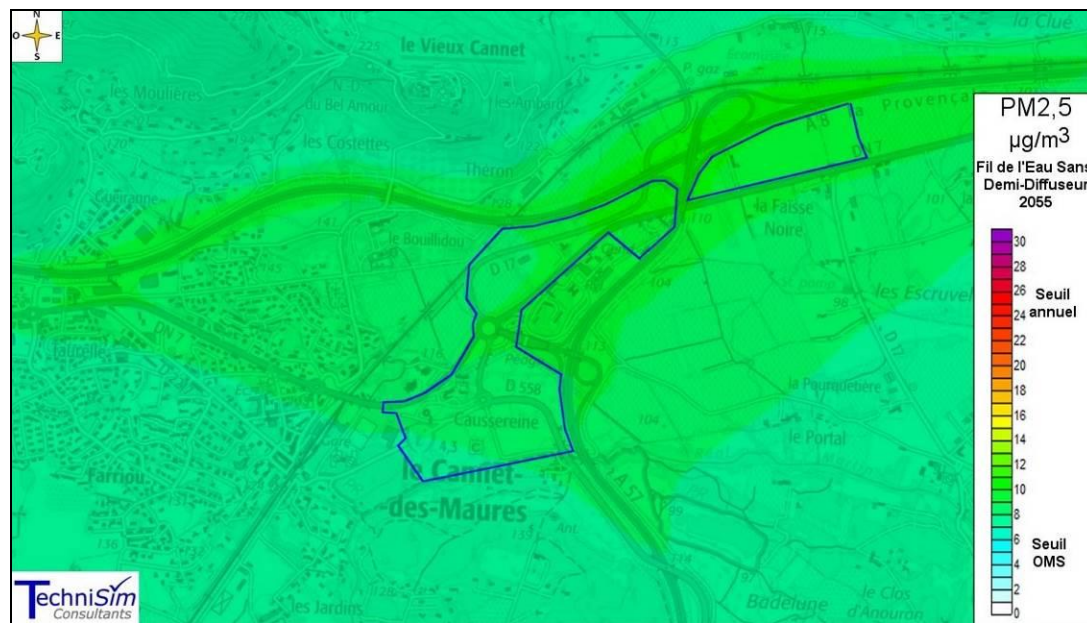


Figure 64 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°4 – 2055 – Sans Demi-Diffuseur Fil de l’Eau

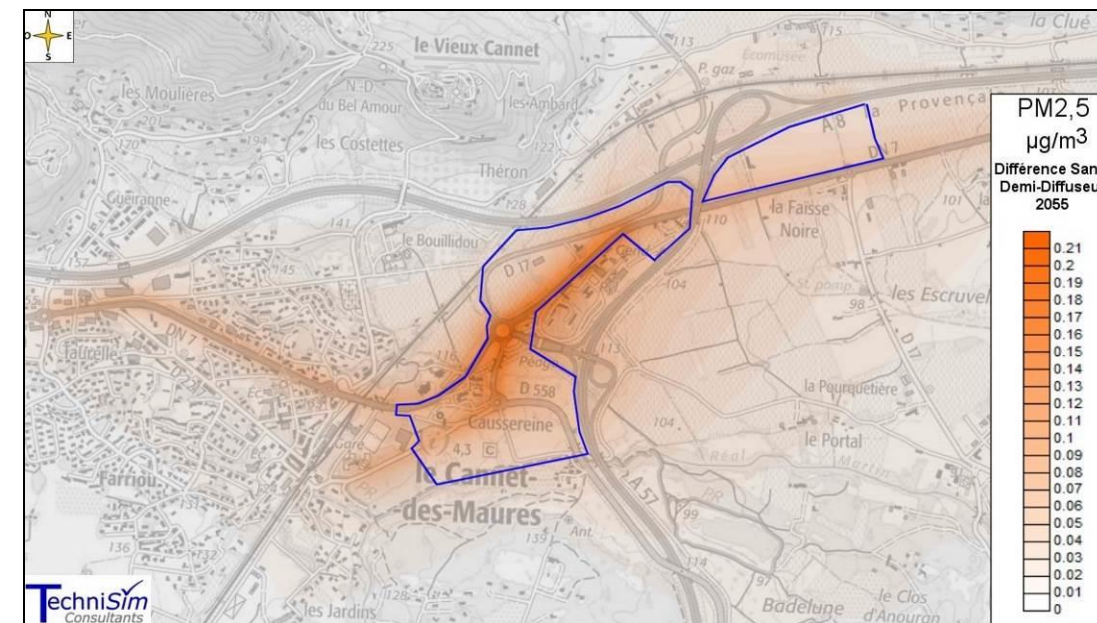


Figure 66 : Différence de concentration en PM2,5 entre la situation Projetée 2055 et Fil de l’eau 2055 sans Demi-Diffuseur (Situation 5 - Situation 4)

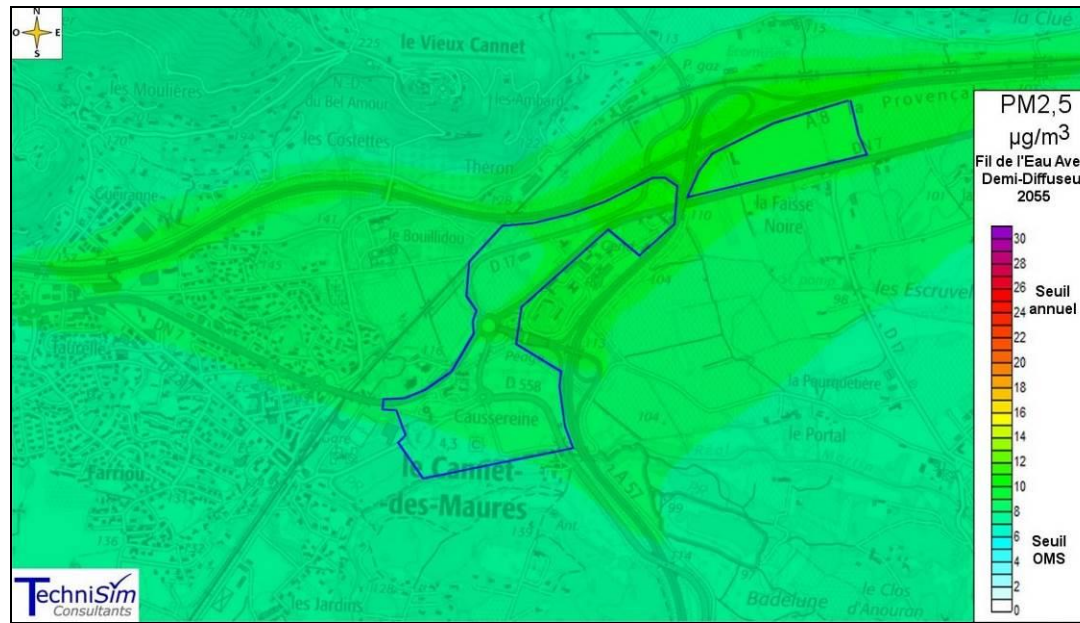


Figure 67 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°6 – 2055 – Avec Demi-Diffuseur Fil de l’Eau

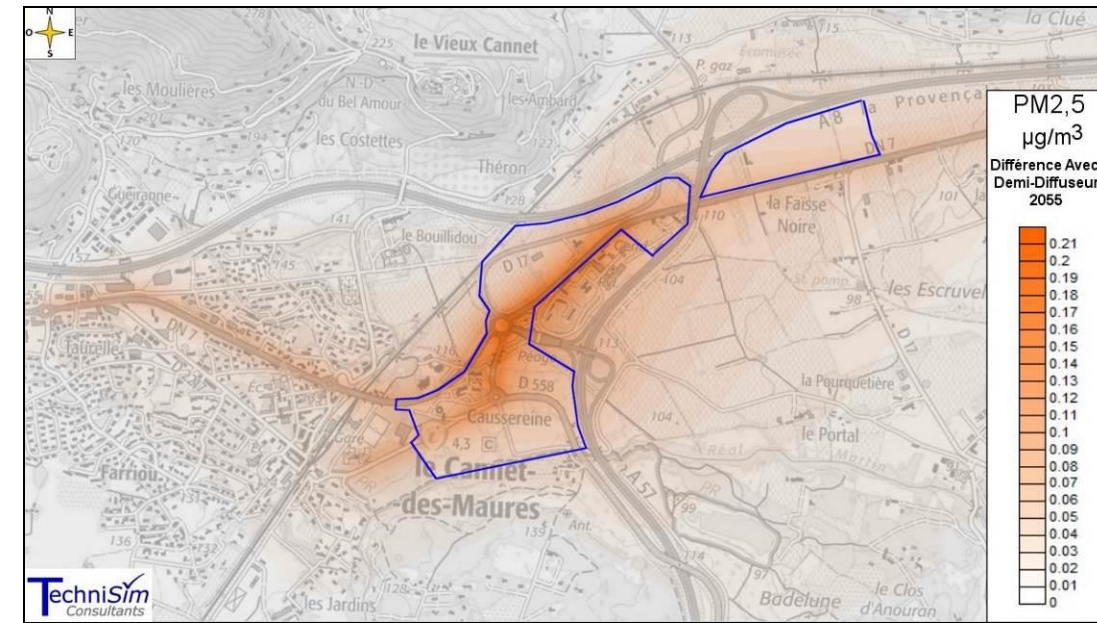


Figure 69 : Différence de concentration en PM2,5 entre la situation Projetée 2055 avec Demi-Diffuseur (Situation 7 - Situation 6)

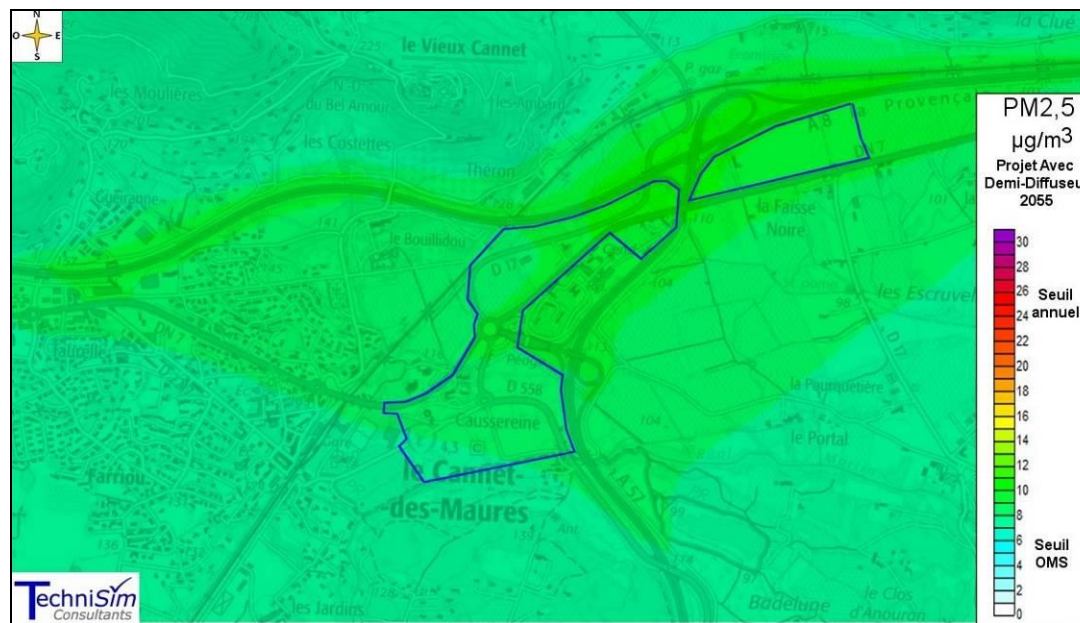


Figure 68 : Concentrations en PM2,5 – Moyenne annuelle – Situation N°7 – 2055 – Avec Demi-Diffuseur Projet



Figure 70 : Différence de concentration en PM2,5 entre les situations Projetée 2055 Avec/Sans Demi-Diffuseur (Situation 7 – Situation 5)

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 toutes les situations simulées.

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 » n'est pas de nature à impacter significativement la qualité de l'air en termes réglementaires pour ce qui est de ces composés.

Tableau 23 : 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)	-

Contribution des émissions ferroviaires aux concentrations en PM10 sur la zone d'étude

Les résultats que l'on retient sont les concentrations en µg/m³ à hauteur d'Homme.

Les concentrations en particules émises dans l'air par le passage des trains sont relevées au niveau de l'emprise projet.

Tableau 24 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 liées aux émissions ferroviaires des trains SNCF– moyenne annuelle et moyenne journalière

PM10 ferroviaire (µg/m³)	Valeur limite : 40 µg/m³	Valeur limite : 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an
	Moyenne annuelle	Moyenne journalière
Max Zone Projet	9,24E-03	1,54E-02
Centile 90	4,80E-03	7,41E-03
Centile 50	3,66E-03	5,57E-03
Centile 10	2,63E-03	4,46E-03
Moyenne	3,74E-03	5,84E-03
Nota Bene	Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions du passage des trains de la ligne SNCF n°930	

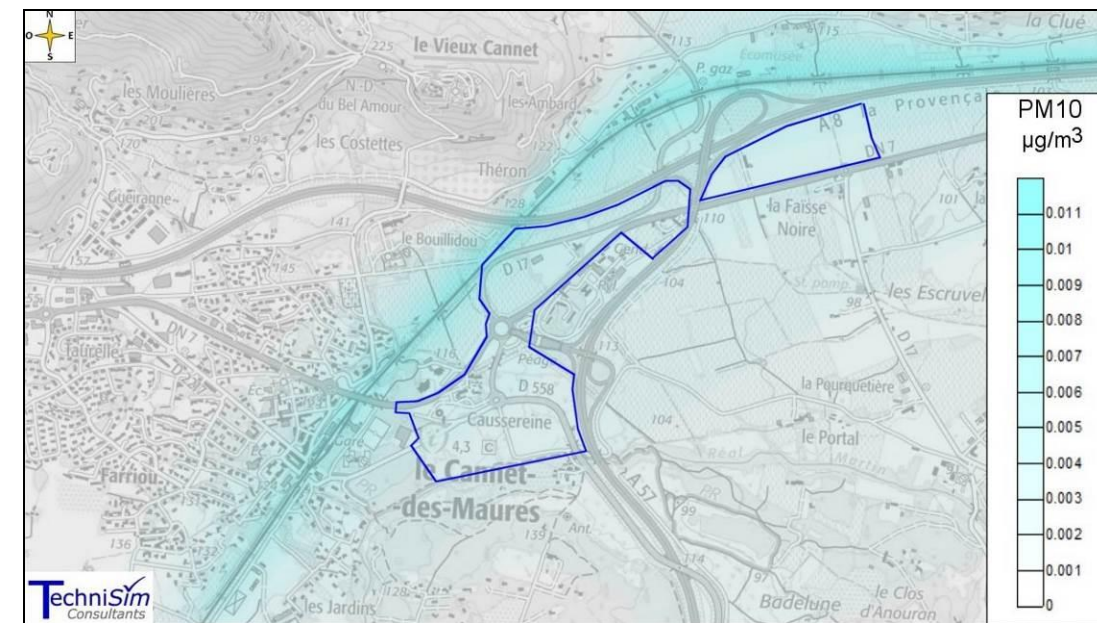


Figure 71 : Concentrations moyennes annuelles dans l'air en PM10 issues de la seule circulation ferroviaire à l'horizon projet (circulation SNCF)

Il est possible de constater que l'influence du transport ferroviaire sur l'exposition aux PM10 des futures populations de la « ZAC VarEcopole » est négligeable. Les concentrations en PM10 dans l'air, sur l'emprise de la ZAC, liées aux émissions ferroviaires sont extrêmement faibles.

7.3. CONCLUSION DE L'IMPACT DU TRAFIC ROUTIER LIÉ AU PROJET SUR LA QUALITÉ DE L'AIR

La réalisation du projet d'aménagement ZAC VarEcopole au Cannet-des-Maures va engendrer une hausse de trafic sur les voies du réseau d'étude, comparativement à la situation actuelle 2020.

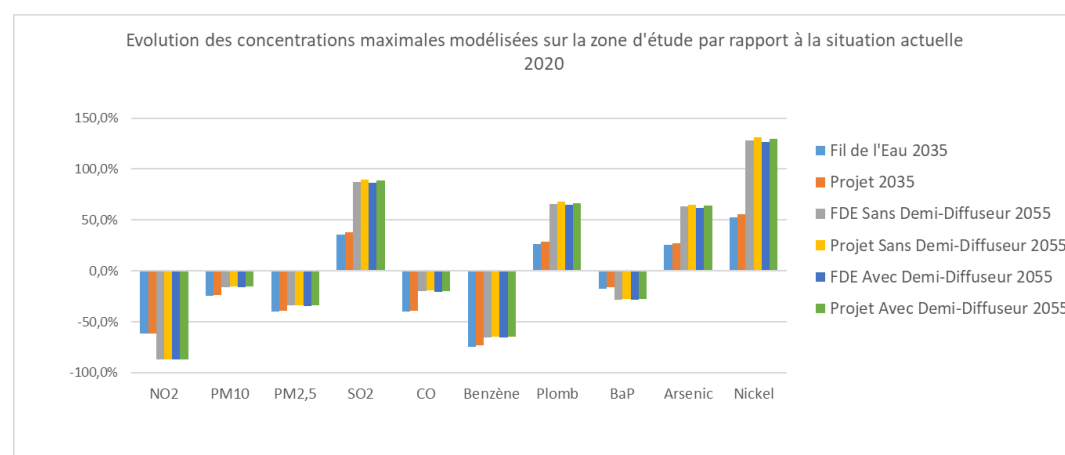


Figure 72 : Évolution pour les principaux polluants des concentrations maximales modélisées sur la zone d'étude aux horizons 2035 et 2055 avec ou sans demi-diffuseur (situations Fil de l'eau, Projet) comparativement à la situation actuelle 2020

Néanmoins, aux horizons futurs 2035 et 2055, les concentrations maximales modélisées sur la zone d'étude diminuent pour les principaux polluants émis à l'échappement par rapport à la situation actuelle 2020 (sauf SO₂ 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 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). Et **ce, malgré l'augmentation globale des volumes de trafic**, par rapport à la situation actuelle 2020.

Les polluants émis également par l'usure et l'abrasion voient quant à eux leurs teneurs maximales sur la zone d'étude diminuer de manière moins importante à l'horizon 2035 (benzo(a)pyrène, particules) voire augmenter pour les métaux.

En tout état de cause, en considérant les émissions de la circulation sur les brins du réseau d'étude additionnées aux concentrations de fond de la zone d'étude pour les principaux polluants (NO₂ et particules PM10 et PM2.5), au niveau des lieux vulnérables (crèches, école maternelle/primaire), de l'emprise projet et globalement de la zone d'étude, les

concentrations calculées aux horizons futur 2035 et 2055 en situations « Fil de l'eau » et « Projet » sont inférieures aux normes réglementaires.

Par rapport à la situation actuelle 2020, il est observé aux horizons futur 2035 et 2055 :

- Pollution atmosphérique : une baisse des concentrations maximales en NO₂, PM10, PM2.5, CO, benzène et BaP sur la zone d'étude aux horizons futurs mais une hausse des concentrations maximales en SO₂, arsenic et nickel ;
- Enjeux populationnels (lieux vulnérables, habitations hors projet et futurs lieux de travail et logements en projet) :
 - Une baisse en situations « Fil de l'eau » et « Projet », des concentrations en polluants émis à l'échappement (traceur NO₂) est observée au niveau des lieux vulnérables, habitations existantes en l'état actuel et de l'emprise projet.
 - Pour les polluants émis également par l'abrasion (traceur PM10), il est également observé une diminution des concentrations en situation « Fil de l'eau » et « Projet » au niveau des lieux vulnérables, des habitations existantes à l'état actuel et de l'emprise projet.

Les impacts du projet sont, par rapport à la situation « Fil de l'eau » correspondante :

- Pollution atmosphérique : une variation négligeable des concentrations maximales en polluants sur la zone d'étude (environ +1,48 % en 2035, +1,13 % en 2055 sans demi-échangeur et +1,07 % en 2055 avec demi-échangeur; en moyenne sur les polluants réglementés). Les hausses maximales de concentrations sont situées logiquement au niveau des voies de circulation ayant le plus de trafic, mais demeurent faibles en valeurs absolues (augmentation maximale de 0,68 µgNO₂/m³ en 2035).
- Enjeux populationnels (lieux vulnérables et habitations existantes / futures résidences ou lieux de travail en projet) : il est constaté une légère hausse négligeable des concentrations en polluants au niveau des lieux vulnérables existants à l'état actuel, des habitations existantes et de l'emprise projet.

Pour conclure, la réalisation du projet « ZAC VarEcopole » au Cannet-des-Maures et les hausses de trafic associées sur la zone d'étude ne sont pas de nature à influencer significativement sur les concentrations en polluants en termes réglementaires, que ce soit au niveau des habitations et des lieux vulnérables existants (crèches, écoles maternelle/primaire) et de l'emprise projet, comparativement à la situation « Fil de l'eau » correspondante.

Par ailleurs, le scénario projet avec demi-diffuseur induit une diminution des teneurs en NO₂ sur la zone d'étude comparativement au scénario projet sans demi-diffuseur.

8. EXPOSITION DES POPULATIONS - INDICE POLLUTION POPULATION

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

Cet indicateur ne reflète effectivement pas l'exposition absolue de la population à la pollution atmosphérique. Il ne considère que le lieu de résidence, et non pas le quotidien de chaque individu. Néanmoins, cet indice permet une première analyse des différences entre les scénarios étudiés.

L'IPP résulte du croisement des concentrations des polluants retenus (ici : dioxyde d'azote ; traceur de la pollution automobile) et des populations exposées sur la zone d'étude.

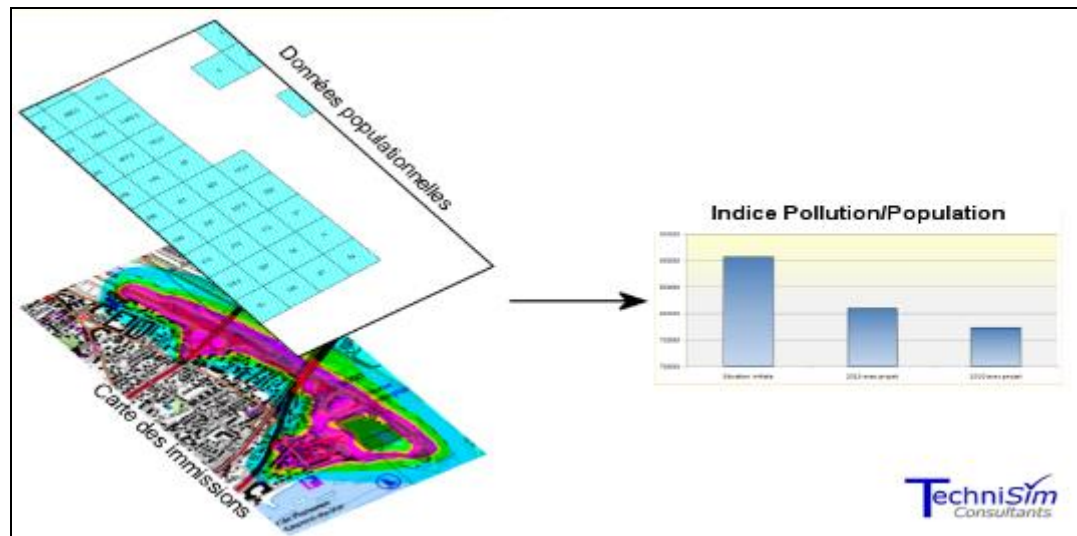


Figure 73 : Schéma conceptuel de la construction de l'IPP

Les résultats de l'IPP sont reportés dans les graphiques ci-après.

L'IPP est calculé au niveau des zones d'habitation à partir des données de l'INSEE publiées en 2023 (données carroyées millésime 2019 – mailles de 200 mètres).

En situation Projet, un carreau est ajouté pour inclure les résidents des lots résidentiels en projet non couvert par un carreau INSEE existant.

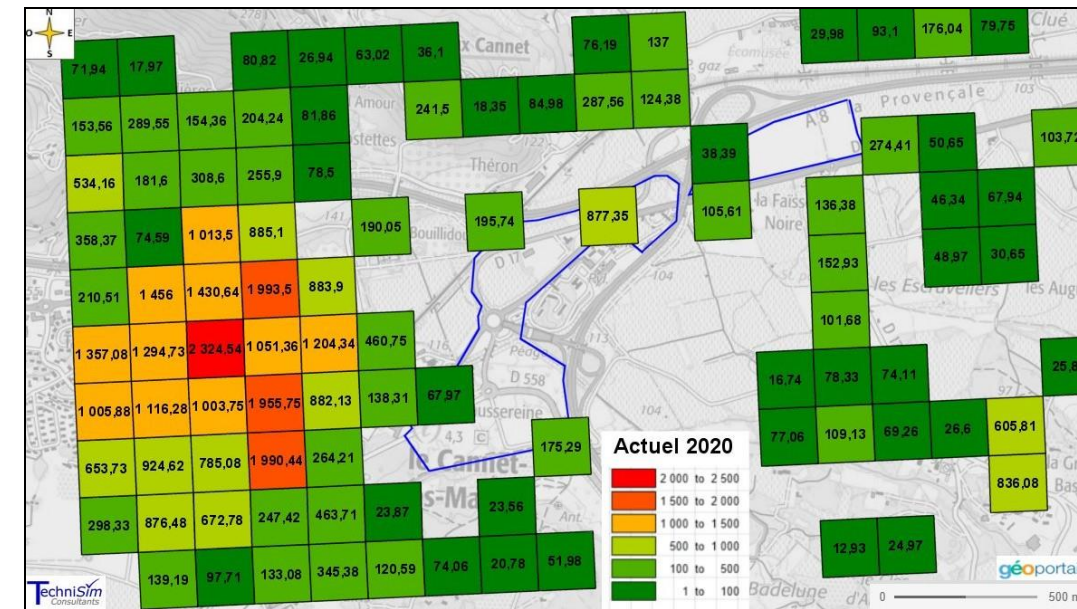


Figure 74 : Indice pollution population – Scénario 1 « situation initiale 2020 »

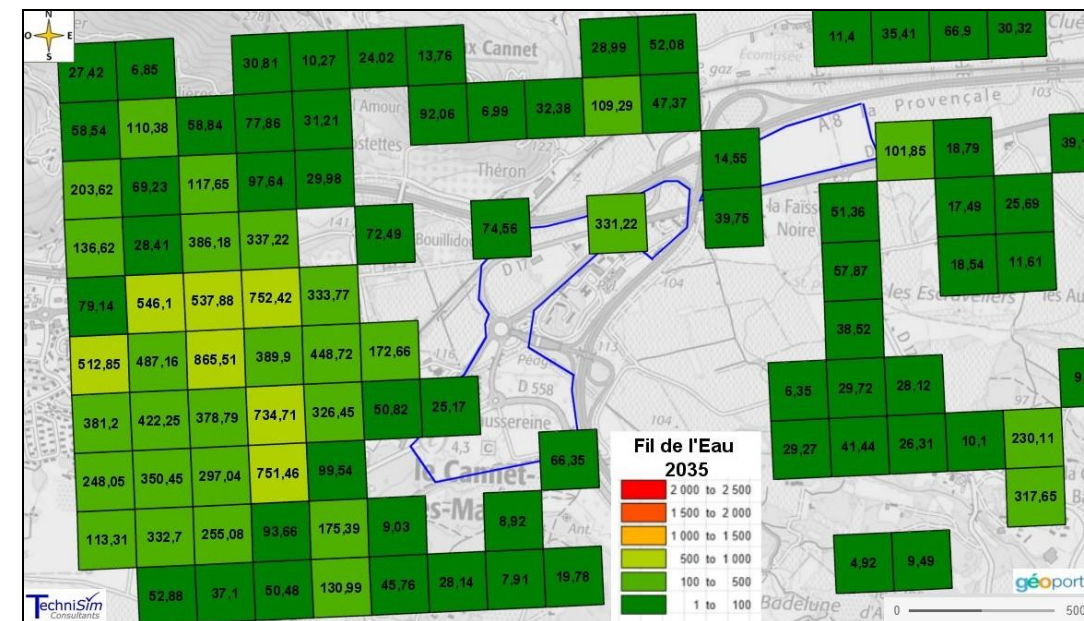


Figure 75 : Indice pollution population - Scénario 2 « Horizon 2035 Fil de l'Eau »

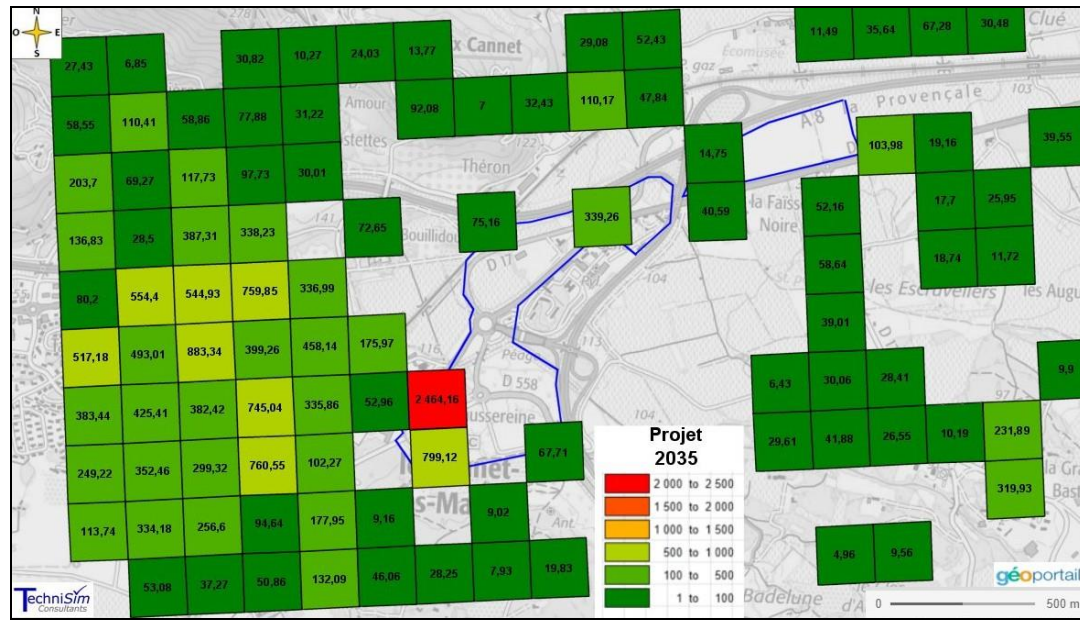


Figure 76 : Indice pollution population - Scénario 3 « Horizon 2035 Projet »

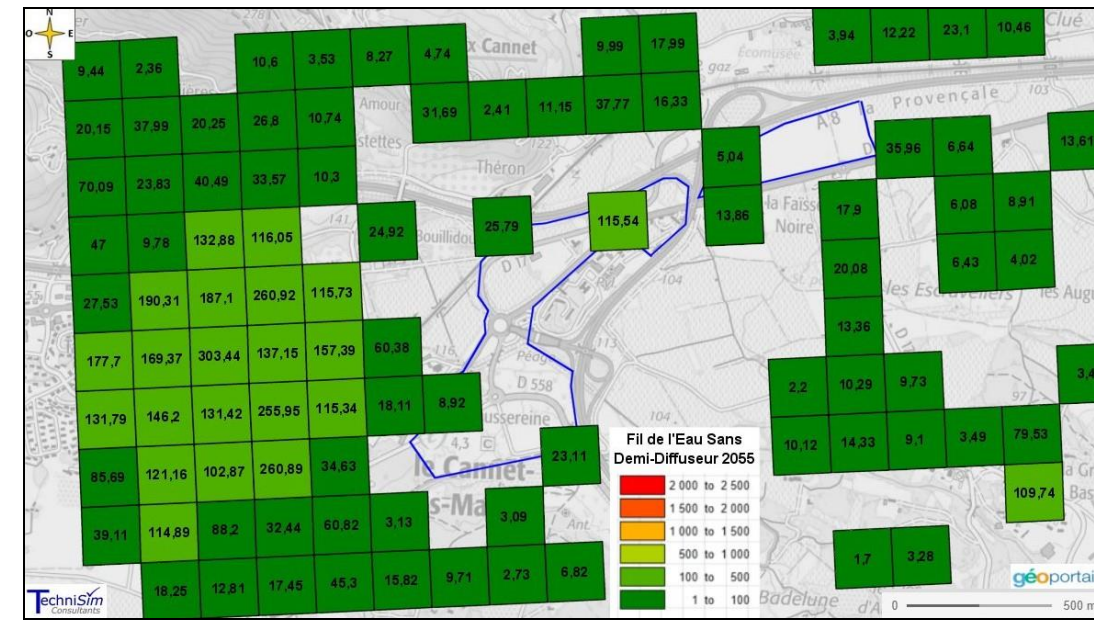


Figure 78 : Indice pollution population - Scénario 4 « Horizon 2055 Sans Demi-Diffuseur - Fil de l'Eau »

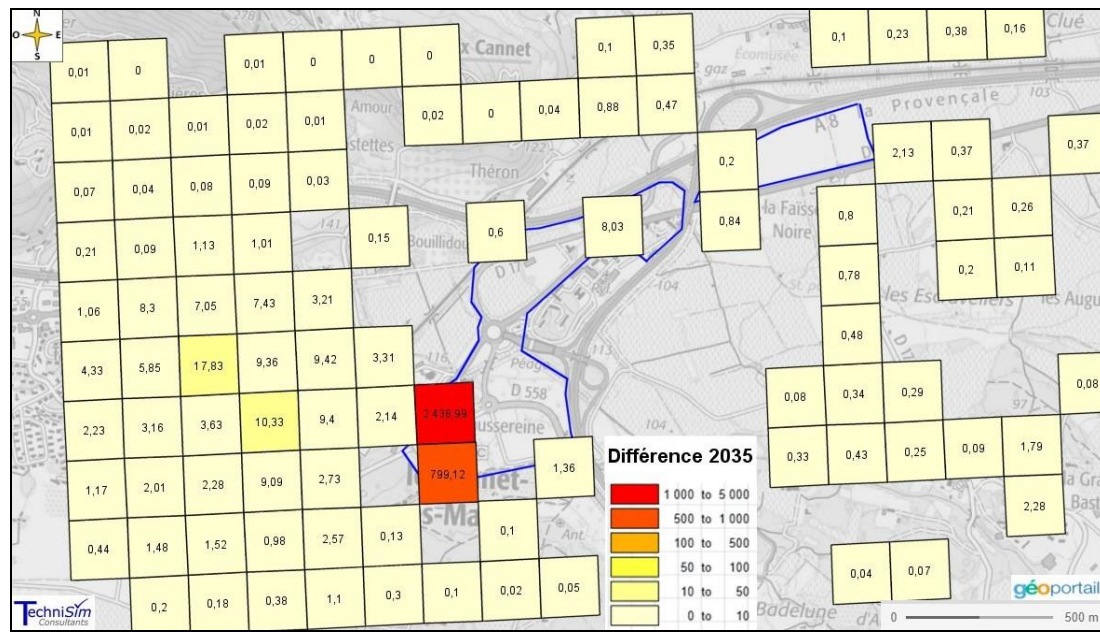


Figure 77 : Variation de l'Indice pollution population induite par le projet par rapport à la situation Fil de l'eau à l'horizon 2035

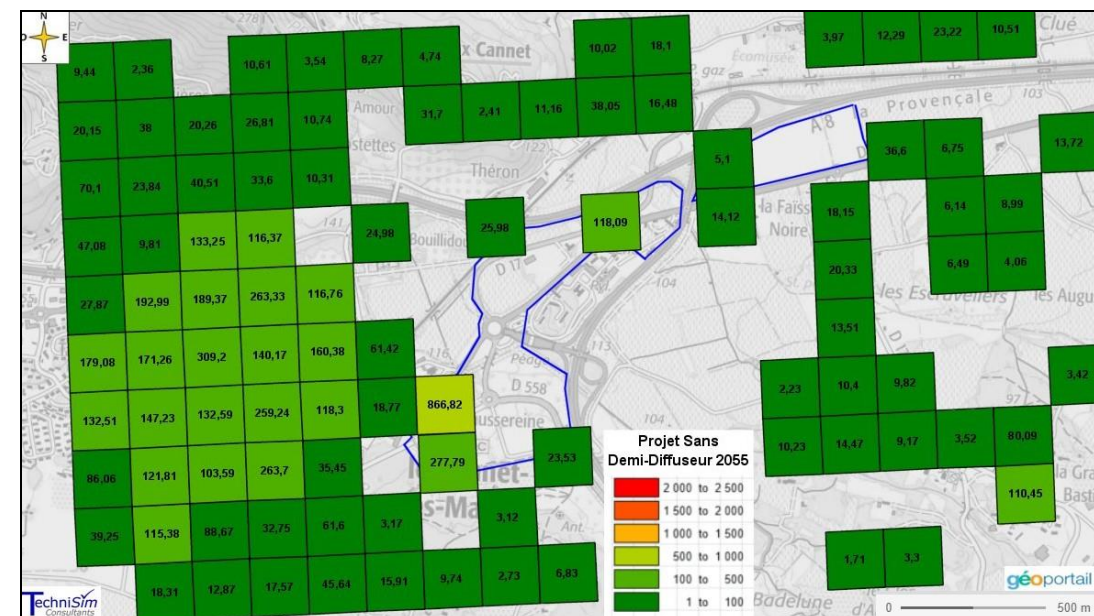


Figure 79 : Indice pollution population – Scénario 5 « Horizon 2055 Sans Demi-Diffuseur - Projet »

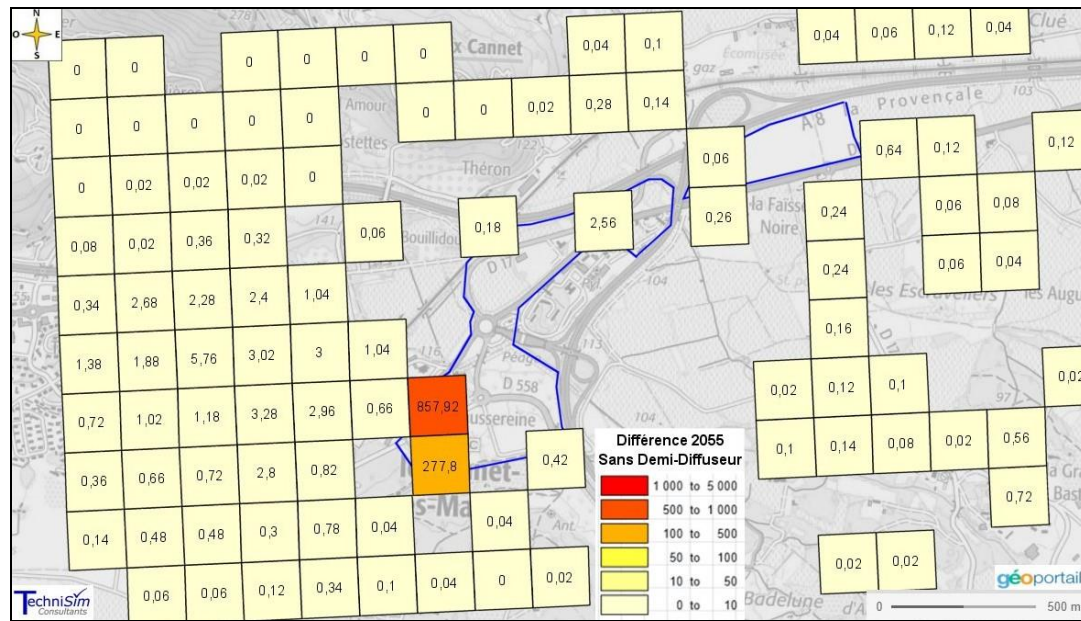


Figure 80 : Variation de l'Indice pollution population induite par le projet par rapport à la situation Fil de l'eau à l'horizon 2055 sans Demi-Diffuseur

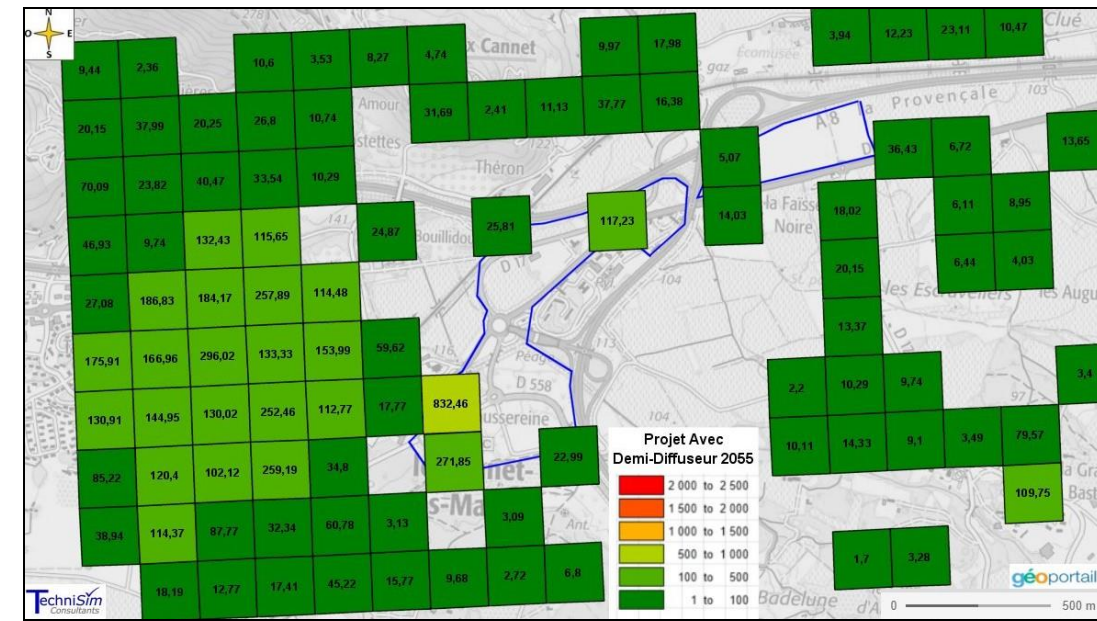


Figure 82 : Indice pollution population - Scénario 7 « Horizon 2055 Avec Demi-Diffuseur - Projet »

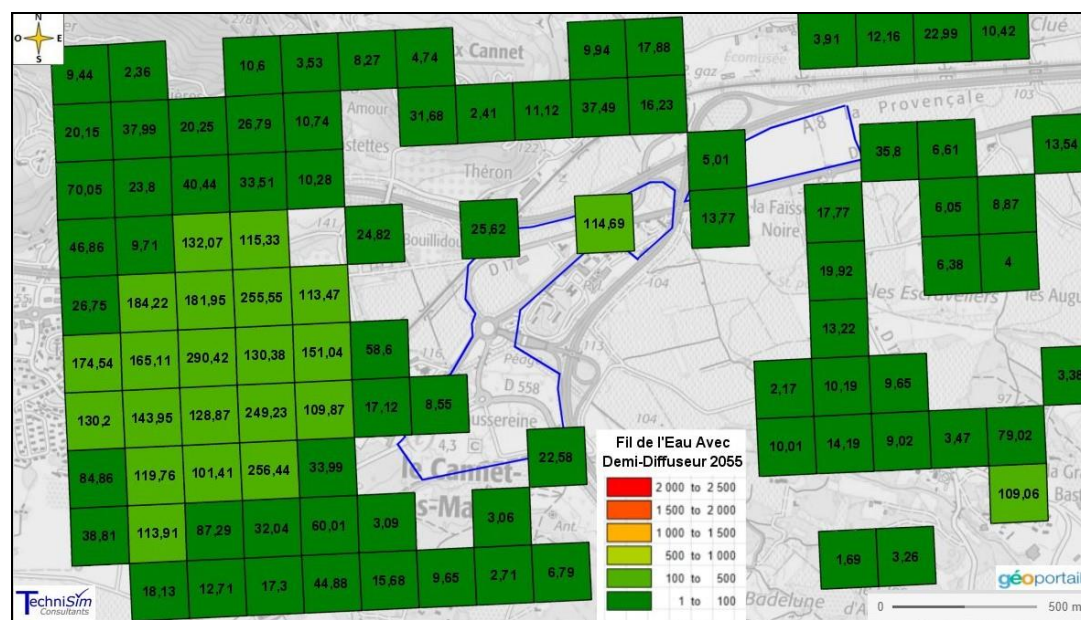


Figure 81 : Indice pollution population - Scénario 6 « Horizon 2055 Avec Demi-Diffuseur - Fil de l'Eau »

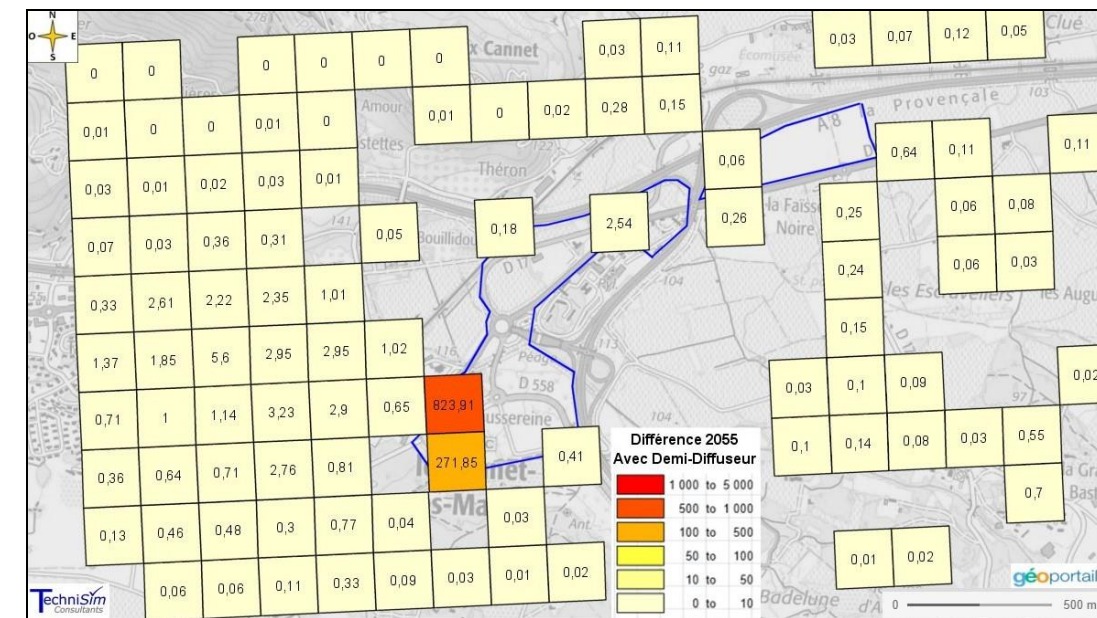


Figure 83 : Variation de l'Indice pollution population induite par le projet par rapport à la situation Fil de l'eau à l'horizon 2055 avec Demi-Diffuseur

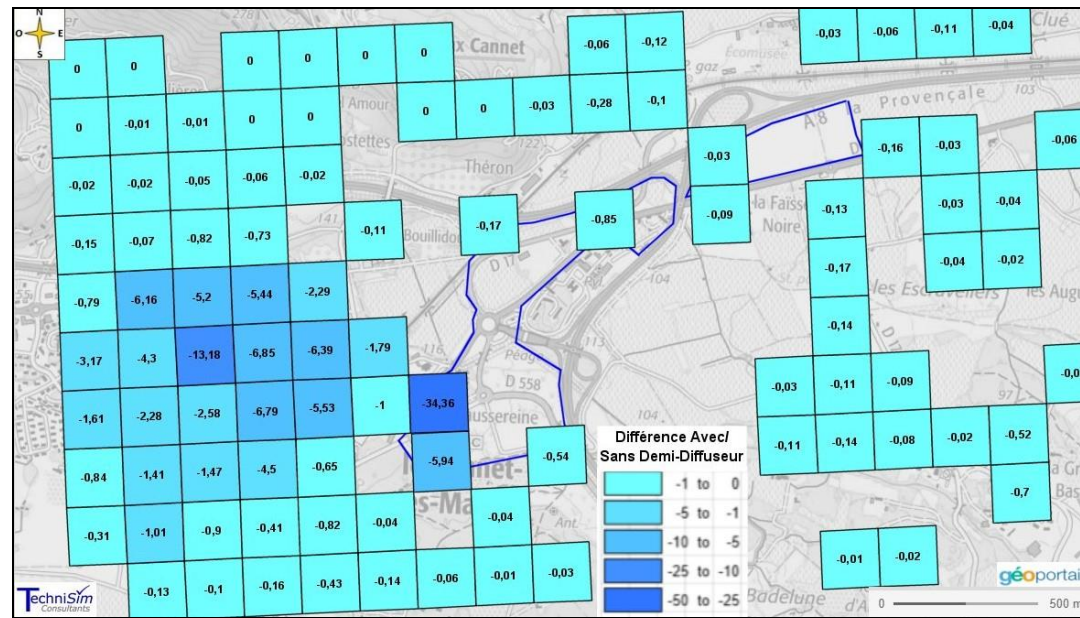


Figure 84 : Variation de l'Indice pollution population induite par le projet 2055 avec demi-diffuseur par rapport à la situation avec projet 2055 sans demi-diffuseur

En situation projet, comparativement à la situation Fil de l'eau correspondante, l'IPP cumulé augmente, du fait de l'accueil de nouveaux habitants (logements au sein du projet) et de la hausse des émissions.

Concernant la répartition de l'exposition :

Comparativement à la situation Actuelle 2020, la baisse importante des émissions en NO₂ aux horizons futur (2035 et 2055), induit une diminution drastique des valeurs d'IPP au niveau des populations d'ores et déjà riveraines.

Par rapport à la situation Fil de l'eau, les IPP par carreaux, en situation projet, augmentent logiquement fortement au niveau des futurs logements du projet (population induite par le projet). Une faible hausse des indices est observée sur le reste de la zone d'étude.

Le scénario projet avec demi-diffuseur induit une diminution de l'exposition des riverains de la zone d'étude et des habitants du projet comparativement au scénario projet sans demi-diffuseur.

L'histogramme ci-après représente la somme des Indices Pollution Population de dioxyde d'azote (NO₂) des carreaux de la zone d'étude.

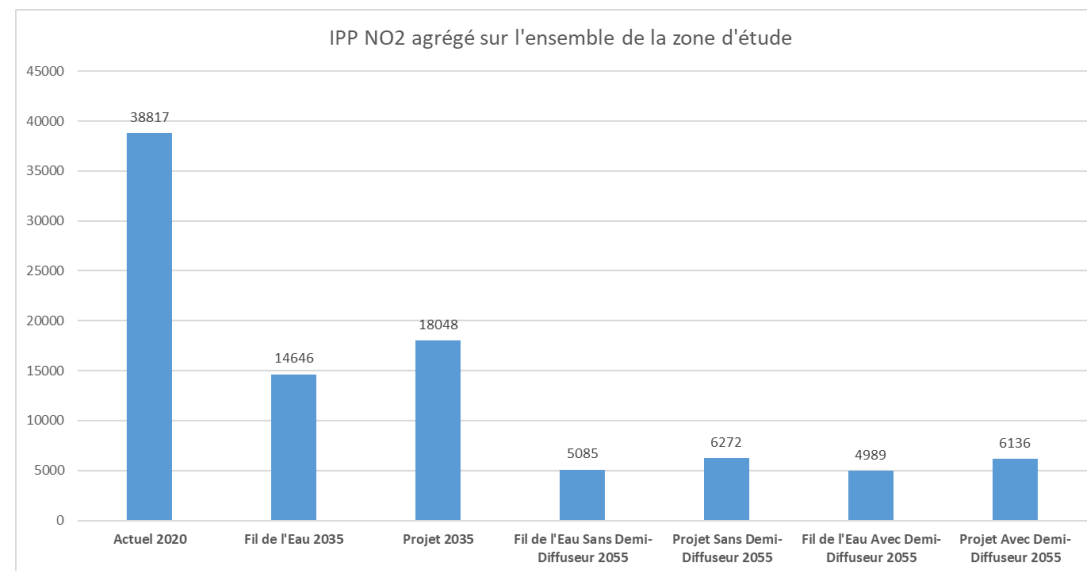


Figure 85 : Indices Pollutions Populations NO₂ agrégés sur l'ensemble de la zone d'étude

9. IMPACTS DU PROJET SUR LA SANTÉ – 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 outil de gestion et d'aide à la décision. 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.

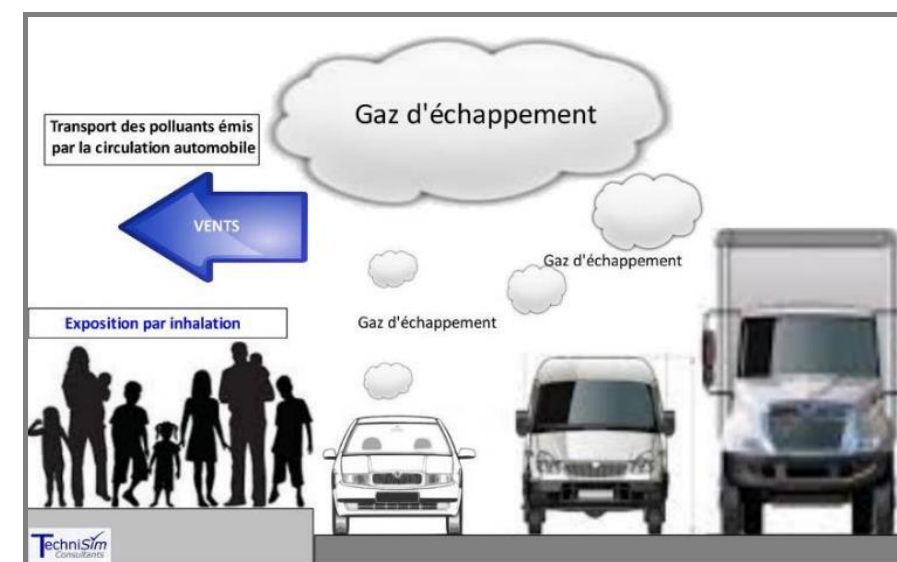


Figure 86 : Schéma conceptuel de la démarche d'ERS

9.1. HYPOTHÈSES 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 (ainsi que le trafic autoroutier). Les concentrations utilisées sont les concentrations moyennes annuelles puisque l'on évalue le risque chronique. Pour le NO₂ et les particules PM10 et PM2.5 les données tiennent compte des concentrations de fond.
- Les émissions du trafic ferroviaire sont jugées négligeables comparées au trafic routier pour la détermination des QD et ERI.
- La voie d'exposition privilégiée est la voie inhalation.
- 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 (cancérogène) et de chrome III (non cancérogène).

9.2. CONTENU ET DÉMARCHE 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 cancérogènes, non génotoxiques et non mutagènes. On admet qu'il existe une dose limite au-dessous de laquelle le danger ne peut apparaître. La Valeur 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 cancérogènes génotoxiques et des mutations génétiques, pour lesquels la fréquence - et non la gravité - est proportionnelle à la dose. L'approche probabiliste conduit à considérer qu'il existe un risque, infime mais non nul, qu'une seule molécule pénétrant dans le corps provoque des changements dans une cellule à l'origine d'une lignée cancéreuse. La VTR est alors un Excès de Risque Unitaire (ERU) de cancer.

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

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 Exès 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 $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$. Cet indice représente la probabilité individuelle de développer un cancer pour une concentration de produit toxique de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air inhalé par un sujet pendant toute sa vie.

La sélection des VTR pour chaque substance s'effectue selon le logigramme ci-après.

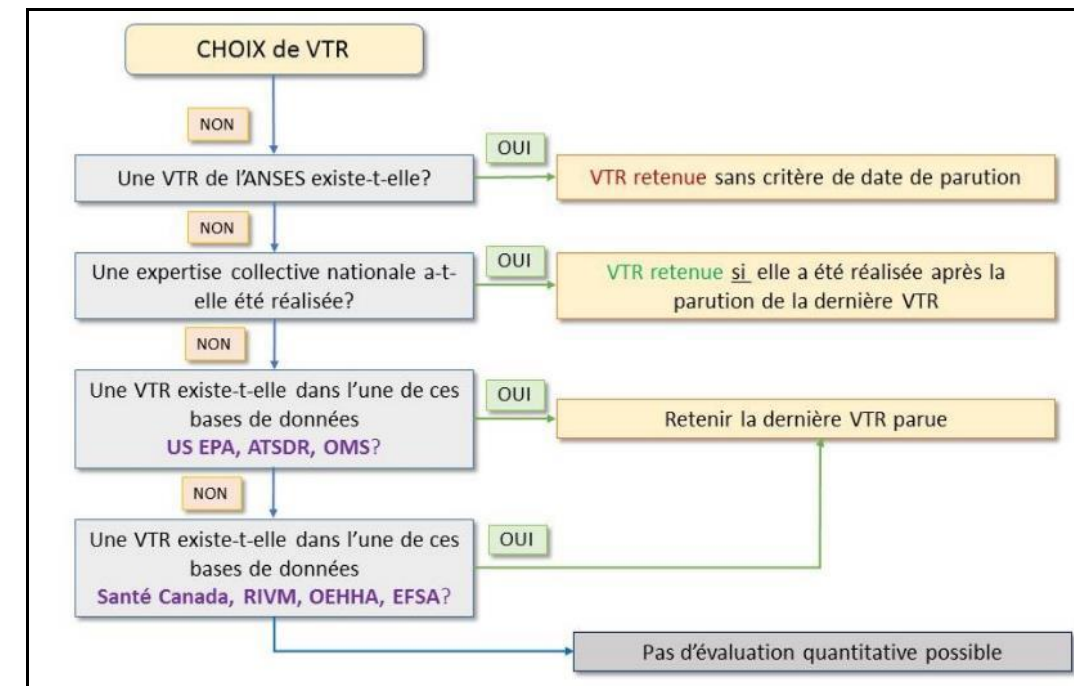


Figure 87 : Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

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

Tableau 25 : 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/m³]	75	Anses	2014	VTR retenue par l'INERIS
Acroléine	107-02-8	Inhalation	Lésions de l'épithélium respiratoire	VTR	0,15	[µg/m³]	Non précisé	Anses	2022	VTR retenue par l'ANSES
Benzène	71-43-2	Inhalation	Diminution du nombre des lymphocytes	VTR	10	[µg/m³]	Non précisé	Anses	2008	VTR de l'ANSES
1,3-Butadiène	106-99-0	Inhalation	Effets sur la fertilité	VTR	2	[µg/m³]	300	Anses	2021	VTR retenue par l'ANSES
Éthylbenzène	100-41-4	Inhalation	Effet ototoxique (Perte de cellules ciliées externes dans l'organe de Corti)	VTR	1500	[µg/m³]	75	Anses	2016	VTR de l'ANSES
Formaldéhyde	50-00-0	Inhalation	Irritations oculaires et nasales et des lésions histologiques de l'épithélium nasal (rhinite, métaplasie squameuse, dysplasie)	VTR	123	[µg/m³]	Non précisé	Anses	2018	VTR de l'ANSES
Propionaldéhyde	123-38-6	Inhalation	Atrophie de l'épithélium olfactif	RfC	8	[µg/m³]	1000	US EPA	2008	Seule VTR disponible
Toluène	108-88-3	Inhalation	Effets neurologiques (troubles de la vision des couleurs)	VTR	19000	[µg/m³]	Non précisé	Anses	2017	VTR de l'ANSES
Xylènes	1330-20-7	Inhalation	Effets neurologiques	VTR	100	[µg/m³]	300	US EPA	2003	VTR retenue par l'ANSES
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Inhalation	Diminution de la survie des embryons/fœtus	RfC	0,002	[µg/m³]	3000	US EPA	2017	VTR retenue par l'INERIS
Naphtalène	91-20-3	Inhalation	Anémies hémolytiques et cataractes	VTR	37	[µg/m³]	250	Anses	2013	VTR de l'Anses
MÉTAUX										
Arsenic	7440-38-2	Inhalation	Effets neurologiques et troubles du comportement	REL	0,015	[µg/m³]	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/m³]	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/m³]	300	OMS CICAD	2013	VTR retenue par l'INERIS
Mercur	7439-97-6	Inhalation	Effets neurologiques Troubles de la mémoire et de la motricité	REL	0,03	[µg/m³]	300	OEHHA	2008	VTR retenue par l'INERIS
Nickel	7440-02-0	Inhalation	Lésions pulmonaires	VTR	0,23	[µg/m³]	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/m³]	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/m³]	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/m³]	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/m³]	100	OEHHA	2000	VTR retenue par l'INERIS
Particules diesel	-	Inhalation	Irritations des voies respiratoires et effets cardiovasculaires	VTR	5	[µg/m³]	30	US EPA	2003	Seule VTR disponible
Particules PM10	-	Inhalation	Aucune VTR disponible - A comparer avec les recommandations de l'OMS : 15 µg/m³ en moyenne annuelle							
Particules PM2.5	-	Inhalation	Aucune VTR disponible - A comparer avec les recommandations de l'OMS : 5 µg/m³ en moyenne annuelle							
Dioxyde d'azote	10102-44-0	Inhalation	Aucune VTR disponible - A comparer avec les recommandations de l'OMS : 10 µg/m³ en moyenne annuelle							
Dioxyde de soufre	7446-09-5	Inhalation	Aucune VTR disponible							
Monoxyde de carbone	630-08-0	Inhalation	Aucune VTR disponible							

Tableau 26 : 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	[µg/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 aiguës	VTR	2,60E-05	[µg/m ³] ⁻¹	ANSES	2014	VTR de l'ANSES
1,3-Butadiène	106-99-0	Inhalation	Leucémies lymphoïdes	ERU	2,43E-07	[µg/m ³] ⁻¹	ANSES	2022	VTR retenue par 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	[µg/m ³] ⁻¹	OEHHA	2007	Seule VTR disponible
Formaldéhyde	50-00-0	Inhalation	Carcinomes au niveau des cavités nasales CT0,05=9,5 mg/m ³ soit 5,26E-06 (µg/m ³) ⁻¹	CT0,05	5,26E-06	[µg/m ³] ⁻¹	Santé Canada	2000	VTR retenue par l'INERIS
Propionaldéhyde	108-88-3	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	[µg/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	[µg/m ³] ⁻¹	ANSES	2013	VTR de l'ANSES
MÉTAUX									
Arsenic	7440-38-2	Inhalation	Cancers pulmonaires	VTR	1,5E-04	[µg/m ³] ⁻¹	TCEQ	2012	VTR retenue par l'ANSES
Cadmium	7440-43-9	Inhalation	Cancers du poumon	ERU	9,80E-03	[µg/m ³] ⁻¹	Santé Canada	2010	Dernière VTR parue
Chrome VI	7440-47-3	Inhalation	Cancers pulmonaires	ERU	4,00E-02	[µg/m ³] ⁻¹	OMS	2013	VTR retenue par l'ANSES
Mercurure	7439-97-6	Inhalation	Aucune VTR disponible						
Nickel	7440-02-0	Inhalation	Cancers pulmonaires	VTR	1,70E-04	[µg/m ³] ⁻¹	TCEQ	2011	VTR retenue par l'ANSES
Plomb	7439-92-1	Inhalation	Tumeurs rénales	ERU	1,20E-05	[µg/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	[µg/m ³] ⁻¹	OEHHA	1986	Seule VTR disponible
2,3,4,7,8-Pentachlorodibenzofurane	57117-31-4	Inhalation	Adénome et carcinome hépatiques	ERU	11	[µg/m ³] ⁻¹	OEHHA	2011	Seule VTR disponible
Particules diesel	-	Inhalation	Cancers pulmonaires	VTR	3,40E-05	[µg/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 ou au sein du projet et fréquentant les crèches existantes de la zone d'étude.
 - **Écolier** : ce scénario considère les enfants vivant au sein de la zone d'étude ou au sein du projet et fréquentant les écoles (maternelle/primaire) de la zone d'étude.

- **Résident** : ce scénario considère les personnes résidant sur la zone d'étude en dehors ou dans le projet.
- **Travailleurs** : ce scénario considère les personnes travaillant au sein du projet et résidant sur la zone d'étude ou au sein du projet.

- **Effets sans seuils**

- **Enfant** : ce scénario considère les individus jusqu'à 11 ans vivant au sein de la zone d'étude ou au sein du projet et fréquentant les crèches existantes (de 0 à 3 ans) et les établissements scolaires (3 à 11 ans) de la zone d'étude.
- **Résident** : ce scénario considère les personnes résidant sur la zone d'étude en dehors ou dans le projet.
- **Travailleurs** : ce scénario considère les personnes travaillant au sein du projet et résidant sur la zone d'étude ou au sein du 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/m ³]
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 27 : 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 en l'état actuel sur la zone d'étude.
	Domicile	14 h/jour – 5 jours/ semaine – 47 semaines /an	-Concentrations maximales calculées sur la zone d'habitations hors projet. -Concentrations moyennes calculées sur les lots à vocation de logement du projet.
	Week-End – PÉRIODE SCOLAIRE		
	Domicile	24 h/jour – 2 jours/ semaine – 47 semaines /an	-Concentrations maximales calculées sur la zone d'habitations hors projet -Concentrations moyennes calculées sur les lots à vocation de logement du projet.
	Semaine et Week-End – VACANCES SCOLAIRES		
Domicile	24 h/jour – 7 jours/ semaine – 5 semaines /an	-Concentrations maximales calculées sur la zone d'habitations hors projet -Concentrations moyennes calculées sur les lots à vocation de logement du projet.	

Tableau 28 : 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 --- 8 ans / Primaire	En semaine – PÉRIODE SCOLAIRE		
	École	10 h/jour – 4 jours/semaine – 36 semaines /an	Concentrations maximales calculées au niveau des établissements présents en l'état actuel sur la zone d'étude.
		4 h/jour – 1 jour/ semaine – 36 semaines /an	
	Domicile	14 h/jour – 4 jours/ semaine – 36 semaines /an	-Concentrations maximales calculées sur la zone d'habitations hors projet
		20 h/jour – 1 jour/ semaine – 36 semaines /an	-Concentrations moyennes calculées sur les lots à vocation de logement du projet.
	Week-End – PÉRIODE SCOLAIRE		
Domicile	24 h/jour – 2 jours/ semaine – 47 semaines /an	-Concentrations maximales calculées sur la zone d'habitations hors projet -Concentrations moyennes calculées sur les lots à vocation de logement du projet.	
Semaine et Week-End – VACANCES SCOLAIRES			
Domicile	24 h/jour – 7 jours/ semaine – 5 semaines /an	-Concentrations maximales calculées sur la zone d'habitations hors projet -Concentrations moyennes calculées sur les lots à vocation de logement du projet.	

Tableau 29 : 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 : 15 ans*	Semaine et Week end		
	Domicile	24 h/jour – 7 jours/semaine – 52 semaines/an	-Concentrations maximales calculées sur la zone d'habitations hors projet -Concentrations moyennes calculées sur les lots à vocation de logement du projet.

*Correspond à l'ancienneté moyenne d'emménagement des résidents du Cannet-des-Maures (14,4 ans) en 2020 (Insee, arrondie à l'unité supérieure).

Tableau 30 : 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	3 ans	Concentrations maximales calculées au niveau des établissements présents en l'état actuel sur la zone d'étude.
		10 h/jour – 5 jours/semaine		
	École	36 semaines/an	8 ans	Concentrations maximales calculées au niveau des établissements présents en l'état actuel sur la zone d'étude.
		10 h/jour – 5 jours/semaine 04 h/jour – 1 jour/semaine		
Domicile	3 ans	14 h/jour – 5 jours/ semaine – 47 semaines /an	-Concentrations maximales calculées sur la zone d'habitations hors projet -Concentrations moyennes calculées sur les lots à vocation de logement du projet.	
		24 h/jour – 2 jours/ semaine – 47 semaines /an		
		24 h/jour – 7 jours/ semaine – 5 semaines /an		
	8 ans	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		

Tableau 31 : Scénario d'exposition « Travailleur » et paramètres considérés

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentration considérée pour les calculs
TRAVAILLEUR Durée d'exposition : 11 ans*	En semaine		
	Lieu de travail	8 h/jour – 5 jours/semaine – 47 semaines /an	Concentrations maximales calculées au niveau de l'emprise projet.
	Domicile	16 h/jour – 5 jours/ semaine – 47 semaines /an	-Concentrations maximales calculées sur la zone d'habitations hors projet
			-Concentrations moyennes calculées sur les lots à vocation de logement du projet.
	Week end		
	Domicile	24 h/jour – 2 jours/ semaine – 47 semaines /an	-Concentrations maximales calculées sur la zone d'habitations hors projet -Concentrations moyennes calculées sur les lots à vocation de logement du projet.
Vacances (Semaine et week end)			
Domicile	24 h/jour – 7 jours/ semaine – 5 semaines /an	-Concentrations maximales calculées sur la zone d'habitations hors projet -Concentrations moyennes calculées sur les lots à vocation de logement du projet.	

*Correspond à la durée moyenne passée sur un même poste en France (10,3 ans) en 2022 (OCDE)

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 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
CAA Concentration Admissible dans l'Air / concentration de référence [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

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.

$$ERI = ERU_i \times CMI$$

CMI Concentration Moyenne Inhalée [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
ERU_i Excès de Risque Unitaire par inhalation [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]⁻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 $10^{-5} < \text{ERI} < 10^{-4}$ et/ou un $1 < \text{QD} < 10$.
- 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.

9.3. ÉVALUATION DE L'INDICATEUR SANITAIRE POUR LES EFFETS À 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 32 : Quotients de dangers par composé - Maximum Crèches – Voie inhalation - scénario Enfant en bas âge – Habitants hors Projet

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario Enfant en bas-âge Max Crèche - Habitant hors projet						
	2020 Actuel	2035 Sans projet	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
Acétaldéhyde	3,96E-04	2,11E-04	2,14E-04	3,94E-04	4,00E-04	3,57E-04	3,60E-04
Acroléine	1,96E-01	8,96E-02	9,11E-02	1,63E-01	1,65E-01	1,48E-01	1,49E-01
Arsenic	7,14E-05	8,87E-05	8,99E-05	1,15E-04	1,16E-04	1,12E-04	1,13E-04
Benzène	3,93E-03	8,85E-04	9,02E-04	1,22E-03	1,24E-03	1,19E-03	1,20E-03
1,3-butadiène	1,48E-02	1,15E-02	1,17E-02	2,28E-02	2,31E-02	2,06E-02	2,08E-02
Cadmium	1,33E-06	1,73E-06	1,76E-06	2,33E-06	2,35E-06	2,27E-06	2,29E-06
Chrome	2,21E-03	2,32E-03	2,34E-03	2,55E-03	2,58E-03	2,48E-03	2,50E-03
Dioxines	2,26E-07	6,48E-08	6,58E-08	6,24E-08	6,33E-08	6,07E-08	6,16E-08
Éthylbenzène	8,72E-06	2,52E-06	2,56E-06	4,37E-06	4,42E-06	4,27E-06	4,32E-06
Formaldéhyde	9,57E-04	5,01E-04	5,10E-04	9,38E-04	9,51E-04	8,51E-04	8,58E-04
Furanes	3,33E-07	9,67E-08	9,82E-08	9,38E-08	9,50E-08	9,12E-08	9,24E-08
Mercure	1,59E-03	1,81E-03	1,83E-03	2,17E-03	2,19E-03	2,11E-03	2,13E-03
Naphtalène	2,62E-03	2,21E-03	2,24E-03	2,09E-03	2,12E-03	2,04E-03	2,07E-03
Ammoniac NH ₃	3,17E-03	5,57E-03	5,60E-03	1,07E-02	1,07E-02	1,06E-02	1,06E-02
Nickel	1,88E-05	2,82E-05	2,87E-05	4,21E-05	4,27E-05	4,11E-05	4,16E-05
Plomb	6,10E-06	7,64E-06	7,74E-06	9,99E-06	1,01E-05	9,72E-06	9,83E-06
Toluène	3,21E-06	9,31E-07	9,49E-07	1,54E-06	1,57E-06	1,50E-06	1,53E-06
Xylènes	5,31E-04	2,22E-04	2,26E-04	4,01E-04	4,07E-04	3,78E-04	3,82E-04
Particules diesel	3,61E-01	5,69E-02	5,77E-02	3,40E-02	3,45E-02	3,30E-02	3,33E-02
Propionaldéhyde	2,15E-03	1,18E-03	1,20E-03	2,20E-03	2,23E-03	1,99E-03	2,01E-03
16 HAP eq. BaP	1,39E-01	1,22E-01	1,23E-01	1,14E-01	1,15E-01	1,11E-01	1,12E-01

Tableau 33 : Quotients de dangers par composé - Maximum Crèches – Voie inhalation - scénario Enfant en bas âge – Habitants du projet

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario Enfant en bas-âge Max Crèche – Habitant du projet		
	2035 Projet	2055 SD Projet	2055 AD Projet
Acétaldéhyde	1,16E-04	2,13E-04	1,72E-04
Acroléine	4,90E-02	8,77E-02	7,09E-02
Arsenic	4,99E-05	6,47E-05	6,10E-05
Benzène	6,05E-04	7,65E-04	7,18E-04
1,3-butadiène	6,25E-03	1,22E-02	9,90E-03
Cadmium	9,91E-07	1,33E-06	1,25E-06
Chrome	1,20E-03	1,31E-03	1,21E-03
Dioxines	3,89E-08	3,81E-08	3,61E-08
Éthylbenzène	1,68E-06	2,68E-06	2,56E-06
Formaldéhyde	2,74E-04	5,04E-04	4,09E-04
Furanes	5,82E-08	5,73E-08	5,43E-08
Mercure	9,76E-04	1,18E-03	1,10E-03
Naphtalène	1,35E-03	1,29E-03	1,23E-03
Ammoniac NH ₃	2,36E-03	4,22E-03	4,11E-03
Nickel	1,71E-05	2,51E-05	2,38E-05
Plomb	4,31E-06	5,64E-06	5,32E-06
Toluène	6,56E-07	1,02E-06	9,65E-07
Xylènes	1,40E-04	2,37E-04	2,13E-04
Particules diesel	3,18E-02	1,85E-02	1,72E-02
Propionaldéhyde	6,45E-04	1,19E-03	9,60E-04
16 HAP eq. BaP	6,62E-02	6,09E-02	5,66E-02

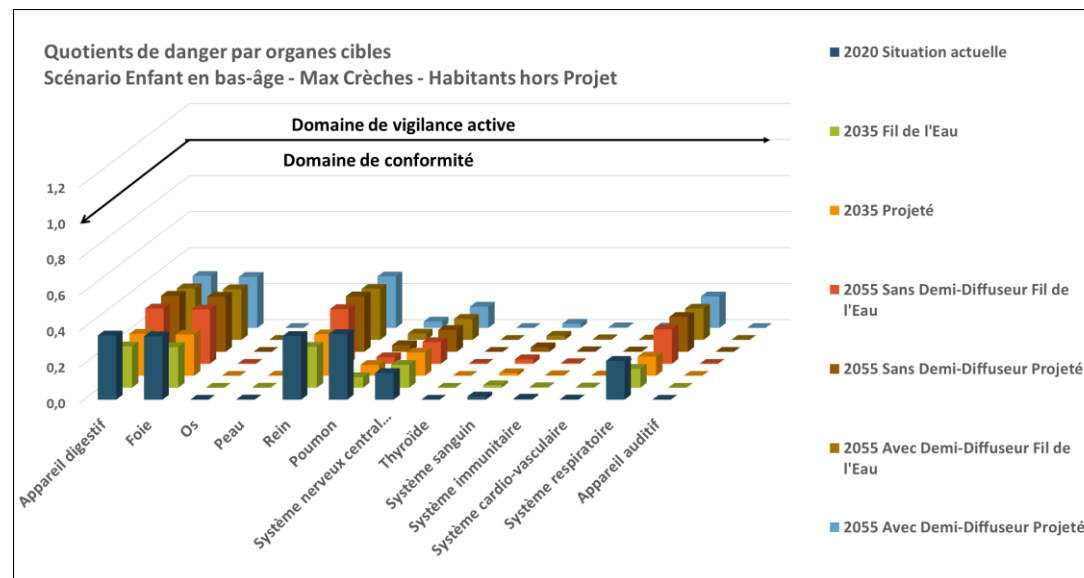


Figure 88 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Enfant en bas âge - Voie inhalation – Max crèches – Habitants hors Projet

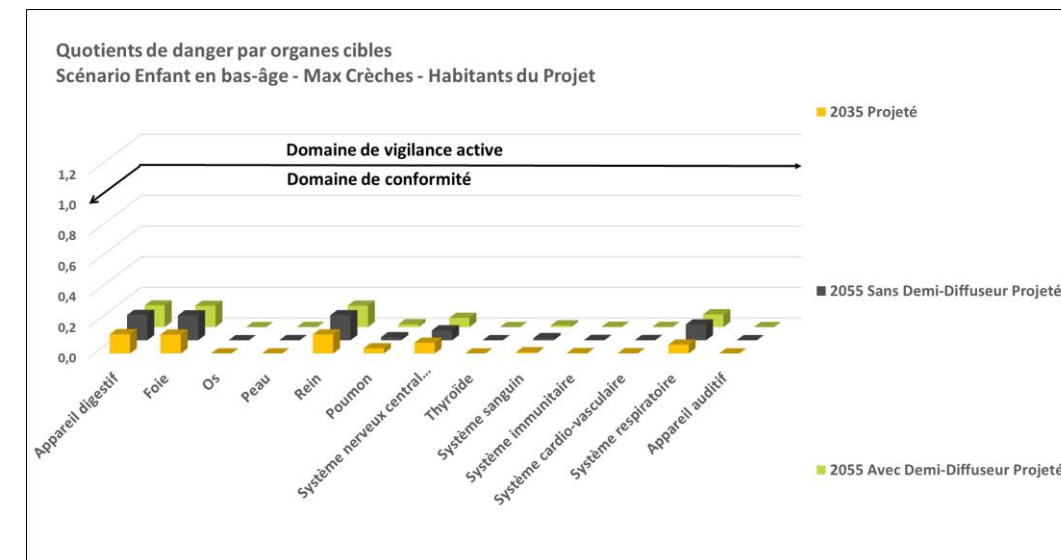


Figure 89 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Enfant en bas âge - Voie inhalation – Max crèches – Habitants du projet

Scénario « Écolier »

Tableau 34 : Quotients de dangers par composé au niveau du Max école maternelle – Voie inhalation - scénario Écolier de maternelle – Habitants hors projet

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario Écolier École maternelle – Habitant hors projet						
	2020 Actuel	2035 Sans projet	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
Acétyldéshyde	4,05E-04	2,16E-04	2,19E-04	4,02E-04	4,07E-04	3,73E-04	3,76E-04
Acroléine	2,00E-01	9,17E-02	9,31E-02	1,66E-01	1,68E-01	1,54E-01	1,55E-01
Arsenic	7,36E-05	9,17E-05	9,29E-05	1,19E-04	1,20E-04	1,16E-04	1,18E-04
Benzène	3,99E-03	9,07E-04	9,24E-04	1,26E-03	1,27E-03	1,23E-03	1,24E-03
1,3-butadiène	1,52E-02	1,18E-02	1,20E-02	2,32E-02	2,35E-02	2,16E-02	2,17E-02
Cadmium	1,37E-06	1,79E-06	1,81E-06	2,40E-06	2,43E-06	2,35E-06	2,38E-06
Chrome	2,29E-03	2,41E-03	2,43E-03	2,65E-03	2,67E-03	2,59E-03	2,61E-03
Dioxines	2,33E-07	6,68E-08	6,78E-08	6,42E-08	6,50E-08	6,28E-08	6,36E-08
Éthylbenzène	8,86E-06	2,59E-06	2,63E-06	4,51E-06	4,56E-06	4,43E-06	4,49E-06
Formaldéshyde	9,77E-04	5,13E-04	5,21E-04	9,58E-04	9,70E-04	8,89E-04	8,96E-04
Furanes	3,43E-07	9,96E-08	1,01E-07	9,64E-08	9,76E-08	9,43E-08	9,55E-08
Mercur	1,64E-03	1,87E-03	1,89E-03	2,25E-03	2,27E-03	2,20E-03	2,22E-03
Naphtalène	2,70E-03	2,27E-03	2,31E-03	2,15E-03	2,18E-03	2,11E-03	2,14E-03
Ammoniac NH ₃	3,30E-03	5,87E-03	5,90E-03	1,13E-02	1,13E-02	1,12E-02	1,13E-02
Nickel	1,93E-05	2,91E-05	2,95E-05	4,34E-05	4,39E-05	4,25E-05	4,30E-05
Plomb	6,29E-06	7,90E-06	8,00E-06	1,03E-05	1,04E-05	1,01E-05	1,02E-05
Toluène	3,27E-06	9,53E-07	9,72E-07	1,59E-06	1,61E-06	1,56E-06	1,58E-06
Xylènes	5,38E-04	2,27E-04	2,31E-04	4,11E-04	4,16E-04	3,93E-04	3,97E-04
Particules diesel	3,76E-01	5,87E-02	5,94E-02	3,51E-02	3,55E-02	3,43E-02	3,46E-02
Propionaldéshyde	2,20E-03	1,21E-03	1,23E-03	2,25E-03	2,27E-03	2,08E-03	2,10E-03
16 HAP eq. BaP	1,43E-01	1,26E-01	1,28E-01	1,18E-01	1,19E-01	1,15E-01	1,16E-01

Tableau 35 : Quotients de dangers par composé au niveau du Max école maternelle – Voie inhalation - scénario Écolier de maternelle – Habitants du projet

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario Écolier École maternelle – Habitant du projet		
	2035 Projet	2055 SD Projet	2055 AD Projet
Acétyldéshyde	1,02E-04	1,85E-04	1,53E-04
Acroléine	4,31E-02	7,62E-02	6,29E-02
Arsenic	4,54E-05	5,89E-05	5,56E-05
Benzène	5,70E-04	7,10E-04	6,70E-04
1,3-butadiène	5,49E-03	1,06E-02	8,79E-03
Cadmium	9,03E-07	1,21E-06	1,15E-06
Chrome	1,07E-03	1,17E-03	1,08E-03
Dioxines	3,59E-08	3,51E-08	3,34E-08
Éthylbenzène	1,59E-06	2,50E-06	2,40E-06
Formaldéshyde	2,41E-04	4,38E-04	3,62E-04
Furanes	5,36E-08	5,29E-08	5,03E-08
Mercur	8,81E-04	1,06E-03	9,90E-04
Naphtalène	1,24E-03	1,19E-03	1,14E-03
Ammoniac NH ₃	2,05E-03	3,62E-03	3,52E-03
Nickel	1,57E-05	2,30E-05	2,19E-05
Plomb	3,92E-06	5,13E-06	4,85E-06
Toluène	6,23E-07	9,57E-07	9,10E-07
Xylènes	1,29E-04	2,16E-04	1,96E-04
Particules diesel	2,87E-02	1,65E-02	1,54E-02
Propionaldéshyde	5,67E-04	1,03E-03	8,52E-04
16 HAP eq. BaP	5,99E-02	5,49E-02	5,11E-02

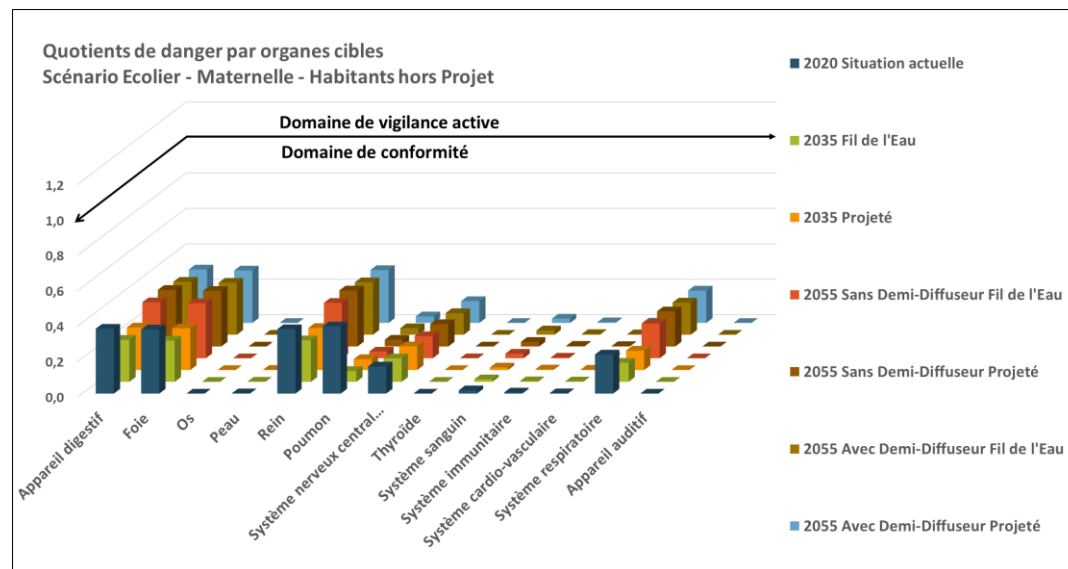


Figure 90 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Écolier de maternelle - Voie inhalation – Max École maternelle – Habitants hors projet

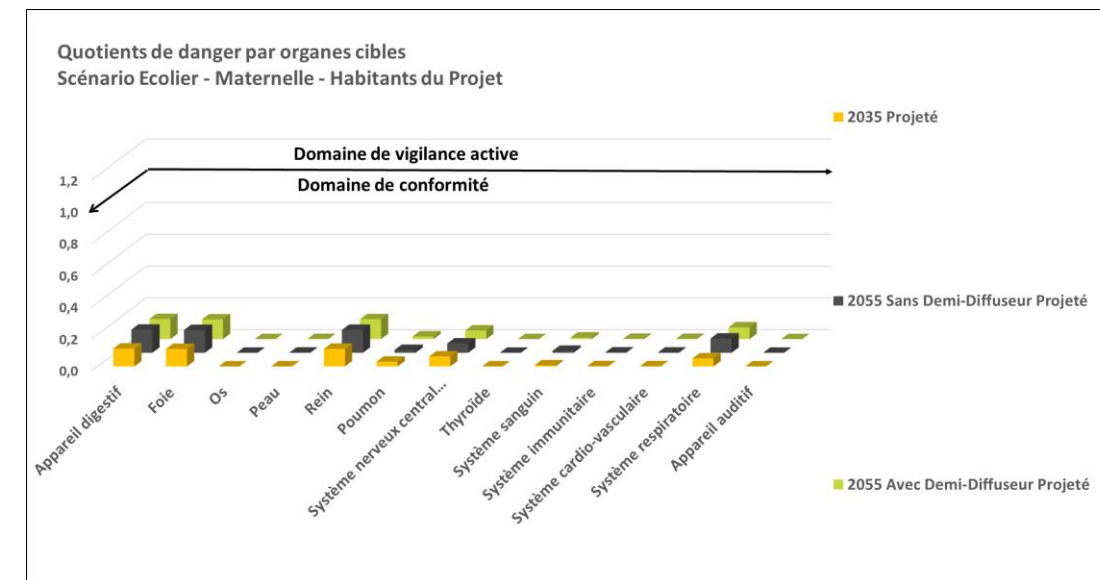


Figure 91 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Écolier de maternelle - Voie inhalation – Max École maternelle – Habitants du projet

Tableau 36 : Quotients de dangers par composé au niveau de l'école primaire – Voie inhalation - scénario Écolier de primaire – Habitants hors projet

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario Écolier École Primaire - Habitant hors projet						
	2020 Actuel	2035 Sans projet	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
Acétaldéhyde	4,05E-04	2,16E-04	2,19E-04	4,02E-04	4,07E-04	3,73E-04	3,76E-04
Acroléine	2,00E-01	9,18E-02	9,31E-02	1,66E-01	1,69E-01	1,54E-01	1,56E-01
Arsenic	7,37E-05	9,18E-05	9,30E-05	1,19E-04	1,20E-04	1,16E-04	1,18E-04
Benzène	3,99E-03	9,07E-04	9,24E-04	1,26E-03	1,28E-03	1,23E-03	1,24E-03
1,3-butadiène	1,52E-02	1,18E-02	1,20E-02	2,33E-02	2,35E-02	2,16E-02	2,18E-02
Cadmium	1,37E-06	1,79E-06	1,81E-06	2,41E-06	2,43E-06	2,36E-06	2,38E-06
Chrome	2,30E-03	2,41E-03	2,43E-03	2,65E-03	2,68E-03	2,59E-03	2,61E-03
Dioxines	2,33E-07	6,68E-08	6,78E-08	6,42E-08	6,51E-08	6,29E-08	6,37E-08
Éthylbenzène	8,87E-06	2,59E-06	2,63E-06	4,51E-06	4,57E-06	4,43E-06	4,49E-06
Formaldéhyde	9,78E-04	5,14E-04	5,21E-04	9,58E-04	9,70E-04	8,90E-04	8,97E-04
Furanes	3,44E-07	9,97E-08	1,01E-07	9,64E-08	9,76E-08	9,44E-08	9,56E-08
Mercure	1,64E-03	1,87E-03	1,89E-03	2,25E-03	2,27E-03	2,20E-03	2,22E-03
Naphtalène	2,70E-03	2,28E-03	2,31E-03	2,15E-03	2,18E-03	2,11E-03	2,14E-03
Ammoniac NH ₃	3,30E-03	5,88E-03	5,91E-03	1,13E-02	1,13E-02	1,12E-02	1,13E-02
Nickel	1,93E-05	2,91E-05	2,95E-05	4,34E-05	4,40E-05	4,26E-05	4,31E-05
Plomb	6,29E-06	7,90E-06	8,00E-06	1,03E-05	1,04E-05	1,01E-05	1,02E-05
Toluène	3,27E-06	9,54E-07	9,73E-07	1,59E-06	1,61E-06	1,56E-06	1,58E-06
Xylènes	5,39E-04	2,28E-04	2,31E-04	4,12E-04	4,17E-04	3,93E-04	3,97E-04
Particules diesel	3,76E-01	5,87E-02	5,94E-02	3,51E-02	3,56E-02	3,43E-02	3,46E-02
Propionaldéhyde	2,20E-03	1,21E-03	1,23E-03	2,25E-03	2,28E-03	2,09E-03	2,10E-03
16 HAP eq. BaP	1,43E-01	1,27E-01	1,28E-01	1,18E-01	1,19E-01	1,15E-01	1,17E-01

Tableau 37 : Quotients de dangers par composé au niveau de l'école primaire – Voie inhalation - scénario Écolier de primaire – Habitants du projet

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario Écolier École Primaire – Habitant du projet		
	2035 Projet	2055 SD Projet	2055 AD Projet
Acétaldéhyde	1,02E-04	1,85E-04	1,53E-04
Acroléine	4,32E-02	7,63E-02	6,31E-02
Arsenic	4,54E-05	5,90E-05	5,57E-05
Benzène	5,71E-04	7,11E-04	6,71E-04
1,3-butadiène	5,50E-03	1,06E-02	8,81E-03
Cadmium	9,05E-07	1,21E-06	1,15E-06
Chrome	1,07E-03	1,17E-03	1,08E-03
Dioxines	3,59E-08	3,52E-08	3,35E-08
Éthylbenzène	1,59E-06	2,50E-06	2,40E-06
Formaldéhyde	2,41E-04	4,38E-04	3,63E-04
Furanes	5,37E-08	5,29E-08	5,03E-08
Mercure	8,83E-04	1,06E-03	9,92E-04
Naphtalène	1,25E-03	1,19E-03	1,14E-03
Ammoniac NH ₃	2,06E-03	3,63E-03	3,53E-03
Nickel	1,57E-05	2,30E-05	2,19E-05
Plomb	3,93E-06	5,14E-06	4,86E-06
Toluène	6,24E-07	9,58E-07	9,12E-07
Xylènes	1,29E-04	2,16E-04	1,96E-04
Particules diesel	2,88E-02	1,65E-02	1,55E-02
Propionaldéhyde	5,68E-04	1,03E-03	8,54E-04
16 HAP eq. BaP	6,00E-02	5,50E-02	5,12E-02

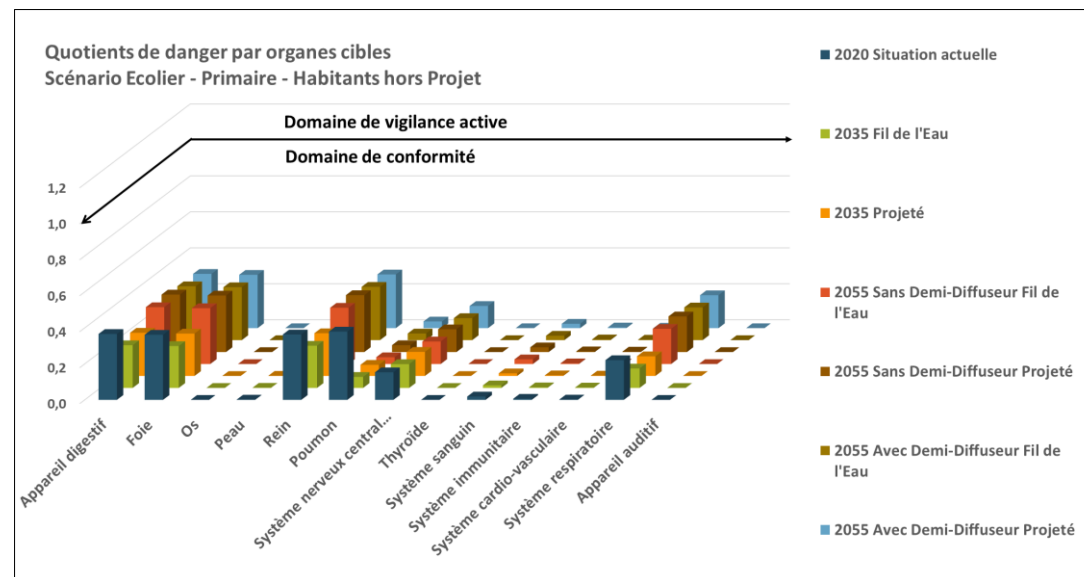


Figure 92 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Écolier de primaire - Voie inhalation – École primaire – Habitants hors projet

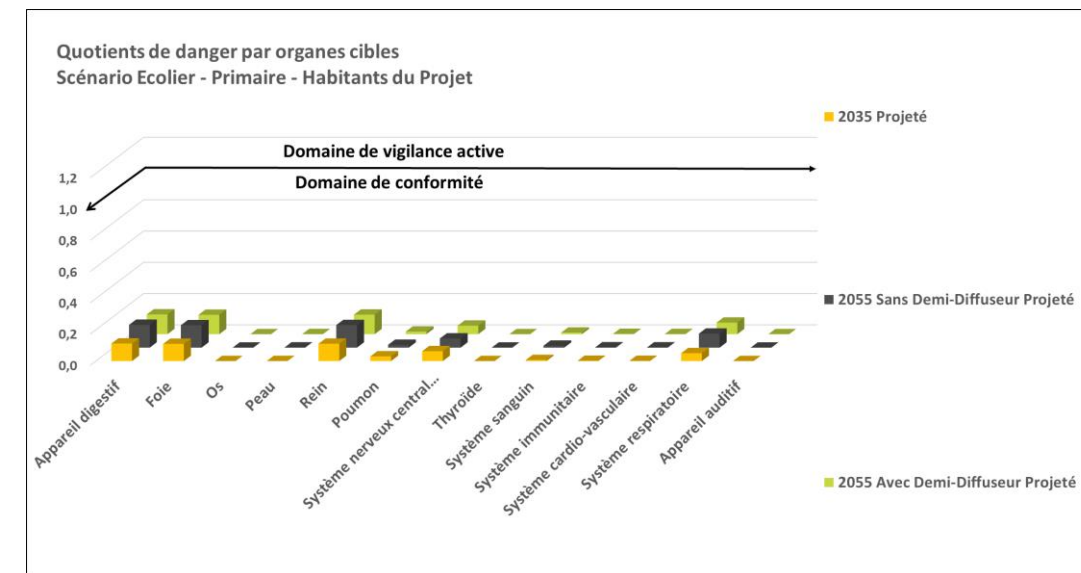


Figure 93 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Écolier de primaire - Voie inhalation – École primaire – Habitants du projet

Scénario « Résident »

Tableau 38 : Quotients de dangers maximaux par composé – Voie inhalation - scénario Résident hors projet

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario Résident Zones d'habitations hors Projet						
	2020 Actuel	2035 Sans projet	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
Acétaldéhyde	4,47E-04	2,39E-04	2,42E-04	4,44E-04	4,49E-04	4,14E-04	4,17E-04
Acroléine	2,21E-01	1,01E-01	1,03E-01	1,84E-01	1,86E-01	1,71E-01	1,72E-01
Arsenic	8,13E-05	1,01E-04	1,02E-04	1,31E-04	1,32E-04	1,29E-04	1,30E-04
Benzène	4,36E-03	9,91E-04	1,01E-03	1,38E-03	1,40E-03	1,35E-03	1,36E-03
1,3-butadiène	1,68E-02	1,30E-02	1,32E-02	2,57E-02	2,60E-02	2,40E-02	2,41E-02
Cadmium	1,51E-06	1,97E-06	1,99E-06	2,65E-06	2,67E-06	2,60E-06	2,62E-06
Chrome	2,54E-03	2,67E-03	2,69E-03	2,94E-03	2,96E-03	2,88E-03	2,89E-03
Dioxines	2,57E-07	7,35E-08	7,43E-08	7,06E-08	7,13E-08	6,92E-08	6,99E-08
Éthylbenzène	9,68E-06	2,83E-06	2,87E-06	4,95E-06	5,00E-06	4,87E-06	4,92E-06
Formaldéhyde	1,08E-03	5,68E-04	5,74E-04	1,06E-03	1,07E-03	9,88E-04	9,93E-04
Furanes	3,79E-07	1,10E-07	1,11E-07	1,06E-07	1,07E-07	1,04E-07	1,05E-07
Mercure	1,81E-03	2,07E-03	2,09E-03	2,48E-03	2,50E-03	2,43E-03	2,45E-03
Naphtalène	2,97E-03	2,50E-03	2,53E-03	2,37E-03	2,39E-03	2,32E-03	2,35E-03
Ammoniac NH ₃	3,66E-03	6,55E-03	6,57E-03	1,26E-02	1,26E-02	1,25E-02	1,26E-02
Nickel	2,12E-05	3,20E-05	3,24E-05	4,78E-05	4,82E-05	4,69E-05	4,73E-05
Plomb	6,94E-06	8,72E-06	8,80E-06	1,14E-05	1,15E-05	1,12E-05	1,13E-05
Toluène	3,56E-06	1,04E-06	1,06E-06	1,74E-06	1,76E-06	1,71E-06	1,72E-06
Xylènes	5,88E-04	2,50E-04	2,53E-04	4,53E-04	4,57E-04	4,34E-04	4,37E-04
Particules diesel	4,17E-01	6,48E-02	6,54E-02	3,88E-02	3,92E-02	3,80E-02	3,82E-02
Propionaldéhyde	2,43E-03	1,34E-03	1,35E-03	2,48E-03	2,51E-03	2,31E-03	2,33E-03
16 HAP eq. BaP	1,58E-01	1,40E-01	1,41E-01	1,31E-01	1,32E-01	1,28E-01	1,29E-01

Tableau 39 : Quotients de dangers maximaux par composé – Voie inhalation - scénario Résident du projet

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario Résident Habitations du Projet		
	2035 Projet	2055 SD Projet	2055 AD Projet
Acétaldéhyde	1,07E-04	1,93E-04	1,60E-04
Acroléine	4,51E-02	7,97E-02	6,58E-02
Arsenic	4,75E-05	6,17E-05	5,83E-05
Benzène	5,98E-04	7,45E-04	7,02E-04
1,3-butadiène	5,74E-03	1,11E-02	9,19E-03
Cadmium	9,47E-07	1,27E-06	1,20E-06
Chrome	1,12E-03	1,22E-03	1,13E-03
Dioxines	3,76E-08	3,68E-08	3,50E-08
Éthylbenzène	1,66E-06	2,62E-06	2,51E-06
Formaldéhyde	2,74E-07	1,80E-14	3,79E-04
Furanes	5,62E-08	5,54E-08	5,27E-08
Mercure	9,23E-04	1,11E-03	1,04E-03
Naphtalène	1,31E-03	1,25E-03	1,20E-03
Ammoniac NH ₃	2,14E-03	3,76E-03	3,65E-03
Nickel	1,65E-05	2,41E-05	2,29E-05
Plomb	4,11E-06	5,38E-06	5,08E-06
Toluène	6,54E-07	1,00E-06	9,55E-07
Xylènes	1,35E-04	2,26E-04	2,06E-04
Particules diesel	3,01E-02	1,73E-02	1,62E-02
Propionaldéhyde	5,94E-04	1,08E-03	8,91E-04
16 HAP eq. BaP	6,28E-02	5,74E-02	5,34E-02

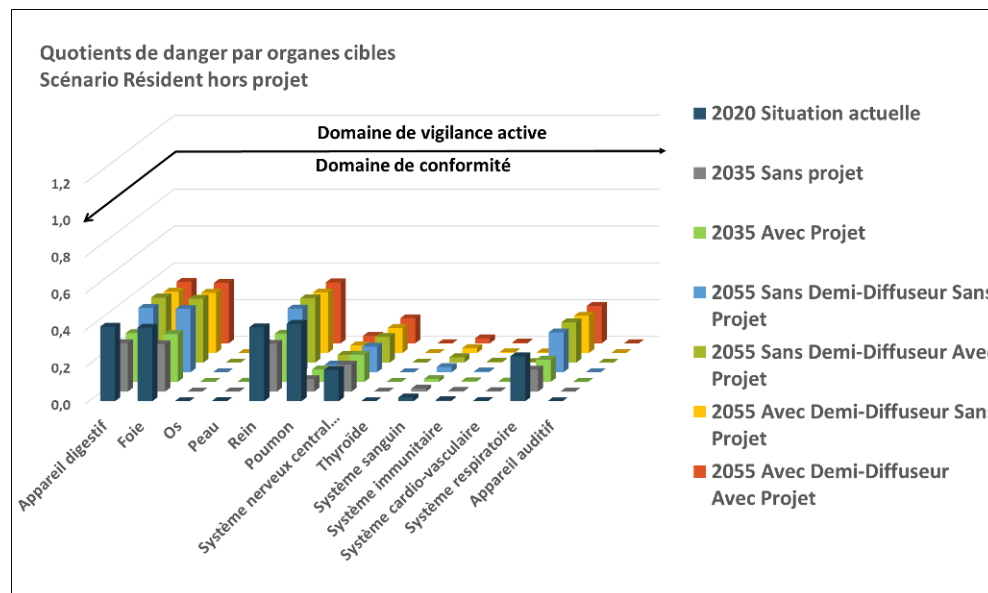


Figure 94 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Résident - Voie inhalation – Zones d'habitations hors projet

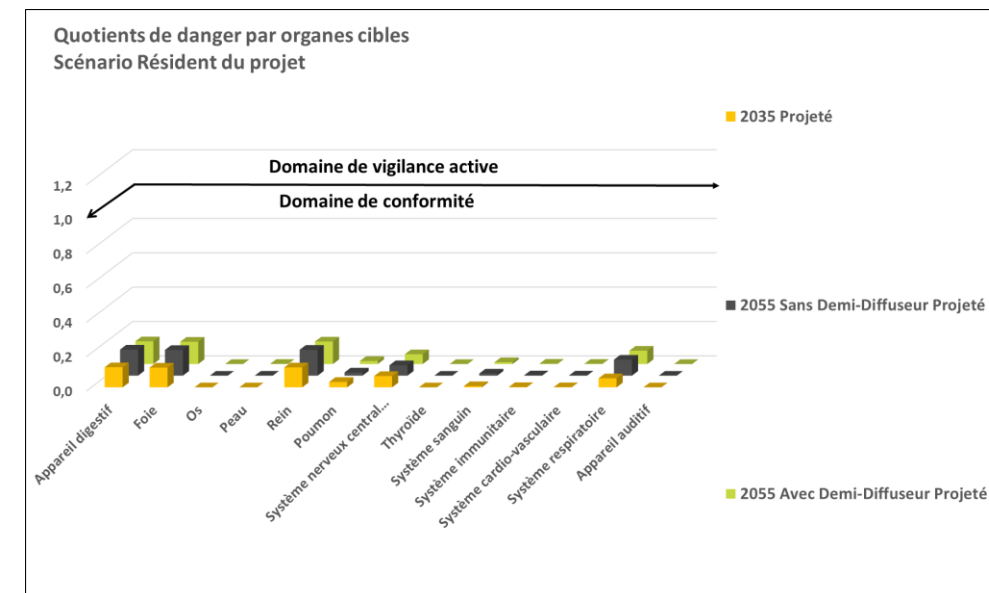


Figure 95 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Résident - Voie inhalation – Emprise projet

Scénario « Travailleur »

Tableau 40 : Quotients de dangers maximaux par composé – Voie inhalation – scénario Travailleur habitants hors projet

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario Travailleur au sein du projet Max Projet - Habitant hors projet		
	2035 Avec projet	2055 SD Projet	2055 AD Projet
Acétaldéhyde	2,65E-04	4,91E-04	4,63E-04
Acroléine	1,13E-01	2,03E-01	1,92E-01
Arsenic	1,13E-04	1,47E-04	1,44E-04
Benzène	1,14E-03	1,56E-03	1,53E-03
1,3-butadiène	1,45E-02	2,84E-02	2,68E-02
Cadmium	2,21E-06	2,97E-06	2,92E-06
Chrome	2,97E-03	3,27E-03	3,21E-03
Dioxines	8,29E-08	7,95E-08	7,82E-08
Éthylbenzène	3,25E-06	5,61E-06	5,53E-06
Formaldéhyde	6,30E-04	1,08E-03	1,08E-02
Furanes	1,24E-07	1,19E-07	1,17E-07
Mercur	2,31E-03	2,77E-03	2,73E-03
Naphtalène	2,83E-03	2,67E-03	2,63E-03
Ammoniac NH ₃	7,26E-03	1,39E-02	1,39E-02
Nickel	3,60E-05	5,37E-05	5,29E-05
Plomb	9,77E-06	1,28E-05	1,26E-05
Toluène	1,21E-06	1,99E-06	1,95E-06
Xylènes	2,83E-04	5,07E-04	4,89E-04
Particules diesel	7,23E-02	4,33E-02	4,24E-02
Propionaldéhyde	1,48E-03	2,74E-03	2,59E-03
16 HAP eq. BaP	1,56E-01	1,46E-01	1,43E-01

Tableau 41 : Quotients de dangers maximaux par composé – Voie inhalation – scénario Travailleur habitants du projet

Seuil d'acceptabilité = 1	Scénario Travailleur au sein du projet Max Projet – Habitants du projet		
	2035 Avec projet	2055 SD Projet	2055 AD Projet
Acétaldéhyde	1,59E-04	2,90E-04	2,62E-04
Acroléine	6,74E-02	1,20E-01	1,08E-01
Arsenic	7,05E-05	9,15E-05	8,85E-05
Benzène	8,20E-04	1,05E-03	1,01E-03
1,3-butadiène	8,61E-03	1,67E-02	1,51E-02
Cadmium	1,39E-06	1,87E-06	1,81E-06
Chrome	1,75E-03	1,91E-03	1,83E-03
Dioxines	5,41E-08	5,24E-08	5,09E-08
Éthylbenzène	2,30E-06	3,74E-06	3,65E-06
Formaldéhyde	1,79E-04	1,22E-02	6,21E-04
Furanes	8,08E-08	7,89E-08	7,65E-08
Mercur	1,40E-03	1,68E-03	1,62E-03
Naphtalène	1,86E-03	1,77E-03	1,73E-03
Ammoniac NH ₃	3,78E-03	6,97E-03	6,87E-03
Nickel	2,36E-05	3,48E-05	3,38E-05
Plomb	6,09E-06	7,96E-06	7,70E-06
Toluène	8,91E-07	1,40E-06	1,35E-06
Xylènes	1,91E-04	3,25E-04	3,08E-04
Particules diesel	4,46E-02	2,61E-02	2,51E-02
Propionaldéhyde	8,85E-04	1,62E-03	1,46E-03
16 HAP eq. BaP	9,50E-02	8,75E-02	8,40E-02

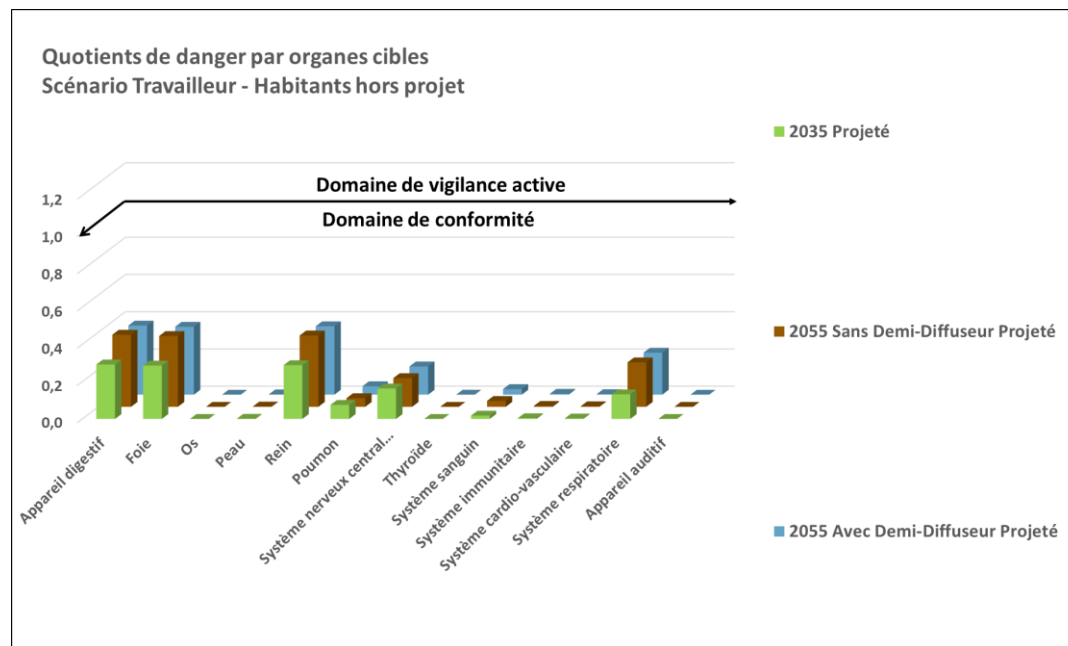


Figure 96 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Travailleur - habitants hors projet

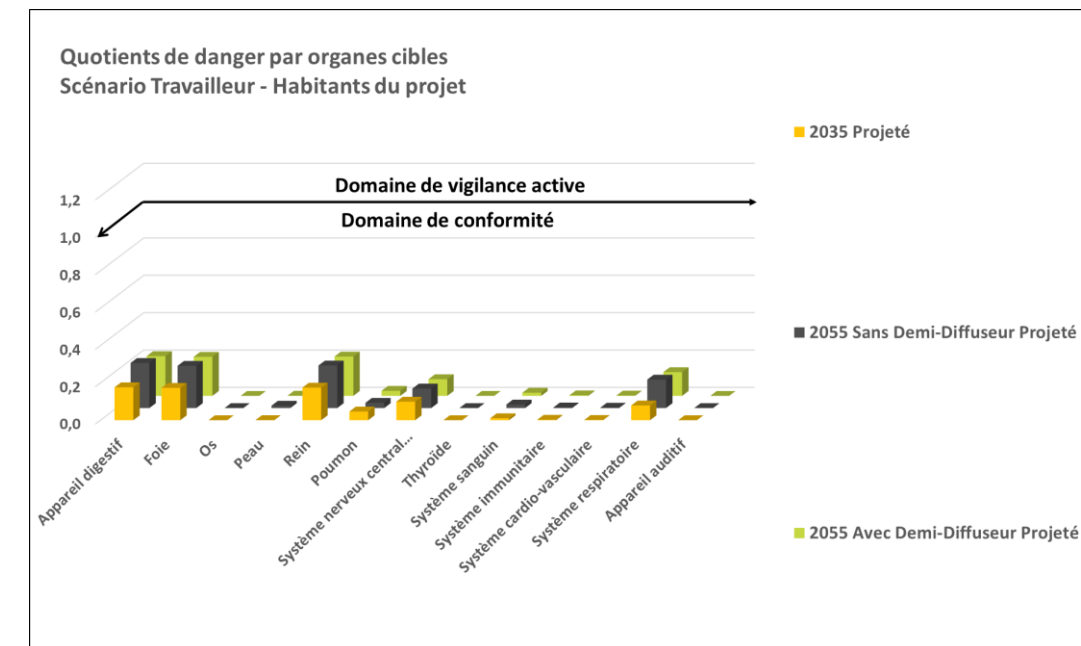


Figure 97 : Quotients de danger cumulés par organes-cibles - Scénario Travailleur - habitants du projet

En tenant compte uniquement des concentrations dans l'air induites par les émissions provenant des voies de circulation du réseau d'étude, il est possible de constater que :

- Les Quotients de Danger (QD) sont tous inférieurs à 1 (domaine de conformité), et cela, même en les additionnant par organe-cible ; quels que soient les horizons, situations et scénarios d'exposition examinés.
- Les QD calculés pour les résidents de la zone d'étude (en dehors du projet) pour les situations projetées sont équivalents aux QD calculés en situations Fil de l'eau (différences non significatives entre les valeurs des QD).
- Les QD calculés pour les résidents du projet sont inférieurs aux QD calculés pour les résidents hors projet les plus exposés de la zone d'étude à horizon équivalent.

La réalisation du projet n'est pas de nature à exercer d'impact significatif sur la santé des populations environnantes comparativement à la situation sans projet (différences négligeables pour les valeurs des indicateurs sanitaires entre les situations 'Fil de l'Eau' et 'projet') pour ce qui concerne les effets à seuils.

La localisation du projet n'engendre pas de risque sanitaire plus important pour les effets à seuil pour les futurs résidents du projet comparativement aux résidents de la zone d'étude hors emprise projet.

Les QD pour les travailleurs du projet sont sensiblement équivalents qu'ils résident en dehors ou au sein du projet et sont situés dans le domaine de conformité.

9.4. ÉVALUATION DE L'INDICATEUR SANITAIRE POUR LES EFFETS SANS SEUILS : CALCUL DE L'EXCÈS 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.

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

Les ERI calculés pour les différents scénarios d'exposition sont présentés dans les tableaux et figures ci-après.

❖ **Scénario « Enfant »**

Notes : Parmi les crèches et les écoles (maternelle, primaire) existantes en l'état actuel, la crèche (0 à 3 ans), l'école maternelle (4 à 6 ans) et primaire (4 à 11 ans) les plus exposées à la pollution ont été utilisées pour calculer les ERIs.

Tableau 42 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « Enfant » - Habitants hors Projet

ENFANT Habitant hors projet	2020 Actuel	2035 FDE	2035 Projetée	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
Acétaldéhyde	2,23E-08	1,19E-08	1,21E-08	2,21E-08	2,24E-08	2,04E-08	2,06E-08
Arsenic	2,58E-11	3,22E-11	3,26E-11	4,16E-11	4,21E-11	4,07E-11	4,11E-11
Benzène	1,62E-07	3,68E-08	3,75E-08	5,10E-08	5,17E-08	4,97E-08	5,04E-08
1,3-butadiène	1,15E-09	8,95E-10	9,08E-10	1,77E-09	1,79E-09	1,63E-09	1,64E-09
Cadmium	9,44E-10	1,23E-09	1,25E-09	1,65E-09	1,67E-09	1,62E-09	1,63E-09
Chrome	4,29E-07	4,49E-07	4,54E-07	4,95E-07	4,99E-07	4,83E-07	4,87E-07
Dioxines	5,52E-11	1,58E-11	1,61E-11	1,52E-11	1,54E-11	1,49E-11	1,51E-11
Éthylbenzène	5,20E-09	1,51E-09	1,54E-09	2,63E-09	2,67E-09	2,59E-09	2,62E-09
Formaldéhyde	9,88E-08	5,19E-08	5,27E-08	9,69E-08	9,81E-08	8,94E-08	9,01E-08
Furanes	2,36E-11	6,84E-12	6,94E-12	6,62E-12	6,70E-12	6,46E-12	6,55E-12
Naphtalène	4,73E-08	3,98E-08	4,04E-08	3,77E-08	3,83E-08	3,69E-08	3,74E-08
Nickel	1,18E-10	1,77E-10	1,80E-10	2,65E-10	2,68E-10	2,59E-10	2,62E-10
Plomb	1,06E-11	1,33E-11	1,35E-11	1,74E-11	1,76E-11	1,70E-11	1,72E-11
Particules diesel	9,94E-06	1,55E-06	1,57E-06	9,30E-07	9,42E-07	9,07E-07	9,15E-07
16 HAP eq BaP	4,91E-08	4,33E-08	4,38E-08	4,05E-08	4,09E-08	3,94E-08	3,98E-08
Cumulé	1,08E-05	2,19E-06	2,22E-06	1,68E-06	1,70E-06	1,63E-06	1,65E-06

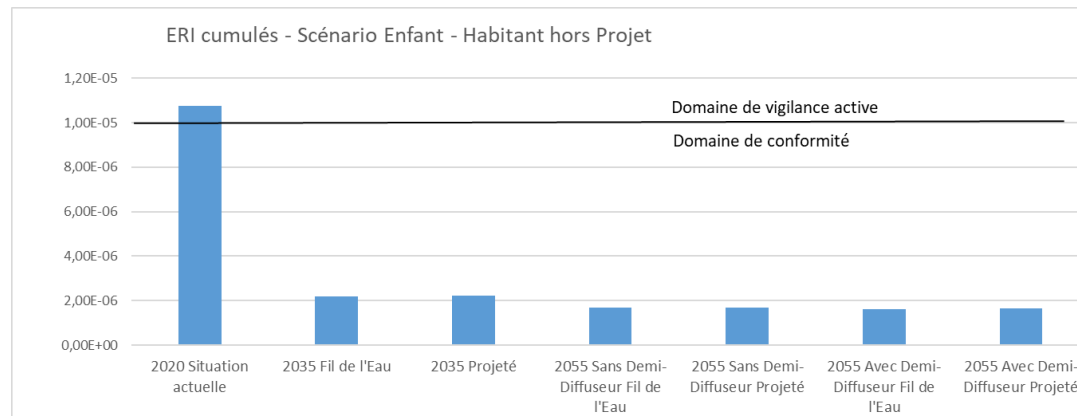


Figure 98 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario enfant (de 0 à 11 ans) – Habitants hors Projet

Tableau 43 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « Enfant » - Habitants du Projet

ENFANT Habitant projet	2035 Projetée	2055 SD Projet	2055 AD Projet
Acétaldéhyde	5,85E-09	1,07E-08	8,76E-09
Arsenic	1,65E-11	2,14E-11	2,02E-11
Benzène	2,37E-08	2,96E-08	2,79E-08
1,3-butadiène	4,35E-10	8,44E-10	6,95E-10
Cadmium	6,43E-10	8,63E-10	8,16E-10
Chrome	2,09E-07	2,28E-07	2,11E-07
Dioxines	8,78E-12	8,58E-12	8,16E-12
Éthylbenzène	9,51E-10	1,50E-09	1,44E-09
Formaldéhyde	2,54E-08	4,64E-08	3,82E-08
Furanes	3,80E-12	3,74E-12	3,55E-12
Naphtalène	2,30E-08	2,21E-08	2,11E-08
Nickel	9,90E-11	1,45E-10	1,38E-10
Plomb	6,85E-12	8,96E-12	8,45E-12
Particules diesel	7,91E-07	4,56E-07	4,26E-07
16 HAP eq BaP	2,13E-08	1,95E-08	1,82E-08
Cumulé	1,10E-06	8,15E-07	7,54E-07

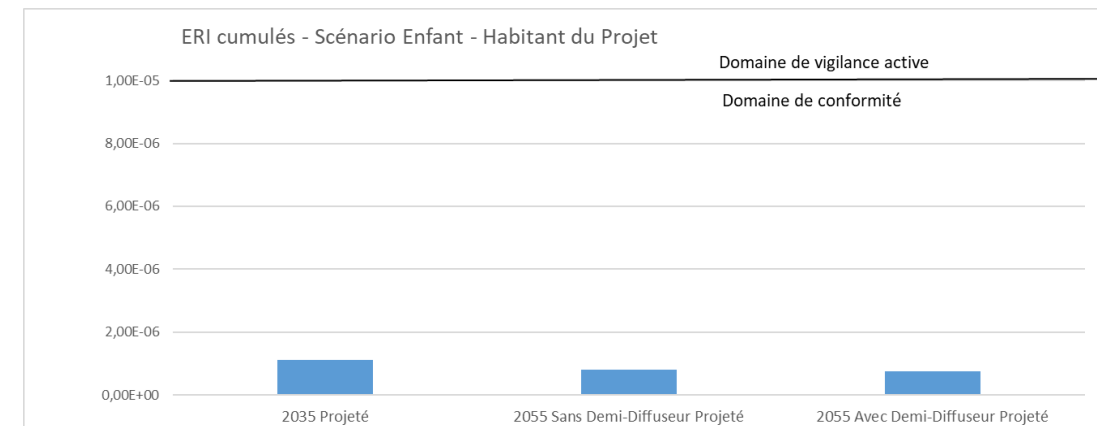


Figure 99 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario enfant (de 0 à 11 ans) – Habitants du Projet

Pour le scénario « Enfant » :

En considérant les ERI par composés, pour l'ensemble des horizons, situations et scénarios d'exposition, 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, situations et scénarios d'exposition (excepté pour l'horizon actuel 2020, pour les enfants habitants hors projet).

❖ Scénario « Résident »

Tableau 44 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « Résident hors projet »

Résident Hors Projet	2020 Actuel	2035 FDE	2035 Projetée	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
Acétaldéhyde	3,37E-08	1,80E-08	1,82E-08	3,35E-08	3,39E-08	3,13E-08	3,14E-08
Arsenic	3,92E-11	4,89E-11	4,93E-11	6,32E-11	6,37E-11	6,20E-11	6,25E-11
Benzène	2,43E-07	5,52E-08	5,60E-08	7,69E-08	7,77E-08	7,52E-08	7,59E-08
1,3-butadiène	1,75E-09	1,36E-09	1,37E-09	2,68E-09	2,71E-09	2,50E-09	2,51E-09
Cadmium	1,43E-09	1,86E-09	1,88E-09	2,51E-09	2,53E-09	2,46E-09	2,48E-09
Chrome	6,53E-07	6,86E-07	6,91E-07	7,55E-07	7,60E-07	7,40E-07	7,44E-07
Dioxines	8,37E-11	2,39E-11	2,42E-11	2,30E-11	2,32E-11	2,25E-11	2,28E-11
Éthylbenzène	7,78E-09	2,28E-09	2,30E-09	3,98E-09	4,02E-09	3,92E-09	3,95E-09
Formaldéhyde	1,50E-07	7,87E-08	7,96E-08	1,47E-07	1,48E-07	1,37E-07	1,38E-07
Furanes	3,57E-11	1,03E-11	1,05E-11	9,99E-12	1,01E-11	9,79E-12	9,88E-12
Naphtalène	1,32E-07	1,11E-07	1,12E-07	1,05E-07	1,06E-07	1,03E-07	1,04E-07
Nickel	1,77E-10	2,68E-10	2,71E-10	4,00E-10	4,04E-10	3,93E-10	3,96E-10
Plomb	1,61E-11	2,02E-11	2,04E-11	2,64E-11	2,66E-11	2,58E-11	2,61E-11
Particules diesel	1,52E-05	2,36E-06	2,38E-06	1,41E-06	1,43E-06	1,38E-06	1,39E-06
16 HAP eq BaP	7,46E-08	6,59E-08	6,65E-08	6,16E-08	6,21E-08	6,03E-08	6,07E-08
Cumulé	1,65E-05	3,38E-06	3,41E-06	2,60E-06	2,63E-06	2,54E-06	2,56E-06

Tableau 45 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « Résident du projet »

Résident Hors Projet	2035 Projetée	2055 SD Projet	2055 AD Projet
Acétaldéhyde	8,04E-09	1,46E-08	1,21E-08
Arsenic	2,29E-11	2,98E-11	2,81E-11
Benzène	3,33E-08	4,15E-08	3,91E-08
1,3-butadiène	5,98E-10	1,16E-09	9,57E-10
Cadmium	8,94E-10	1,20E-09	1,14E-09
Chrome	2,88E-07	3,15E-07	2,91E-07
Dioxines	1,23E-11	1,20E-11	1,14E-11
Éthylbenzène	1,34E-09	2,11E-09	2,02E-09
Formaldéhyde	3,79E-11	2,50E-18	5,25E-08
Furanes	5,30E-12	5,23E-12	4,97E-12
Naphtalène	5,79E-08	5,55E-08	5,31E-08
Nickel	1,38E-10	2,02E-10	1,92E-10
Plomb	9,52E-12	1,25E-11	1,18E-11
Particules diesel	1,10E-06	6,30E-07	5,89E-07
16 HAP eq BaP	2,96E-08	2,71E-08	2,52E-08
Cumulé	1,52E-06	1,09E-06	1,07E-06

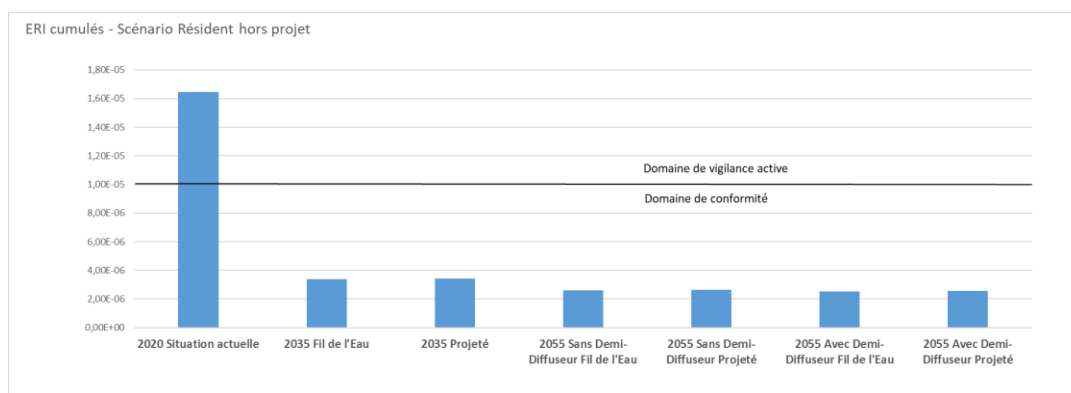


Figure 100 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario résident hors projet

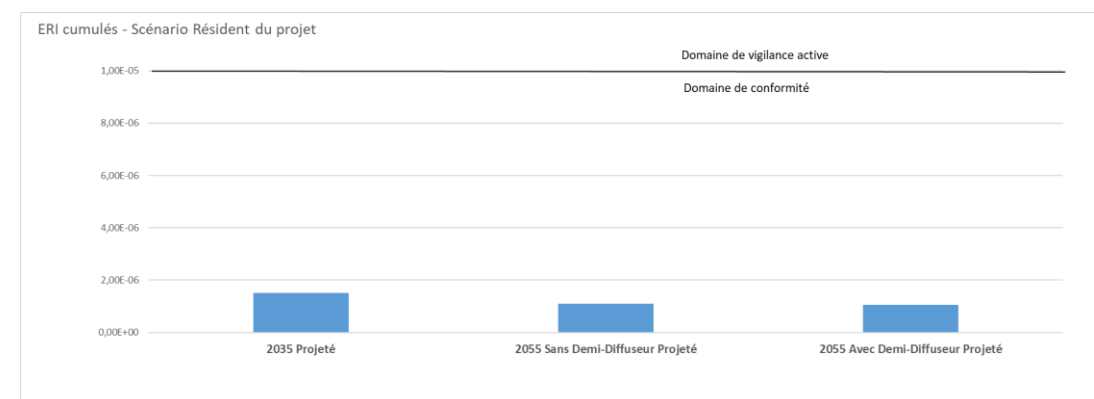


Figure 101 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario résident du projet

Pour le scénario « Résident » :

En considérant les ERI par composés, pour l'ensemble des horizons, situations et scénarios d'exposition, 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}) ; excepté les Particules diesel en situation Actuelle 2020 pour les Résidents Hors Projet.

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, situations et scénarios d'exposition (excepté le scénario Actuel 2020 pour les Résidents hors projet).

❖ **Scénario « Travailleur »**

Tableau 46 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « Travailleur du projet » - Habitants hors Projet

Travailleur Habitant hors projet	2035 Projetée	2055 SD Projet	2055 AD Projet
Acétaldéhyde	1,47E-08	2,72E-08	2,56E-08
Arsenic	4,01E-11	5,19E-11	5,11E-11
Benzène	4,65E-08	6,38E-08	6,26E-08
1,3-butadiène	1,10E-09	2,17E-09	2,05E-09
Cadmium	1,53E-09	2,06E-09	2,03E-09
Chrome	5,61E-07	6,16E-07	6,06E-07
Dioxines	1,98E-11	1,90E-11	1,87E-11
Éthylbenzène	1,91E-09	3,31E-09	3,26E-09
Formaldéhyde	4,59E-08	8,54E-08	1,12E-07
Furanes	8,55E-12	8,25E-12	8,12E-12
Naphtalène	9,20E-08	8,69E-08	8,56E-08
Nickel	2,21E-10	3,30E-10	3,25E-10
Plomb	1,66E-11	2,16E-11	2,13E-11
Particules diesel	1,93E-06	1,16E-06	1,13E-06
16 HAP eq BaP	5,41E-08	5,04E-08	4,95E-08
Cumulé	2,75E-06	2,09E-06	2,08E-06

Tableau 47 : Excès de risque individuel – Voie inhalation - scénario « Travailleur du projet » - Habitants du projet

Travailleur Habitant projet	2035 Projetée	2055 SD Projet	2055 AD Projet
Acétaldéhyde	8,79E-09	1,60E-08	7,52E-09
Arsenic	2,49E-11	3,23E-11	1,51E-11
Benzène	3,35E-08	4,30E-08	1,89E-08
1,3-butadiène	6,58E-10	1,28E-09	6,01E-10
Cadmium	9,64E-10	1,29E-09	6,00E-10
Chrome	3,29E-07	3,60E-07	1,77E-07
Dioxines	1,29E-11	1,25E-11	5,58E-12
Éthylbenzène	1,36E-09	2,20E-09	9,86E-10
Formaldéhyde	1,82E-08	1,24E-06	3,29E-08
Furanes	5,58E-12	5,45E-12	2,43E-12
Naphtalène	6,07E-08	5,78E-08	2,56E-08
Nickel	1,45E-10	2,14E-10	9,68E-11
Plomb	1,03E-11	1,35E-11	6,30E-12
Particules diesel	1,19E-06	6,97E-07	3,31E-07
16 HAP eq BaP	3,28E-08	3,02E-08	1,45E-08
Cumulé	1,68E-06	2,45E-06	6,10E-07

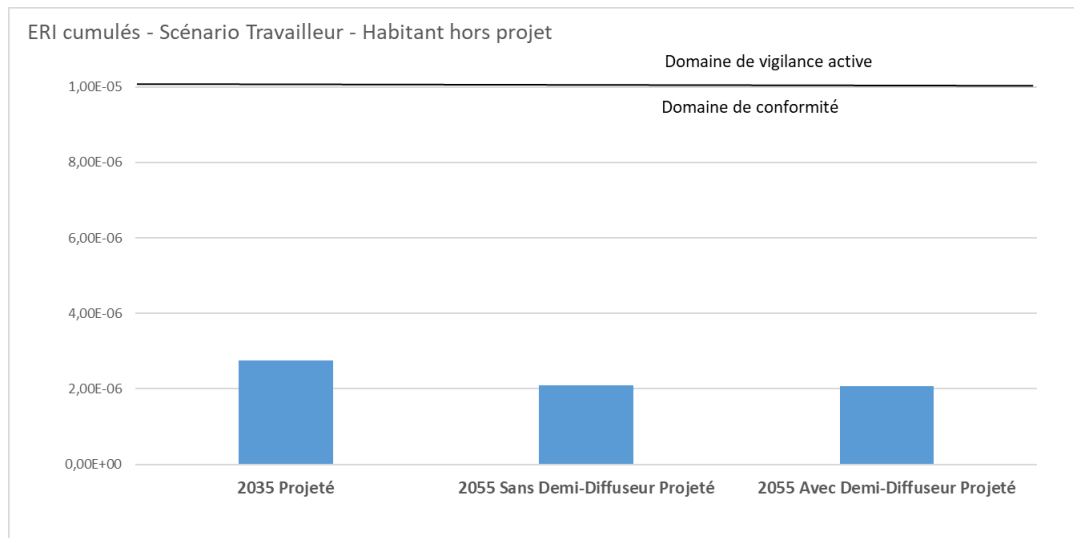


Figure 102 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario travailleur du Projet – Habitant hors Projet

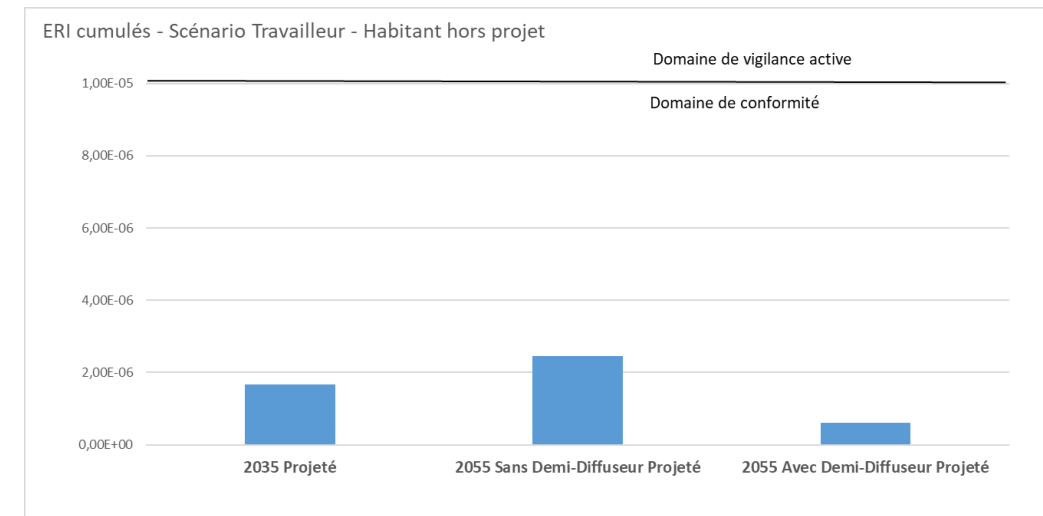


Figure 103 : ERI cumulés – Voie inhalation - scénario travailleur du Projet– Habitant du projet

Pour le scénario « Travailleur du Projet » :

En considérant les ERI par composés, pour l'ensemble des horizons, situations et scénarios d'exposition, 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, situations et scénarios d'exposition (que les personnes travaillant sur l'emprise projet résident au sein du projet ou en dehors du projet).

En tenant compte des concentrations dans l'air induites par les émissions provenant des voies de circulation du réseau d'étude, il est possible de constater que :

- Les ERI par composé et les ERI cumulés sont tous inférieurs à 10^{-5} et donc tous situés dans le domaine de conformité aux horizons futurs 2035 et 2055. **En situation actuelle 2020, pour les scénarios d'exposition Enfant et Résident hors projet), l'ERI cumulé est légèrement supérieur à 10^{-5} . Les ERI individuels sont quant à eux tous inférieurs au seuil de 10^{-5} . Les composés présentant l'ERI les plus élevés sont les particules diesel. Pour rappel, il a été pris pour hypothèse majorante que l'ensemble des particules à l'échappement sont des particules diesel. L'exposition réelle actuelle aux particules diesel est vraisemblablement moindre.**
- Les ERI cumulés aux horizons futurs sont tous inférieurs à ceux en situation actuelle.
- Les ERI cumulés calculés pour les riverains de la zone d'étude (en dehors du projet) pour la situation projetée sont équivalents aux ERI cumulés calculés en situation Fil de l'eau (différences non significatives entre les valeurs des ERI cumulés).
- Les ERI cumulés calculés pour les travailleurs du projet sont largement situés dans le domaine de confirmé, qu'ils résident en dehors ou au sein du projet.
- Les résidents du projet seront moins exposés que les résidents hors projet (indicateurs sanitaires inférieurs).

La réalisation du projet n'est pas de nature à exercer d'impact significatif sur la santé des populations environnantes comparativement à la situation sans projet (différences minimales voire négligeables pour les valeurs des indicateurs sanitaires entre les situations 'Fil de l'Eau' et 'projet') pour ce qui concerne les effets sans seuils.

La localisation du projet n'engendre pas de risque sanitaire supérieur pour les futurs résidents/travailleurs du projet comparativement aux riverains de la zone d'étude hors emprise projet, concernant les effets sans seuil. En effet, les indicateurs sanitaires pour les résidents projet sont inférieurs à ceux calculés pour les riverains les plus exposés de la zone.

9.5. CAS PARTICULIER DES PRINCIPAUX POLLUANTS NE DISPOSANT PAS DE VTR – EXPOSITION CHRONIQUE

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 PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$.

Les concentrations maximales calculées (recalées avec les concentrations de fond) au niveau des lieux vulnérables existants, les concentrations maximales au niveau des zones d'habitations hors projet pour les riverains hors emprise projet, les concentrations calculées sur les lots à vocation de logements pour les résidents du projet et les concentrations maximales sur l'emprise projet pour les travailleurs du projet sont comparées aux recommandations annuelles de l'OMS pour le NO_2 , les PM_{10} et les $\text{PM}_{2,5}$. Rappel : les concentrations de fond sont ajoutées aux résultats des modélisations afin de tenir compte des autres sources d'émissions de la zone d'étude et ainsi assurer une comparaison aux valeurs de l'OMS plus représentative au regard des seuils de dangerosité pour la santé de la pollution de l'air.

Tableau 48 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les substances sans VTR – NO_2

NO ₂ (µg/m ³) Moyenne annuelle	Recommandation annuelle de l'OMS			10 µg/m ³			
	2020 Actuel	2035 Fil de l'eau	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
ZONE RIVERAINS - MAX	31,6	12,0	12,1	4,1	4,2	4,1	4,1
MAX CRECHES	20,7	7,8	7,9	2,7	2,7	2,6	2,7
MATERNELLE	15,0	5,7	5,8	2,0	2,0	1,9	2,0
PRIMAIRE	15,2	5,7	5,9	2,0	2,0	2,0	2,0
Travailleur projet	-	-	16,7	-	5,7	-	5,7
Résident projet	-	-	7,1	-	2,5	-	2,4
Nota Bene	Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis, ainsi que les autoroutes A8 et A57, auxquels sont ajoutés les concentrations de fond urbain afin de tenir compte des autres sources d'émissions de la zone d'étude et ainsi assurer une comparaison aux valeurs de l'OMS plus représentative au regard des seuils de dangerosité pour la santé de la pollution de l'air						

Seuil respecté

Seuil dépassé

Tableau 49 : 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	2035 Fil de l'eau	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
ZONE RIVERAINS - MAX	22,4	16,9	16,9	18,8	18,9	18,7	18,8
MAX CRECHES	20,4	15,4	15,5	17,2	17,3	17,0	17,1
MATERNELLE	19,4	14,7	14,8	16,4	16,5	16,3	16,4
PRIMAIRE	19,4	14,7	14,8	16,4	16,5	16,3	16,4
Travailleur projet	-	-	19,0	-	21,2	-	21,1
Résident projet	-	-	15,3	-	17,1	-	17,0
Nota Bene	Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis, ainsi que les autoroutes A8 et A57 et les émissions du passage des trains sur la ligne 930, auxquels sont ajoutés les concentrations de fond urbain afin de tenir compte des autres sources d'émissions de la zone d'étude et ainsi assurer une comparaison aux valeurs de l'OMS plus représentative au regard des seuils de dangerosité pour la santé de la pollution de l'air						

Seuil respecté

Seuil dépassé

Tableau 50 : 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	2035 Fil de l'eau	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
ZONE RIVERAINS - MAX	14,3	8,7	8,7	9,5	9,5	9,4	9,4
MAX CRECHES	12,8	7,8	7,8	8,5	8,5	8,4	8,4
MATERNELLE	11,9	7,2	7,3	7,9	7,9	7,8	7,9
PRIMAIRE	11,9	7,2	7,3	7,9	7,9	7,8	7,9
Travailleur projet	-	-	9,7	-	10,5	-	10,5
Résident projet	-	-	7,6	-	8,3	-	8,2
Nota Bene	Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis, ainsi que les autoroutes A8 et A57, auxquels sont ajoutés les concentrations de fond urbain afin de tenir compte des autres sources d'émissions de la zone d'étude et ainsi assurer une comparaison aux valeurs de l'OMS plus représentative au regard des seuils de dangerosité pour la santé de la pollution de l'air						

Seuil respecté

Seuil dépassé

Pour tous les horizons (2020, 2035 et 2055) et toutes les situations (fil de l'eau et projet, avec ou sans demi-diffuseur), il est possible de constater que les lieux vulnérables les plus exposés, les riverains de la zone d'étude et les résidents et travailleurs du projet sont exposés à des dépassements des recommandations annuelles de l'OMS pour les PM10 et les PM2,5. En situation projetée, les travailleurs du projet sont plus exposés que les résidents hors projet, eux-mêmes plus exposés que les résidents du projet.

De plus, les riverains de la zone d'étude et les lieux vulnérables sont exposés à des teneurs en NO₂ dépassant la recommandation annuelle de l'OMS en situation actuelle. En 2035, seuls les riverains de la zone d'étude et les travailleurs du projet seront exposés au dépassement de ce seuil. La concentration en NO₂ modélisée en 2035 au niveau des logements projet est inférieure à la recommandation de l'OMS.

À l'horizon 2055,

En situation projetée, les travailleurs sont plus exposés que les résidents hors projet, eux-mêmes plus exposés que les résidents du projet.

Les concentrations en NO₂ et en particules fines PM10 et PM2,5 calculées aux horizons futurs (2035 et 2055) sont toutes inférieures à celles calculées en situation actuelle. La réalisation du projet en comparaison à la situation sans projet ne va pas modifier l'exposition des populations riveraines de la zone d'étude. Les différences de concentrations sont nulles ou non significatives entre les situations projet et fil de l'eau correspondante.

Les concentrations calculées pour les travailleurs du projet sont supérieures à celles calculées pour les résidents hors projet, à situation et horizon équivalents. Cela est dû à la présence autoroutière à proximité immédiate du projet.

Les concentrations calculées pour les résidents du projet sont inférieures à celles calculées pour les résidents hors projet, à situation et horizon équivalents. **Les futurs résidents du projet seront donc moins exposés que les résidents hors projet les plus exposés.**

En définitive, les travailleurs du projet seront plus exposés à la pollution atmosphérique (NO₂, PM10 et PM2,5, en moyenne annuelle) que les habitants de la zone d'étude hors du projet. L'exposition des riverains de la zone d'étude n'est pas significativement modifiée par la réalisation du projet.

De plus, les futurs résidents du projet seront moins exposés que les résidents hors projet les plus exposés.

9.6. 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 résultats des modélisations, en moyennes horaire et journalières, recalés avec les concentrations de fond, sont reportés dans les tableaux suivants et sont comparés aux valeurs guide horaires/journalières de l'OMS pour le NO₂, les PM10 et les PM2,5 pour chaque type de lieu vulnérable existant (établissement le plus exposé), pour les habitants hors projet (concentrations maximales calculées au niveau des zones d'habitations hors projet) et pour les habitants/travailleurs du projet (concentrations maximales calculées sur l'emprise projet pour les travailleurs et concentrations calculées sur les lots à vocation de logements pour les résidents du projet).

Les résultats sont regroupés dans les tableaux ci-après.

Tableau 51 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les effets aigus – NO₂

NO ₂ (µg/m ³) Percentile 99 des concentrations moyennes journalières	Recommandation journalière de l'OMS			25 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an			
	2020 Actuel	2035 Fil de l'eau	2035 Projetée	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
	ZONE RIVERAINS MAX	46,6	17,7	17,9	6,1	6,1	6,0
MAX CRECHE	26,2	9,8	10,0	3,4	3,5	3,3	3,3
MAX MATERNELLE	20,6	7,8	8,0	2,7	2,8	2,6	2,7
PRIMAIRE	20,8	7,9	8,1	2,7	2,8	2,6	2,7
Travailleur Projet	-	-	22,0	-	7,6	-	7,5
Résident projet	-	-	9,9	-	3,4	-	3,3
NO ₂ (µg/m ³) Concentration moyenne horaire maximale	Recommandation horaire de l'OMS			200 µg/m ³			
	2020 Actuel	2035 Fil de l'eau	2035 Projetée	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
	ZONE RIVERAINS MAX	153,0	58,5	58,6	20,1	20,1	20,0
MAX CRECHE	58,2	22,1	22,2	7,6	7,7	7,5	7,5
MAX MATERNELLE	47,4	17,6	18,3	6,2	6,5	6,0	6,2
PRIMAIRE	46,9	17,6	18,3	6,2	6,4	6,0	6,2
Travailleur Projet	-	-	63,8	-	21,9	-	21,9
Résident projet	-	-	23,4	-	8,3	-	7,9
Nota Bene	Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis, ainsi que les autoroute A8 et A57, recalés avec les concentrations de fond urbain afin de tenir compte des autres sources d'émissions de la zone d'étude et ainsi assurer une comparaison aux valeurs de l'OMS plus représentative au regard des seuils de dangerosité pour la santé de la pollution de l'air						

Seuil respecté Seuil dépassé

Tableau 52 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les effets aigus – PM10

PM10 (µg/m ³) Percentile 99 des concentrations moyennes journalières	Recommandation journalière de l'OMS			45 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an			
	2020 Actuel	2035 Fil de l'eau	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
	ZONE RIVERAINS - MAX	24,4	18,1	18,1	20,1	20,2	20,0
MAX CRECHES	20,9	15,5	15,5	17,2	17,3	17,1	17,1
MATERNELLE	20,1	15,0	15,2	16,7	16,9	16,5	16,7
PRIMAIRE	20,1	15,0	15,1	16,6	16,8	16,5	16,7
Travailleur Projet	-	-	20,0	-	22,2	-	22,1
Résident projet	-	-	15,9	-	17,6	-	17,4
Nota Bene	Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis, ainsi que les autoroutes A8 et A57 et les émissions du passage des trains sur la ligne 930, auxquels sont ajoutés les concentrations de fond urbain afin de tenir compte des autres sources d'émissions de la zone d'étude et ainsi assurer une comparaison aux valeurs de l'OMS plus représentative au regard des seuils de dangerosité pour la santé de la pollution de l'air						

Seuil respecté Seuil dépassé

Tableau 53 : Comparaison aux recommandations de l'OMS pour les effets aigus – PM2,5

PM2,5 (µg/m ³) Percentile 99 des concentrations moyennes journalières	Recommandation journalière de l'OMS			15 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an			
	2020 Actuel	2035 Fil de l'eau	2035 Projet	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
	ZONE RIVERAINS - MAX	14,3	8,6	8,6	9,3	9,3	9,2
MAX CRECHES	11,7	7,0	7,0	7,6	7,7	7,5	7,5
MATERNELLE	10,9	6,5	6,6	7,1	7,2	7,0	7,1
PRIMAIRE	10,9	6,5	6,6	7,1	7,2	7,0	7,1
Travailleur Projet	-	-	9,4	-	10,2	-	10,2
Résident projet	-	-	7,0	-	7,6	-	7,5
Nota Bene	Ces résultats considèrent uniquement l'effet des émissions des brins routiers dont les trafics ont été fournis, ainsi que les autoroutes A8 et A57, auxquels sont ajoutés les concentrations de fond urbain afin de tenir compte des autres sources d'émissions de la zone d'étude et ainsi assurer une comparaison aux valeurs de l'OMS plus représentative au regard des seuils de dangerosité pour la santé de la pollution de l'air						

Seuil respecté Seuil dépassé

Les recommandations journalières de l'OMS pour les PM10 et les PM2,5, et la recommandation horaire de l'OMS pour le NO₂ sont respectées pour l'ensemble des lieux vulnérables, pour les résidents hors projet et pour les résidents/travailleurs du projet pour tous les horizons et situations. La recommandation journalière de l'OMS pour le NO₂ est dépassée en 2020 uniquement, pour les riverains hors projet et la crèche la plus exposée.

La réalisation du projet en comparaison au scénario sans projet ne va pas modifier l'exposition des populations riveraines de la zone d'étude (les différences de concentrations sont très faibles voire négligeables entre les situations projet et fil de l'eau).

Les concentrations calculées pour les travailleurs du projet sont supérieures à celles calculées pour les résidents hors projet, à situation et horizon équivalents. Cela est dû à la présence autoroutière à proximité immédiate du projet.

Les concentrations calculées pour les résidents du projet sont inférieures à celles calculées pour les résidents hors projet, à situation et horizon équivalents. **Les futurs résidents du projet seront donc moins exposés que les résidents hors projet les plus exposés.**

En définitive, les travailleurs du projet seront globalement plus exposés à la pollution atmosphérique que les habitants de la zone d'étude hors du projet (alors que les résidents du projet le seront moins). Par ailleurs, la réalisation du projet n'induit pas de modification de l'exposition des habitants d'ores et déjà présents sur la zone d'étude.

Il convient, par ailleurs, 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 NO₂. 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 réglementations nationales différentes.

Les réglementations françaises et les directives européennes sont quant à elles juridiquement contraignantes pour la gestion de la qualité de l'air.

9.7. INCERTITUDES RELATIVES À 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.

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

Identification des dangers

L'identification des dangers est une démarche qualitative 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 Valeurs Toxicologiques de Référence [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.

Incertaines 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 cancérigènes 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.).

9.8. SYNTHÈSE DE L'EQRS – IMPACT DU PROJET SUR LA SANTÉ

Voie d'exposition inhalation

Les données trafic font ressortir que la réalisation de l'aménagement se traduira par une hausse des volumes de trafic par rapport à la situation « Actuelle » 2020 et par rapport à la situation Fil de l'Eau à horizon équivalent, sur le réseau d'étude.

En considérant uniquement les concentrations dans l'air induites par les émissions des brins du réseau d'étude additionnées des teneurs de fond pour le NO₂, PM10 et PM10, il est constaté que :

- Les indicateurs sanitaires calculés aux horizons futurs sont tous inférieurs à ceux calculés en situation actuelle.
- Aux horizons futur 2035 et 2055 (avec et sans projet ; avec ou sans demi-diffuseur) et pour tous les scénarios d'exposition étudiés (enfant en bas âge, écolier ; résident hors projet et travailleurs / résident du projet), tous les Quotients de Danger sont inférieurs à 1 (domaine de conformité), cela même en les additionnant par organe-cible.
- Aux horizons futur 2035 et 2055 (avec et sans projet ; avec ou sans demi-diffuseur) et pour tous les scénarios d'exposition étudiés (enfant en bas âge, écolier ; résident hors projet et travailleurs / résident du projet), les Excès de Risque

Individuels par composé et cumulés 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).

- Pour les composés ne disposant pas de VTR, les recommandations OMS annuelles (exposition chronique) sont dépassés pour tous les horizons, situations et scénarios d'exposition étudiés pour les PM10, PM2,5. Pour le NO₂, la valeur guide annuelle OMS est dépassée en situation actuelle 2020 pour les lieux vulnérables et les riverains les plus exposés de la zone d'étude ainsi qu'à l'horizon 2035 pour les riverains de la zone d'étude (avec ou sans projet) et les travailleurs du projet (situation projet).
- Aucune différence significative n'est relevée concernant les indicateurs sanitaires calculés pour les populations d'ores et déjà présentes sur la zone d'étude, en situation avec ou sans projet en 2035 et 2055. le projet n'engendre donc pas de surexposition des populations de la zone d'étude.
- Les indicateurs calculés pour les travailleurs du projet sont supérieurs à ceux calculés pour les résidents hors projet à horizon et situation équivalents ; eux-mêmes plus exposés que les résidents du projet.

L'aménagement projeté n'est pas de nature, à exercer d'impact significatif sur la santé des populations environnantes comparativement à la situation sans projet (différences négligeables voire nulles pour les valeurs des indicateurs sanitaires entre les situations 'Fil de l'Eau' et 'projet'). Les travailleurs du projet seront un peu plus exposés à la pollution atmosphérique que les riverains de la zone d'étude. Cela est dû à la proximité de l'autoroute en bordure de certaines zones à vocation d'activités de l'emprise projet. La localisation des immeubles de logements du projet induit une exposition des futurs résidents significativement inférieure à celle des résidents les plus exposés de la zone d'étude hors du projet (les valeurs des indicateurs sanitaires pour les travailleurs du projet sont légèrement supérieures à celles des résidents hors projet, elles-mêmes supérieures à celles des résidents du projet).

10. IMPACT DU PROJET SUR LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

10.1. GÉNÉRALITÉS

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 [CO₂] ;
- Le méthane [CH₄] ;
- Le protoxyde d'azote [N₂O].

Chaque GES possède un certain pouvoir radiatif. Cette capacité de rayonnement dépend de la qualité chimique du gaz et de sa durée de vie dans l'atmosphère.

Pour établir une grille de comparaison, le dioxyde de carbone (CO₂) a été choisi comme étalon. Ainsi, les émissions de GES sont-elles quantifiées en tonnes équivalent CO₂, quel que soit le GES considéré.

❖ Les GES en PACA

La Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur¹³ représente 9,0 % (soit 149 TWh) de la consommation d'énergie nationale, estimée à 1 657,5 TWh en 2022. La consommation d'énergie régionale en 2022 a diminué par rapport à 2021 (-1,4 %), notamment en raison de la crise énergétique. Cette baisse est surtout visible dans le secteur industriel.

En 2022, les émissions directes de gaz à effet de serre s'élèvent à 7,4 teqCO₂ par habitant en Provence-Alpes-Côte d'Azur (soit 38,3 MteqCO₂ dont 31,4 MteqCO₂ d'origine énergétique pour l'ensemble de la région). Cette évolution à la baisse par rapport à 2021 est principalement induite par la filière industrielle, la seule ayant connu une diminution des émissions, en lien avec la baisse des consommations de gaz naturel et l'activité sidérurgique.

En Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, les émissions de gaz à effet de serre sont imputables principalement aux secteurs de l'industrie manufacturière (41,0 %), des transports (34,2 %) et du résidentiel-tertiaire (11,5 %) (cf. planche suivante).

¹³ <https://bilanoreca.fr/>

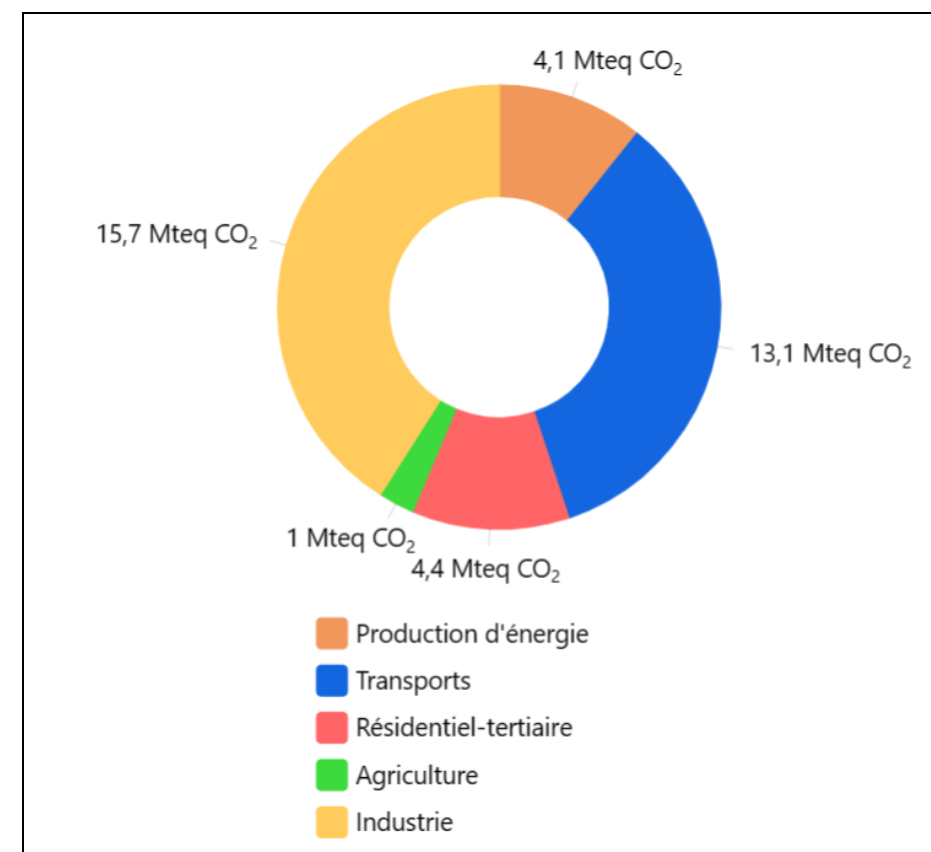


Figure 104 : Inventaire des émissions de gaz à effet de serre par secteur d'activité en Sud PACA pour l'année 2022 (source : ORECA)

En comparaison aux émissions nationales, la région Sud PACA présente des spécificités. En effet, le secteur de l'industrie et de la production d'énergie est un fort contributeur aux émissions de GES, tandis que l'agriculture est très en deçà de la moyenne nationale. Le faible poids du secteur résidentiel/tertiaire dans l'inventaire régional constitue une autre des spécificités locales, à corréliser avec un climat plus favorable induisant des émissions liées au chauffage moins importantes.

Le profil des émissions de GES affiche une forte disparité départementale, comme il est possible de l'observer sur le graphe ci-après.

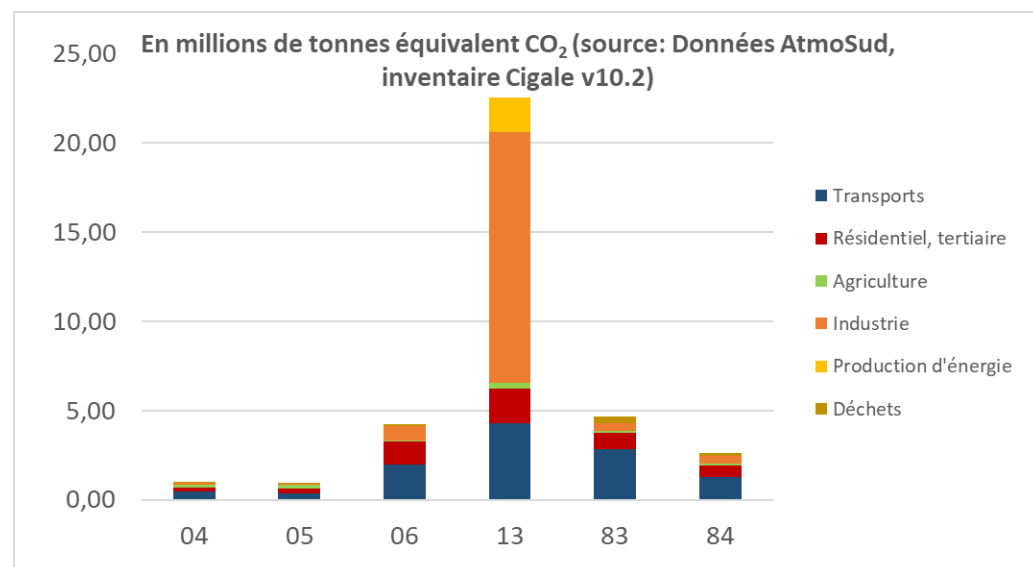


Figure 105 : Émissions de GES par département en Sud PACA en 2021 (source : (source : Données AtmoSud, inventaire Cigale v10.2)

Le département des Bouches-du-Rhône émet à lui seul 64 % des GES de la région Sud PACA, en lien avec la forte activité industrielle sur son territoire. Dans les autres départements, le secteur des transports est le secteur le plus émetteur.

Les territoires des Alpes-de-Haute-Provence et des Hautes-Alpes constituent à eux deux seulement 6 % des émissions régionales.

Note : Une augmentation de 11 % des émissions totales des GES en PACA est constatée de 2020 à 2021.

Les émissions totales de GES en Sud PACA ont diminué de 3,5 % sur la période 2012-2022. Les efforts de réduction des émissions doivent être intensifiés pour s’inscrire dans les trajectoires de réduction :

- Loi TECV (Transition Énergétique pour la Croissance Verte) : -40 % à horizon 2030 par rapport à 1990 ;
- SNBC 2 (Stratégie Nationale Bas Carbone révisée) : atteindre la neutralité carbone à horizon 2050 (facteur au moins égal à 6 par rapport à 1990) ;
- SRADDET : -27 % à horizon 2030 par rapport à 2012.

Il existe un groupe régional d’experts sur le climat en Sud PACA (GREC-SUD) qui a vocation à centraliser, transcrire et partager la connaissance scientifique sur le climat et le changement climatique. Il est aujourd’hui largement reconnu que la Méditerranée est l’une des régions les plus vulnérables au changement climatique.

Selon le GIEC, les travaux compilés dans un précédent rapport indiquent qu’une hausse des températures de 2 à 3°C est à prévoir en région méditerranéenne à l’horizon 2050, et de 3 à 5°C à l’horizon 2100. Les précipitations estivales pourraient diminuer de 35 % sur la rive sud et de 25 % sur la rive nord d’ici la fin du siècle.

La région Sud Provence-Alpes-Côte d’Azur est déjà confrontée à d’importants problèmes de stress hydrique, de désertification, de pertes de biodiversité et d’évènements climatiques extrêmes tels qu’inondations et sécheresses. En cohérence avec l’augmentation des températures, le nombre de journées très chaudes croît également (température maximale supérieure à 30°C).

Conformément à l’accord de Paris de 2015, pour limiter l’ampleur du réchauffement climatique à 1,5°C, le GIEC indique que les émissions de dioxyde de carbone devraient être réduites d’environ 45 % par rapport aux niveaux de 2010, cela d’ici à 2030.

❖ Secteur industriel

En France, selon les inventaires du CITEPA¹⁴, les émissions de GES en équivalent dioxyde de carbone des industries évoluent à la baisse (cf. schéma ci-après). La part des émissions de ce secteur dans le total national est également en baisse, passant de 25,9 % en 1990 à 18,8 % en 2021.

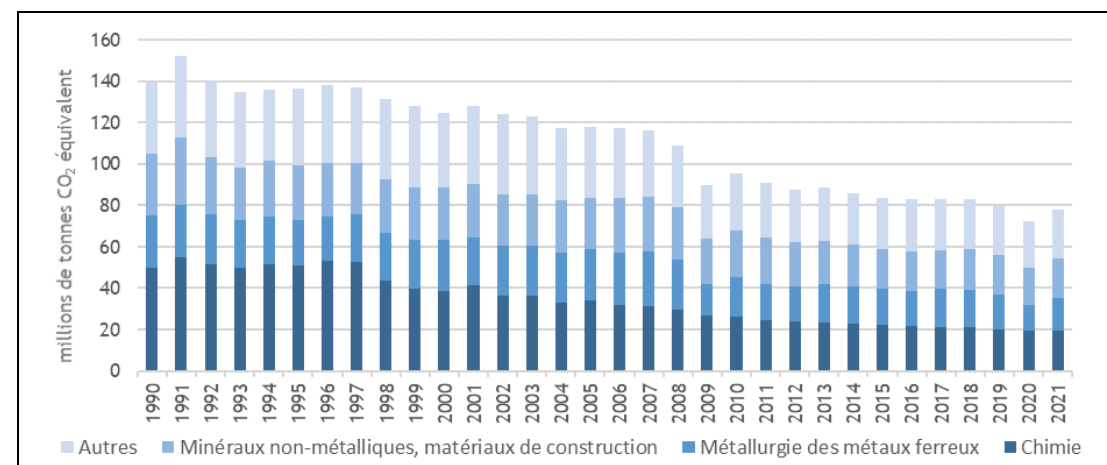


Figure 106 : Évolution des émissions de GES en équivalent CO₂ des industries (Source : Citepa, avril 2023 - Format SECTEN)

¹⁴ Centre interprofessionnel technique d’études de la pollution atmosphérique

Le mix énergétique des industries en 2021 en Sud PACA¹⁵ est représenté graphiquement ci-après.

Les énergies fossiles représentaient plus de 40 % des énergies consommées par ce secteur. Les émissions de gaz à effet de serre du secteur des industries en Sud PACA pour l'année 2021 s'élèvent à environ 15 516 ktCO₂eq.

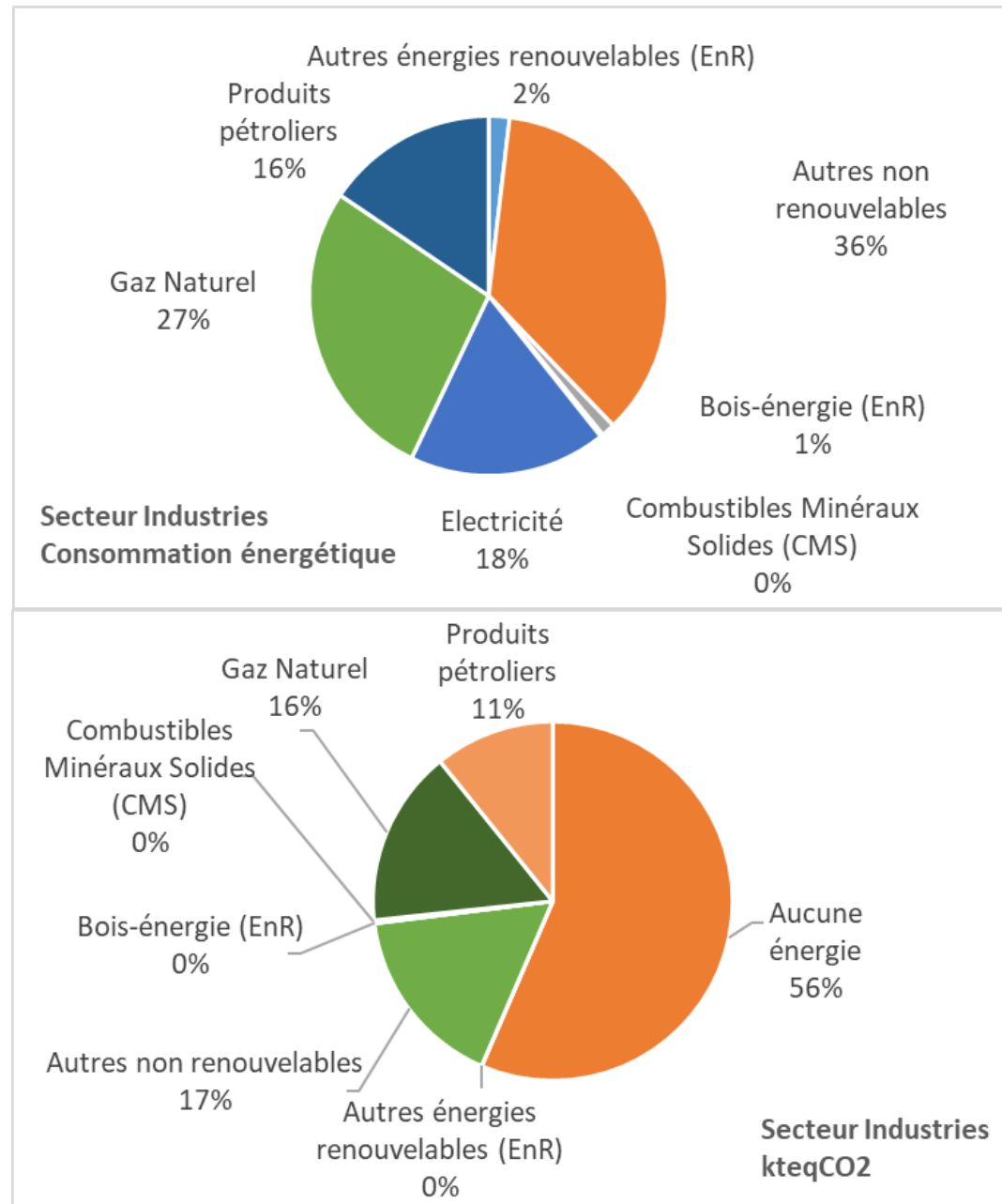


Figure 107 : Mix énergétique et émissions de GES (total 3GES eq.CO₂) du secteur des industries en Sud PACA en 2021 (inventaire AtmoSud CIGALE v10.1)

¹⁵ <https://cigale.atmosud.org/extraction.php> (Inventaire v10.2)

❖ Secteur résidentiel & tertiaire

En France, et toujours selon les inventaires du CITEPA, les émissions de GES en équivalent dioxyde de carbone des secteurs résidentiel et tertiaire sont relativement stables, en signalant néanmoins une légère tendance à la baisse ces dernières années (cf. schéma ci-après). La part des émissions de ces secteurs dans le total national est mécaniquement en hausse du fait de la baisse des émissions totales, passant de moins de 17,3 % en 1990 à 18,1 % en 2021.

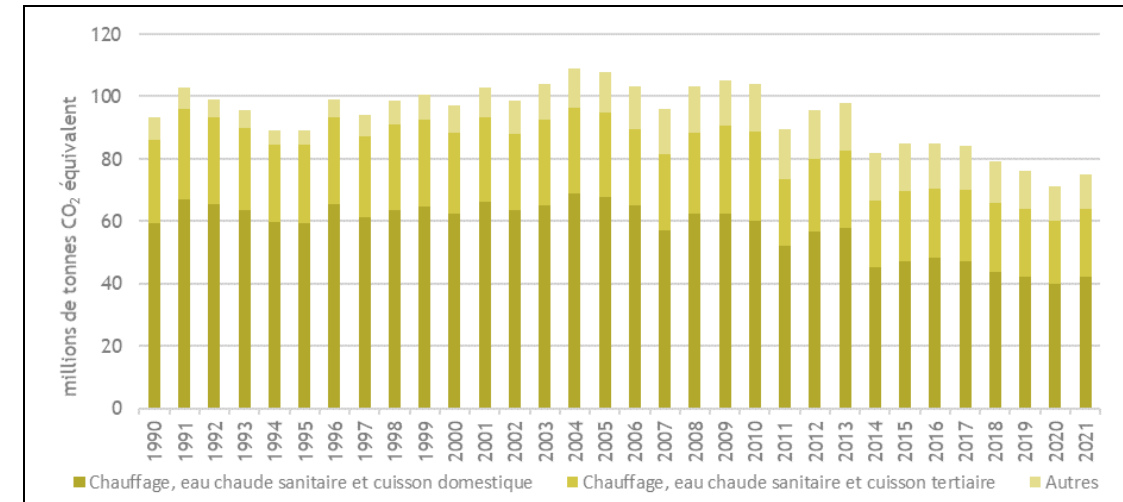


Figure 108 : Évolution des émissions de GES en équivalent CO₂ du résidentiel/tertiaire (Source : Citepa, avril 2023 - Format SECTEN)

Le mix énergétique des secteurs résidentiel et tertiaire en 2021 en Sud PACA est schématisé sur la planche qui va suivre. Les énergies fossiles représentaient 29,6 % et 28,8 % des énergies consommées respectivement par le résidentiel et le tertiaire.

Les émissions de gaz à effet de serre du secteur tertiaire en Sud PACA pour l'année 2021 s'élèvent à environ 1 281 ktCO₂eq et celles du secteur résidentiel à 2 029 ktCO₂eq.

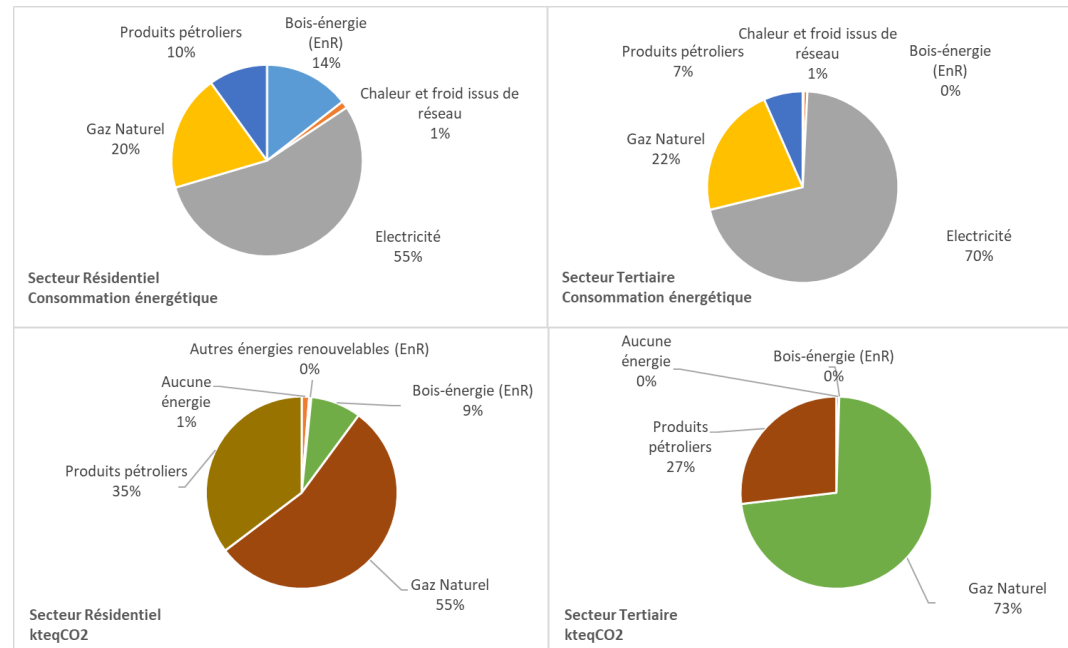


Figure 109 : Mix énergétique et émissions de GES (PRG 100) du secteur résidentiel et du secteur tertiaire en Sud PACA en 2021 (inventaire AtmoSud CIGALE v10.1)

❖ **Transport routier**

Selon les inventaires du CITEPA (Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique), les émissions de GES en équivalent dioxyde de carbone du trafic routier sont globalement en baisse après plusieurs années de hausse (cf. figure ci-après).

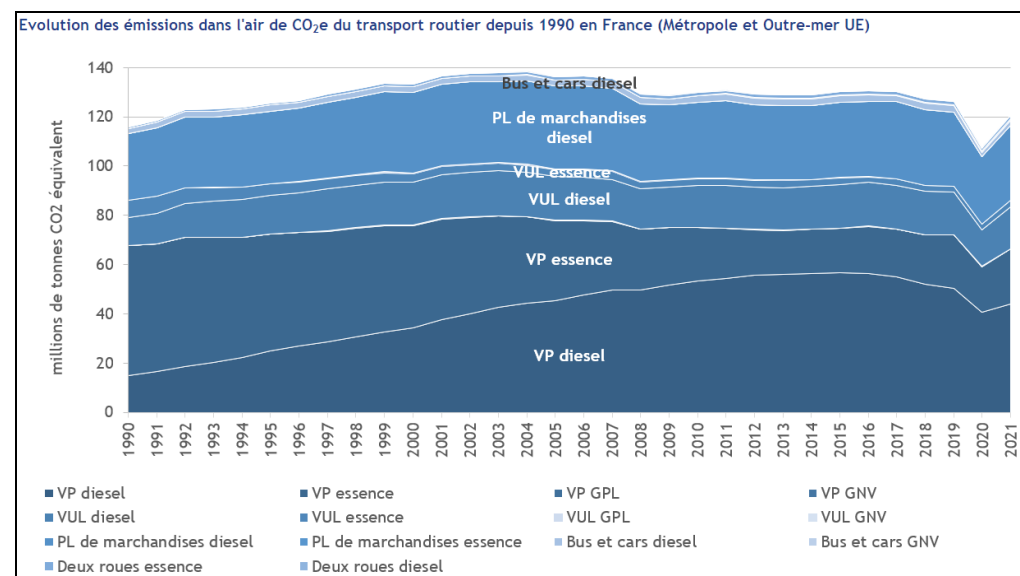
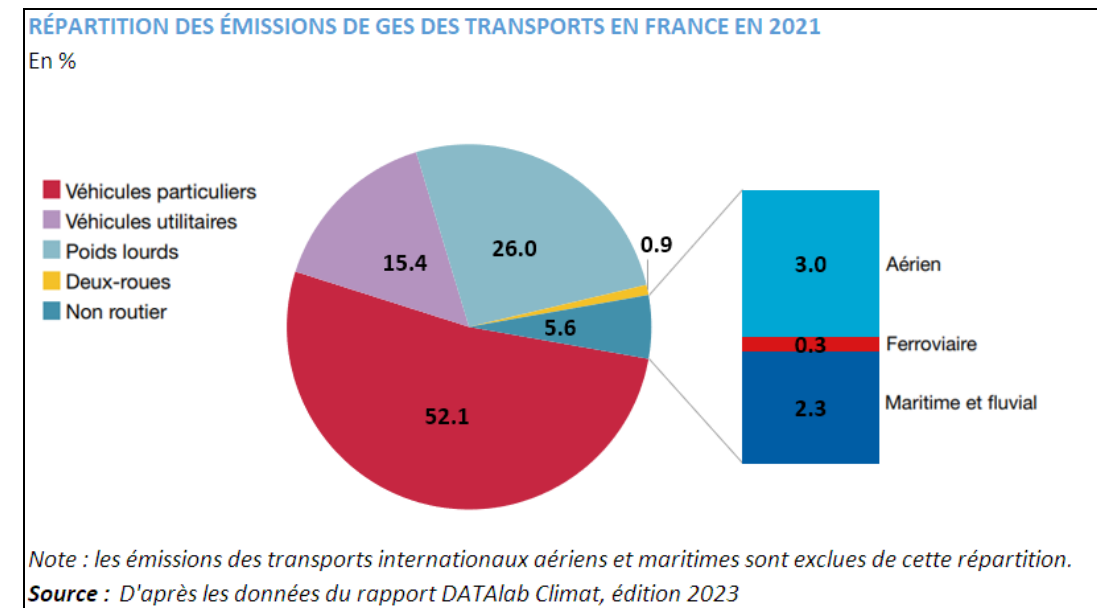


Figure 110 : Évolution des émissions de GES en équivalent CO₂ du transport routier (Source : Citepa, avril 2023 - Format SECTEN)

Cette baisse s'explique par la dédiésélisation du parc de véhicules particuliers, conjuguée à la baisse des consommations moyennes par véhicule.

Le diagramme suivant présente les émissions de GES par type de transports en France en 2021. Il est possible d'observer que les véhicules particuliers sont les principaux émetteurs de GES tous transports confondus.



Note : les émissions des transports internationaux aériens et maritimes sont exclues de cette répartition. Source : D'après les données du rapport DATAlab Climat, édition 2023

Figure 111 : Émissions de GES par type de transports en France (source : D'après les données DataLAB Climat ; Chiffres clés du climat France, Europe et Monde - édition 2023 ; Ministère de la Transition Énergétique)

Le mix énergétique du secteur du transport routier en 2021 en Sud PACA est illustré ci-après.

Les énergies fossiles représentaient 91,1 % des énergies consommées. Les émissions de gaz à effet de serre du transport routier en Sud PACA pour l'année 2021 s'élèvent à environ 10 268 ktCO₂eq.

Selon les inventaires d'AtmoSud, le transport routier représentait 23,4 % en 2007 et 26,3 %¹⁶ en 2021, des émissions de GES (exprimé en équivalent CO₂) pour la région Sud PACA.

¹⁶ <https://cigale.atmosud.org/>

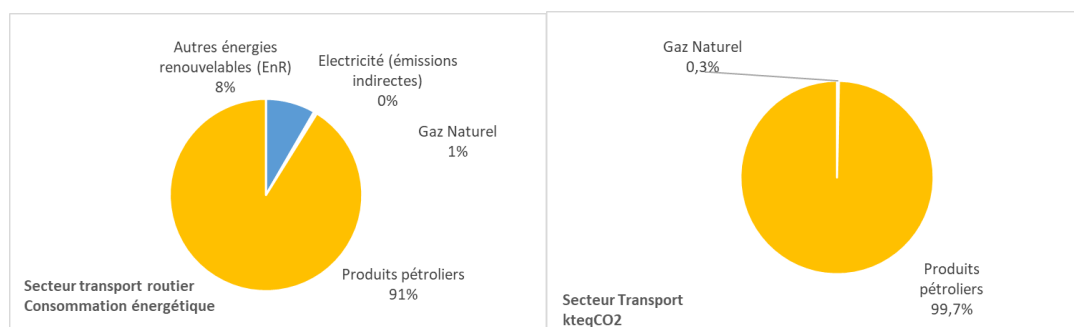


Figure 112 : Mix énergétique et émissions de GES (PRG 100) du secteur du transport routier en Sud PACA en 2021 (inventaire AtmoSud CIGALE v10.1)

10.2. ÉMISSIONS DE GES SUR LE RÉSEAU D'ÉTUDE

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 sont reportées dans le tableau et la figure suivants.

Tableau 54 : Quantité de GES produits par le trafic routier sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle

[kg équivalent 100 ans CO ₂ /jour]	2020 Actuel	2035 Fil de l'eau	2035 Projetée	2055 Sans Demi-Diffuseur FDE	2055 Sans Demi-Diffuseur Projet	2055 Avec Demi-Diffuseur FDE	2055 Avec Demi-Diffuseur Projet
CO ₂ [PRG = 1]	68 928	75 470	77 428	86 218	88 091	83 867	85 689
N ₂ O [PRG = 265]	799	821	847	863	886	832	854
CH ₄ [PRG = 30]	37	34	35	41	42	40	41
TOTAL	69 763	76 325	78 310	87 122	89 019	84 739	86 583

PRG : pouvoir de réchauffement global – les PRG considérés sont ceux fournis par l'ADEME via le 5^e rapport du GIEC de 2013¹⁷

¹⁷ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/methodo_BEGES_decli_07.pdf

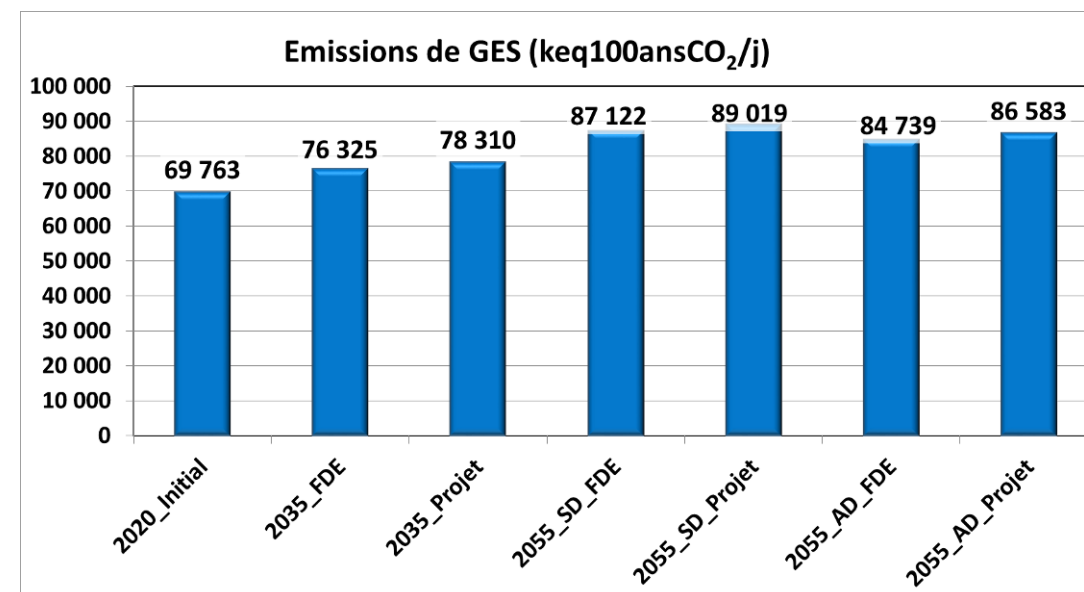


Figure 113 : Émissions des gaz à effet de serre (kg équivalent 100 ans CO₂/jour) sur le réseau d'étude en moyenne journalière annuelle – Phase exploitation

Les quantités de Gaz à Effet de Serre sont dépendantes de la tendance des consommations de carburant.

Les consommations de carburant sur le réseau d'étude augmentent aux horizons 2035 et 2055 quelle que soit la situation, par rapport à la situation 'Actuelle'. La réalisation du projet induit une 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.

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).

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, ...).

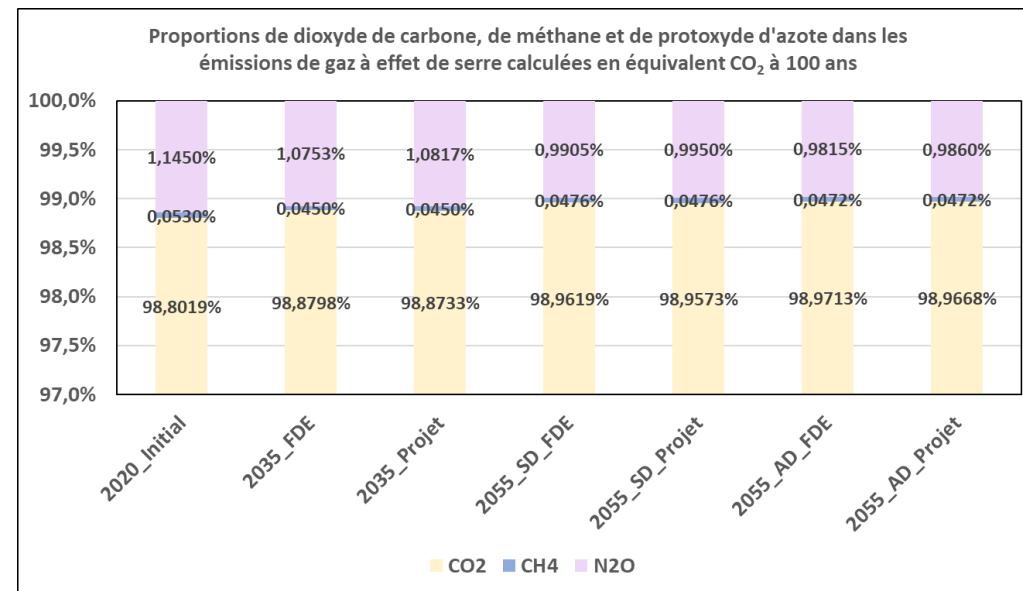


Figure 114 : Proportions de dioxyde de carbone, de méthane et de protoxyde d'azote dans les émissions de GES calculées sur le réseau d'étude

Les quantités de GES sont dépendantes de la tendance des consommations en carburant. Par rapport à la situation « Actuelle », sur le réseau d'étude, les émissions de GES augmentent aux horizons 2035 et 2055 quelle que soit la situation (entre +9,4 % en situation Fil de l'Eau 2035 et +27,6 % en situation Projet Sans Demi-Diffuseur 2055), cela étant à corrélérer avec l'évolution des consommations énergétiques.

Sur le réseau d'étude, la réalisation du projet va induire une augmentation des émissions de GES par rapport à la situation « Fil de l'Eau » correspondante (+2,6 % en situation « Projetée » 2035, +2,2 % en situation 2055 Sans ou Avec Demi-Diffuseur).

Les émissions de GES sont moindres dans la situation Avec Demi-Diffuseur comparée à la situation Sans Demi-Diffuseur (-2,7 %).

11. COÛTS COLLECTIFS DES GAZ À EFFET DE SERRE ET DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

11.1. COÛTS LIÉS AUX ÉMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES

11.1.1. Généralités

Il est extrêmement complexe de calculer le coût social, économique et sanitaire, car selon les polluants étudiés, les types de coûts et les valeurs retenues, des écarts sont observés dans les résultats.

Toutefois quelques résultats sont disponibles suite à la réalisation de quelques études :

- 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 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 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", le coût sanitaire annuel de la pollution de l'air extérieur pour la France serait estimé entre 68 et 97 milliards d'euros par an.

11.1.2. Coûts liés aux émissions du trafic routier du réseau d'étude

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.

Les valeurs à considérer pour l'évaluation des coûts de la pollution atmosphérique sont reportées dans le tableau ci-après.

Tableau 55 : Coûts unitaire de la pollution atmosphérique générée par le transport routier (en €₂₀₁₅ / 100 véhicules x km)

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)						
Types de véhicule	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

Compte tenu de la densité de population moyenne de la zone d'étude définie pour les impacts du projet (659 hab./km²), cette dernière est classifiée en tant que milieu urbain (voir tableau suivant).

Tableau 56 : 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

Le document du CGSP précise qu'il est nécessaire d'actualiser ces valeurs suivant l'évolution du parc automobile et le taux d'inflation.

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 PACA, l'évolution du PIB par habitant à retenir est de 1,2 % par an.

Au cours de la dernière décennie (2014-2023) l'inflation a été en moyenne de 1,627 % 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 le tableau (valeurs journalières et annuelles) et la figure ci-après.

Tableau 57 : Estimation des coûts de la pollution atmosphérique générée par le transport routier sur le réseau d'étude

Type de véhicules	2020 Actuel (€ ₂₀₂₀)	2035 Sans Projet (€ ₂₀₃₅)	2035 Projetée (€ ₂₀₃₅)	2055 SD FDE (€ ₂₀₅₅)	2055 SD Projet (€ ₂₀₅₅)	2055 AD FDE (€ ₂₀₅₅)	2055 AD Projet (€ ₂₀₅₅)
Sur une journée							
VL	3 540 €	3 802 €	3 932 €	7 143 €	7 348 €	6 971 €	7 178 €
PL	4 421 €	4 555 €	4 629 €	6 488 €	6 576 €	6 251 €	6 324 €
Coût total/jour	7 961 €	8 358 €	8 561 €	13 631 €	13 924 €	13 222 €	13 503 €
Sur l'ensemble de l'année							
VL	1 296 k€	1 388 k€	1 435 k€	2 607 k€	2 682 k€	2 544 k€	2 620 k€
PL	1 618 k€	1 663 k€	1 690 k€	2 368 k€	2 400 k€	2 282 k€	2 308 k€
Coût total/an	2 914 k€	3 050 k€	3 125 k€	4 975 k€	5 082 k€	4 826 k€	4 928 k€

Par rapport à la situation « Actuelle » 2020, le coût annuel de la pollution atmosphérique émise sur le réseau d'étude augmente aux horizons 2035 et 2055 quelle que soit la situation (entre +5,0 % en situation Fil de l'Eau 2035 et +75 % en situation Projet Sans Demi-Diffuseur 2055).

La réalisation du projet engendre un léger surcoût annuel de la pollution atmosphérique sur le réseau d'étude par rapport à la situation « Fil de l'Eau » correspondante (2,4 % en 2035 et 2,1 % en 2055 sans ou avec projet).

Les coûts de la pollution atmosphérique sont moins élevés pour la situation Avec Demi-Diffuseur par rapport à la situation Sans Demi-Diffuseur (-3,0 %).

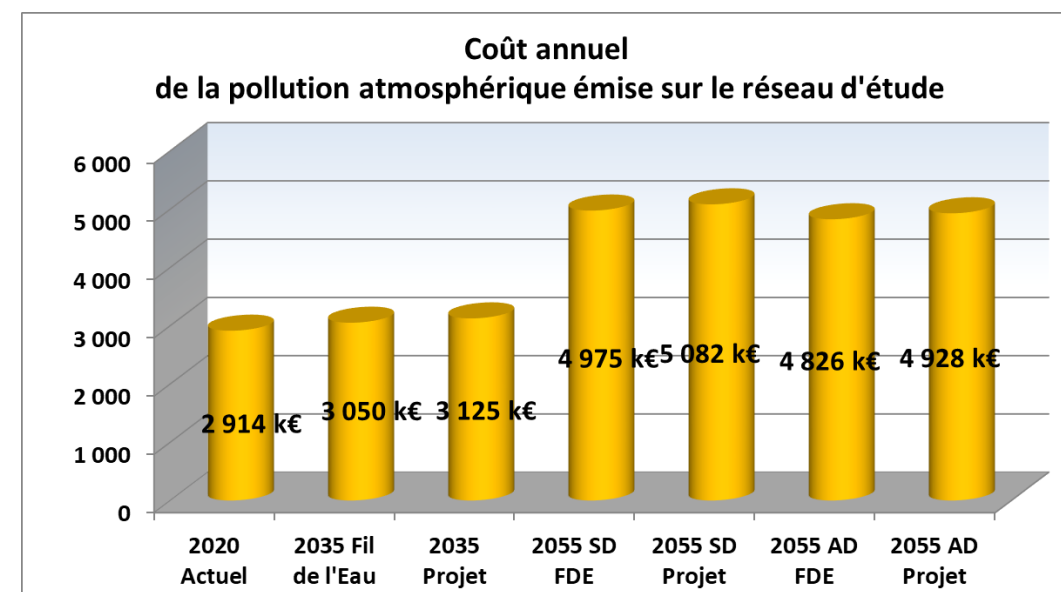


Figure 115 : Coût annuel de la pollution atmosphérique sur le réseau d'étude

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.

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

Le coût social du carbone peut être considéré comme étant la valeur du préjudice qui découle de l'émission d'une tonne de CO₂.

La monétarisation des conséquences de l'augmentation de l'effet de serre a été déterminée par une approche dite « tutélaire », dans la mesure où la valeur monétaire recommandée ne découle pas directement de l'observation des prix de marché mais relève d'une décision de l'État, sur la base d'une évaluation concertée de l'engagement français et européen dans la lutte contre le changement climatique.

Selon le document de France Stratégie intitulé « La valeur de l'action pour le climat » de février 2019, les valeurs à considérer pour une tonne d'équivalent CO₂ émise sont de 86,7 €₂₀₁₈ en 2020, 375 €₂₀₁₈ en 2035 et 972,8 €₂₀₁₈ en 2055.

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 toutes les situations considérées.

Tableau 58 : Estimation des coûts des GES générés par le transport routier du réseau d'étude

	2020 Actuel (En € ₂₀₂₀)	2035 Sans Projet (En € ₂₀₃₅)	2035 Projetée (En € ₂₀₃₅)	2055 SD FDE (En € ₂₀₅₅)	2055 SD Projet (En € ₂₀₅₅)	2055 AD FDE (En € ₂₀₅₅)	2055 AD Projet (En € ₂₀₅₅)
Sur une journée	6 245 €	37 659 €	38 638 €	153 997 €	157 349 €	149 783 €	153 043 €
Sur une année	2 285 k€	13 746 k€	14 103 k€	56 209 k€	57 432 k€	54 671 k€	55 861 k€

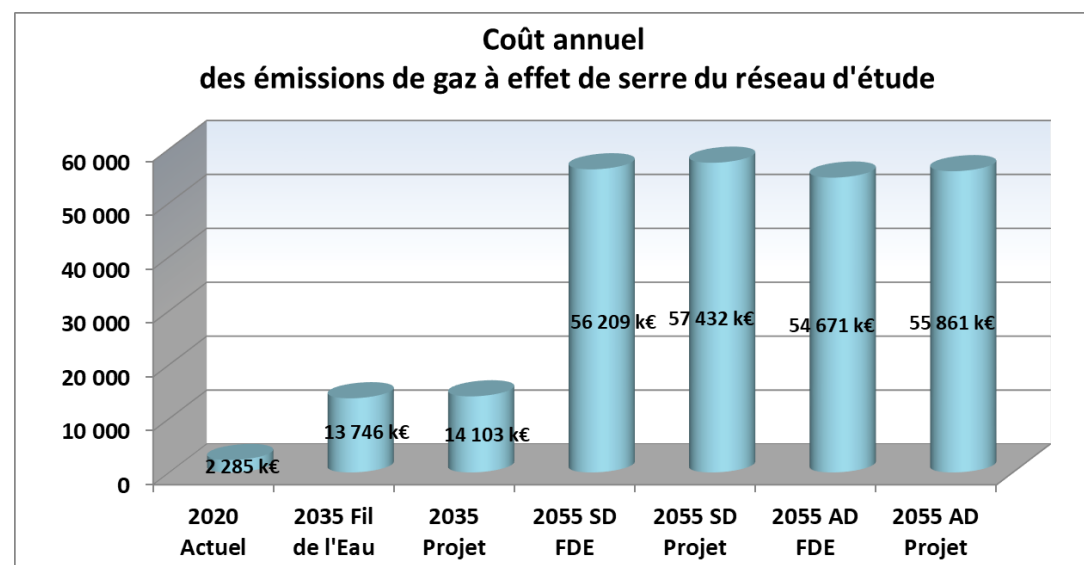


Figure 116 : Coût annuel des émissions de GES sur le réseau d'étude

Le coût des émissions de Gaz à Effet de Serre augmente fortement 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 du coût des émissions de GES sur le réseau d'étude (+2,6 % en 2035 et +2,2 % en 2055 avec ou sans demi-diffuseur).

Le coût des émissions de Gaz à Effet de Serre est moins élevé en situation Avec Demi-Diffuseur par rapport à la situation Sans Demi-Diffuseur (-2,7 %).

12. EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ET DES GES SUR LA SANTÉ ET LE CLIMAT

12.1. EFFETS GÉNÉRAUX DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE SUR LA SANTÉ

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 polluants chimiques qui suscitent les plus fortes préoccupations en termes de santé publique sont listés ci-dessous :

- Les particules de l'air extérieur, classées comme cancérigènes pour l'Homme depuis 2013 par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). La toxicité de ces particules provient à la fois de leur composition et de leur taille ;
- Les particules fines PM_{2,5} de diamètre inférieur à 2,5 µm ont un impact sur la mortalité et la morbidité cardio-respiratoire ;
- L'ozone composé ayant un fort pouvoir oxydant est un gaz agressif qui, à fortes concentrations peut pénétrer jusqu'aux voies respiratoires les plus fines et causer de graves problèmes sanitaires ;
- Le dioxyde d'azote substance fortement irritante des voies respiratoires et dont les principaux effets respiratoires décrits chez l'Homme sont des essoufflements, des obstructions bronchiques, des crises d'asthme, ou encore des bronchites ;

- Les composés organiques volatils (benzène, formaldéhyde, 1,3-butadiène, etc.) ;
- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP tels que le benzo[a]pyrène) ;
- Les métaux (tels que l'arsenic, le chrome et le cadmium) ;
- Des agents biologiques, tels que les pollens et moisissures, peuvent également être responsables d'effets sur la santé.

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.

En sus, il existe plusieurs types d'interactions entre polluants de l'air et pollens puisque certains polluants chimiques de l'air peuvent favoriser la réaction allergique en abaissant le seuil de réactivité bronchique et/ou en accentuant l'irritation des muqueuses nasales ou oculaires et peuvent également agir sur les grains de pollen, par exemple via la déformation ou la rupture de la paroi du grain de pollen, qui leur permettrait ensuite de pénétrer plus profondément dans le système respiratoire que les grains de pollen entiers.

Les oxydes d'azotes (NOx)

Les oxydes d'azote (NOx) regroupent essentiellement deux molécules : le monoxyde d'azote [NO] et le dioxyde d'azote [NO₂].

Les oxydes d'azote proviennent essentiellement de procédés fonctionnant à haute température.

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 car elle pénètre plus profondément dans l'appareil trachéo-pulmonaire et dans l'organisme (cf. figure ci-après).

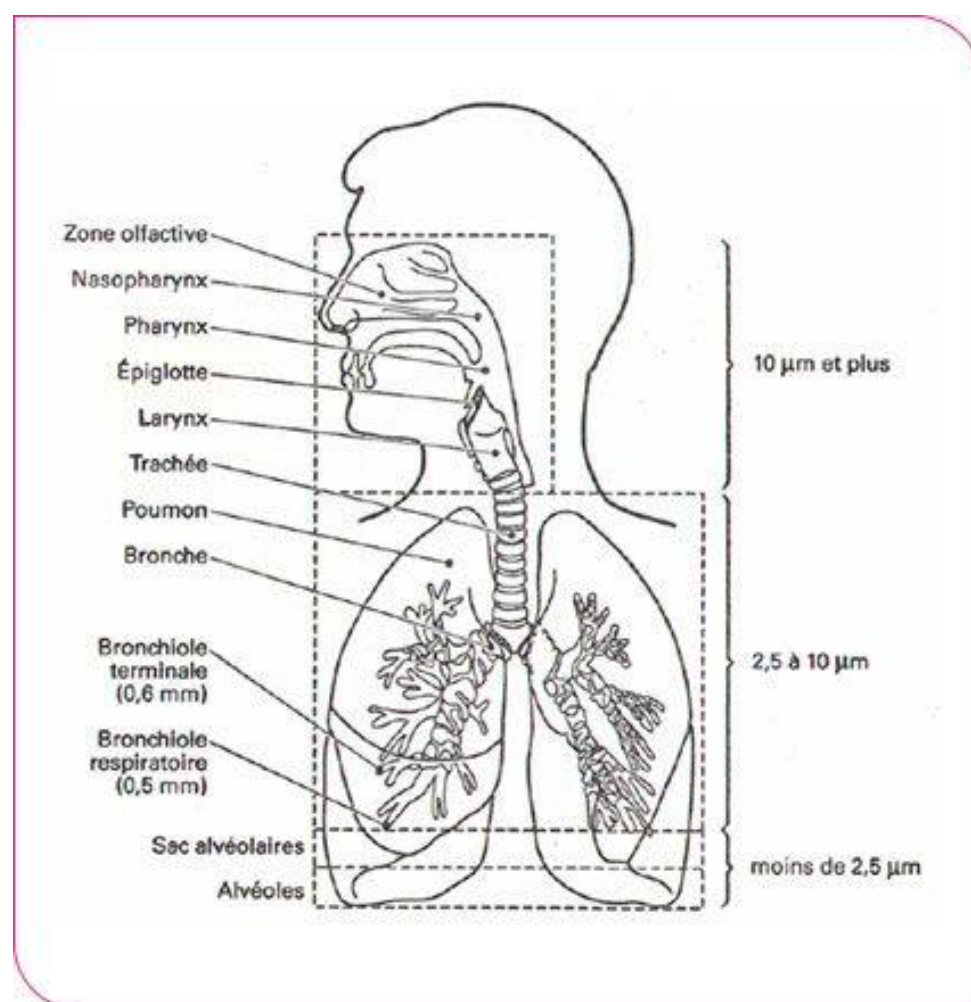


Figure 117 : Pénétration des particules dans l'organisme

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 avoir 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 cancérigène
- 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).

L'ozone (O₃)

L'ozone dit 'troposphérique' est un polluant secondaire formé suite à des réactions chimiques entre COV et oxydes d'azote en présence d'ultra-violet (réaction photochimique).

Les enfants, les personnes âgées, les asthmatiques, les insuffisants respiratoires sont particulièrement sensibles à la pollution par l'ozone. Des taux élevés de ce gaz irritant peuvent provoquer toux, inconfort thoracique, essoufflement, irritations nasale et oculaire. La présence importante d'ozone peut également augmenter la sensibilisation aux pollens.

En France, l'impact de l'ozone sur la mortalité a pu être évalué par plusieurs études. Santé publique France a montré que l'exposition chronique à l'ozone serait responsable de près de 500 décès pour causes respiratoires chaque année, avec un gradient croissant Nord-Sud très marqué.

Des études menées dans 18 villes françaises ont démontré que le risque de décès associé à l'ozone et aux particules fines était plus important les jours chauds. Il y a ainsi une synergie entre les effets négatifs des polluants et la température.

Le benzène

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 (SO₂)

Le dioxyde de soufre est produit à partir de la combustion d'énergies fossiles (fioul, charbon, lignite, gazole, etc.). Quelques procédés industriels émettent également des oxydes de soufre (production d'acide sulfurique, production de pâte à papier, raffinage du pétrole, etc.). Ils peuvent également être émis par la nature (volcans).

Ce polluant provoque une irritation des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires (toux, gêne respiratoire, troubles asthmatiques).

Les métaux lourds

La majorité des éléments métalliques (dont le fer, le zinc, le nickel et le chrome) est indispensable à faibles doses à la vie animale et végétale (leur absence entraîne des carences en oligo-éléments). Cependant, à des doses plus importantes, ils peuvent se révéler très nocifs. D'autres éléments (plomb, cadmium et mercure) n'ont aucun effet bénéfique et sont seulement préjudiciables à la vie.

Les métaux lourds peuvent être inhalés directement par l'Homme ou ingérés par celui-ci lorsque la chaîne alimentaire est contaminée (sols, eau, aliments). Ils s'accumulent dans les organismes vivants et ont des effets toxiques à court et long termes.

Chez l'Homme, ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires, etc.

Certains, comme le cadmium, l'arsenic, le nickel et le chrome hexavalent sont cancérigènes.

Plomb

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).

Cadmium

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.

Arsenic

La grande majorité des informations disponibles, relatives à l'exposition par inhalation à l'arsenic, provient de situations professionnelles (fonderies, mines ou usines de produits chimiques) et rapporte des effets principalement au niveau de :

- L'appareil respiratoire (emphysème, pneumoconiose).
- Système cardiovasculaire (maladie de Raynaud).

- La peau (hyperkératose et hyperpigmentation).
- Système nerveux périphérique (neuropathies, diminution de la conduction nerveuse).

Nickel

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.

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques [HAP]

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques sont issus des combustions incomplètes, de l'utilisation de solvants, de dégraissants, et de produits de remplissage des réservoirs d'automobiles, de citernes, etc.

Ils provoquent des irritations, une diminution de la capacité respiratoire et des nuisances olfactives. Certains sont considérés comme cancérigènes (benzène, benzo-(a)pyrène).

L'ammoniac [NH₃]

L'ammoniac est lié essentiellement aux activités agricoles (volatilisation lors des épandages et du stockage des effluents d'élevage et épandage d'engrais minéraux).

C'est un gaz irritant qui possède une odeur piquante et qui brûle les yeux et les poumons.

Il s'avère toxique quand il est inhalé à des niveaux importants, voire mortel à très haute dose.

12.2. CHANGEMENTS CLIMATIQUES

❖ France métropolitaine

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).

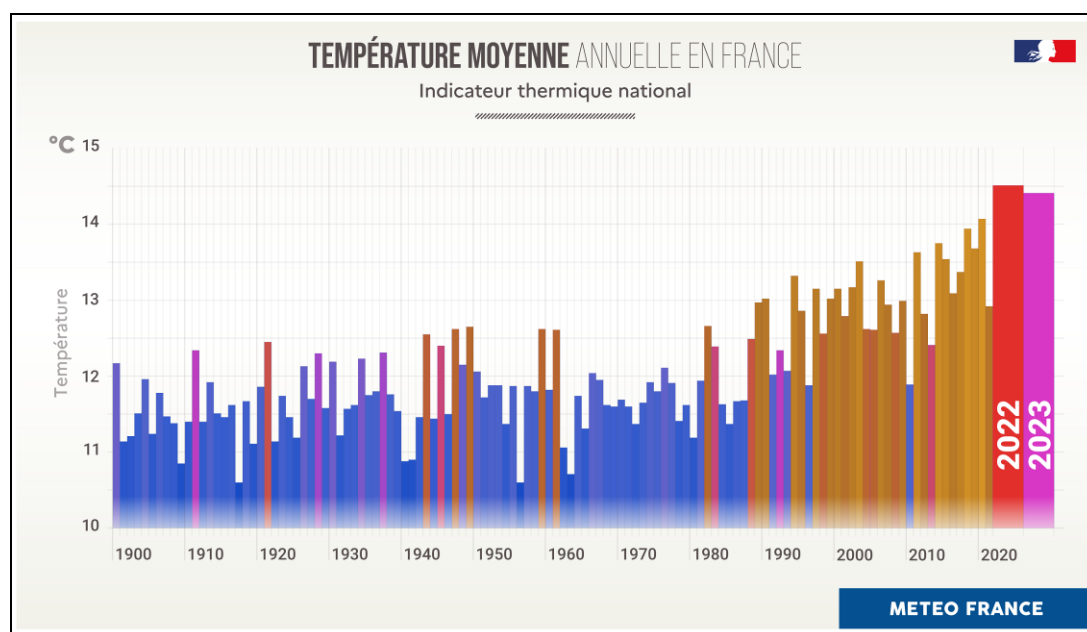


Figure 118 : Évolution des températures moyennes annuelles en France depuis 1900 (Source : Météo France)

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 cours¹⁸. 2021 se place néanmoins à la 20^{ème} 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

¹⁸ <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/climat/gel-en-avril-pluies-diluviennes-retour-sur-les-evenements>

symptôme du changement climatique en France. Remarquable dans le climat actuel, elle pourrait devenir « normale » en 2050.

Dans la continuité de 2022, année la plus chaude que la France ait connue depuis le début du XXe siècle, l'année 2023 se classe au deuxième rang des années les plus chaudes sur notre territoire. Avec une température moyenne de 14,4°C, l'anomalie thermique sur l'ensemble de l'année atteint +1,4°C (par rapport aux normales 1991-2020).

Les années les plus chaudes depuis 1900 sont majoritairement des années très récentes : 9 des 10 années les plus chaudes depuis le début du XXe siècle sont postérieures à 2010 et les 3 années les plus chaudes sont depuis 2020 (cf. figure suivante).

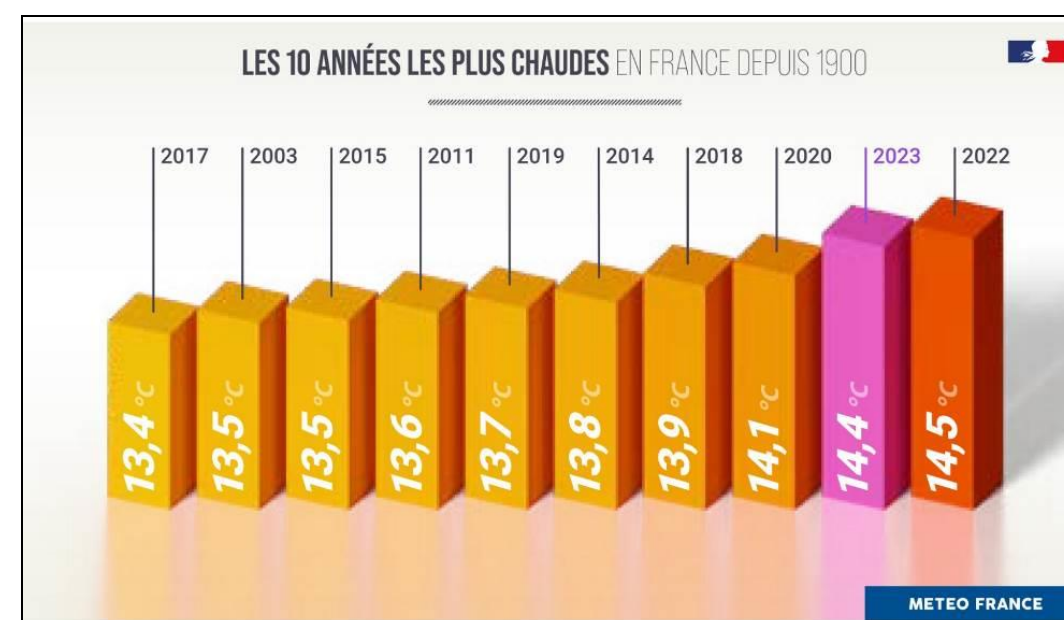


Figure 119 : Les 10 années les plus chaudes en France depuis 1900 (Source : Météo France)

La figure suivante compare le climat des années 1970 (normales 1961-1990) à celui d'aujourd'hui (normales 1991-2020)¹⁹. Il est observé un net décalage du climat en 30 ans. À titre d'exemple, Strasbourg à aujourd'hui le climat de Lyon des années 1970, Lille celui de Rennes, ... Le nord du territoire métropolitain retrouve un climat proche de celui de l'ouest de la France.

¹⁹ <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/climat/de-nouvelles-normales-pour-qualifier-le-climat-en-france#:~:text=Depuis%201900%2C%20la%20temp%C3%A9rature%20moyenne,d%C3%A9cennies%20en%20France%20depuis%201900.>

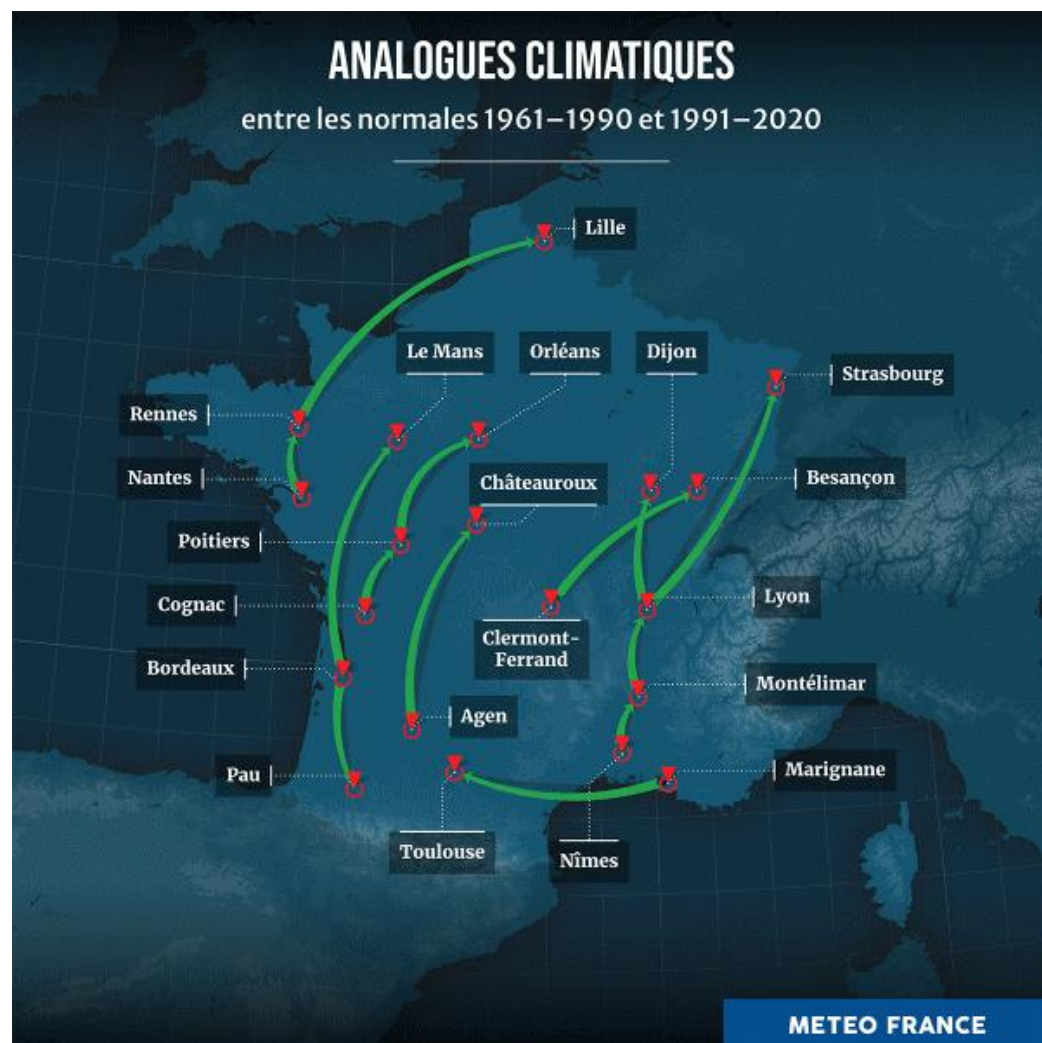


Figure 120 : Décalage du climat entre les normales 1961-1990 et 1991-2020

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.

❖ Région Sud PACA²⁰

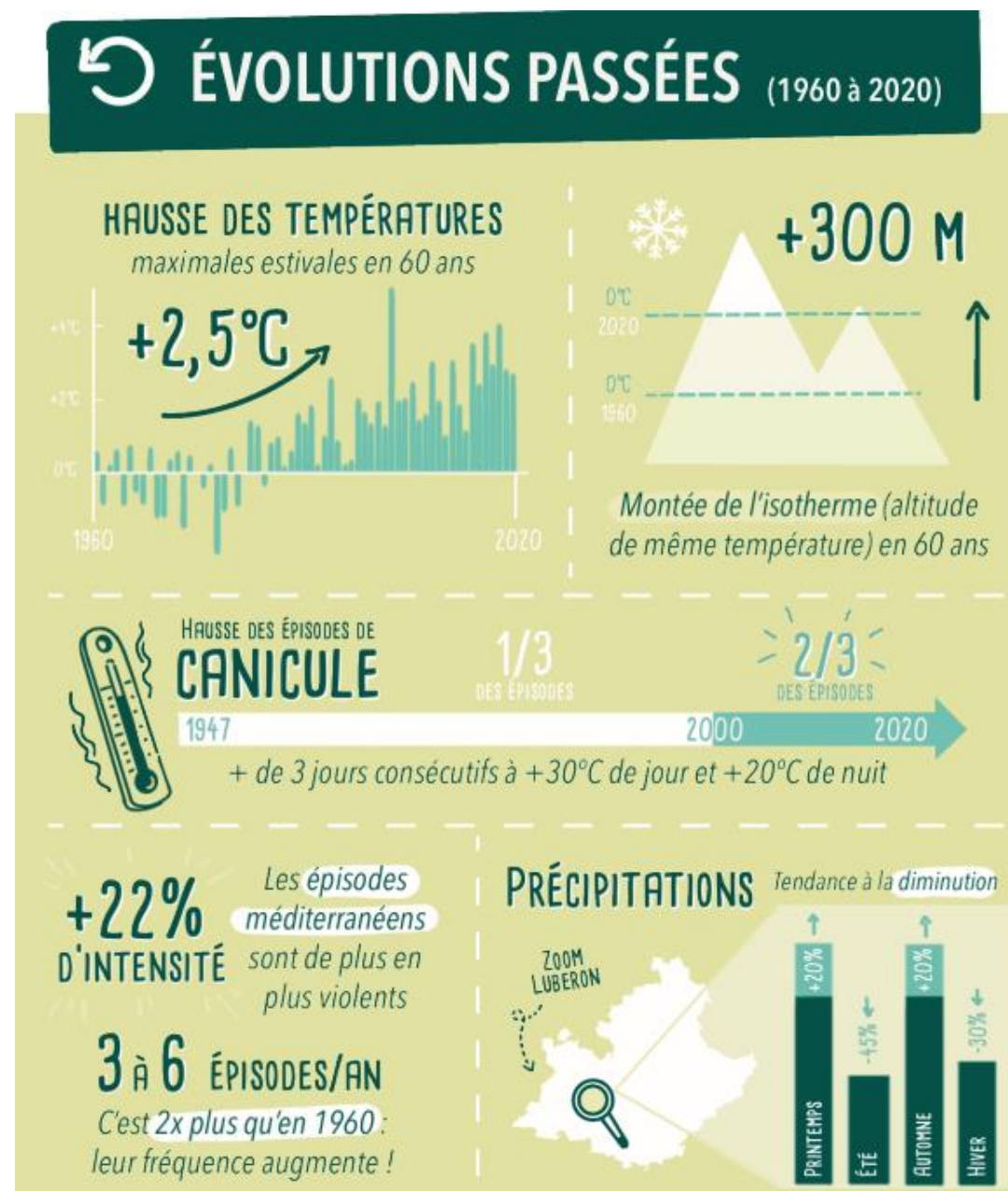


Figure 121 : Changement climatique en région Sud PACA – évolutions passées 1960-2020 (Source : GREC Sud)

²⁰ http://www.grec-sud.fr/wp-content/uploads/2023/01/Synthese-region-2023.08.25_Web_A4-1.pdf



Figure 122 : Changement climatique en région Sud PACA – évolutions futures 2050-2100 (Source : GREC Sud)

12.3. IMPACTS DIRECTS DES CANICULES ET DES FORTES CHALEURS SUR LA SANTÉ

En France métropolitaine²¹, l'été 2023 est le quatrième été le plus chaud observé en France depuis le début du 20^{ème} siècle. La période de surveillance estivale 2023 a été marquée par 4 épisodes de canicule qui ont concerné 73 % de la population hexagonale, dont un particulièrement intense et long pendant la deuxième quinzaine d'août (avec 19 départements en vigilance rouge) et un tardif en septembre.

Les 4 vagues de chaleur de l'été 2023 en France métropolitaine sont décrites en figure suivante.

Dates	Régions concernées	Nombre de départements concernés	Durée moyenne par département (jours) [Min ; Max]	% de la population hexagonale touchée*
07 – 13 juillet	Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté, Corse, Grand-Est et Provence-Alpes-Côte d'Azur	21	3,8 [3 ; 6]	20 %
17 – 26 juillet	Auvergne-Rhône-Alpes, Corse, Occitanie et Provence-Alpes-Côte d'Azur	10	3,9 [3 ; 7]	12 %
11 – 26 août	Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté, Centre-Val-de-Loire, Corse, Grand-Est, Nouvelle-Aquitaine, Occitanie, Pays de la Loire et Provence-Alpes-Côte d'Azur	52	6,1 [3 ; 16]	46 %
03 – 11 septembre	Auvergne-Rhône-Alpes, Bretagne, Centre-Val-de-Loire, Hauts-de-France, Île-de-France, Normandie, Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire	17	4,4 [3 ; 7]	29 %

* Estimations faites sous l'hypothèse que la population est exposée sur son lieu de résidence

Figure 123 : Caractéristiques des différentes vagues de chaleur de l'été 2023 en France métropolitaine (source : Santé Publique France) ; * Estimations faites sous l'hypothèse que la population est exposée sur son lieu de résidence

L'étendue géographique a été notable. Durant l'été 2023, 68 départements ont connu au moins un jour de canicule. Ces départements ont connu en moyenne 7,5 jours de dépassement des seuils d'alerte.

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur a été concernée par 3 premiers épisodes :

- Tous les départements de la région ont été placés en vigilance orange sur au moins une de ces trois périodes.

²¹ Bulletin de Santé Publique. PACA. Été 2023. Canicule et Santé. Santé Publique France.

- Le département du Vaucluse a été placé en vigilance rouge au cours de l'épisode du mois d'août.
- Des dépassements des seuils biométéorologiques ont été observés sur l'ensemble des départements.

Sur l'ensemble de l'été, cinquante départements ont connu 5 jours ou plus de canicule dont 18 ont connu 10 jours ou plus de canicule, en particulier l'Isère qui en a enregistré 25 (cf. figure suivante).

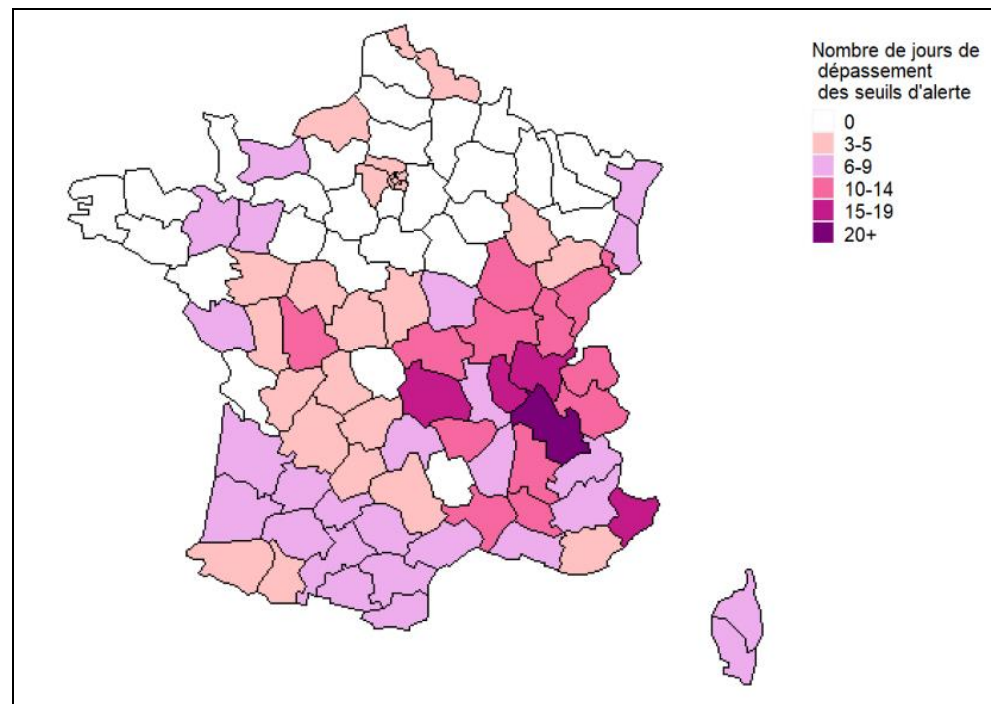


Figure 124 : Nombre de jours de canicule par département pendant l'été 2023 (source : Santé Publique France)

Plusieurs dépassements du seuil d'information et de recommandation et/ou du seuil d'alerte lié à une pollution à l'ozone, concomitants à ces canicules, ont été observés, notamment dans les régions Corse, Occitanie, Provence-Alpes-Côte d'Azur en juillet, Provence-Alpes-Côte d'Azur en août et Île-de-France, Hauts-de-France et **Provence-Alpes-Côte d'Azur** en septembre.

L'été 2023 s'inscrit dans un contexte d'intensification des canicules depuis 2015 du fait des changements climatiques. Il a été classé par Météo-France au 4ème rang des étés les plus chauds en France depuis 1900, avec une température moyenne pour le trimestre juin-juillet-août de 21,8°C, supérieure de 1,4°C à la normale 1991-2020. Il arrive ainsi derrière les étés 2003 (+2,7°C), 2022 (+2,3°C), et quasiment au même niveau que l'été 2018 (+1,5°C). À l'échelle nationale, les températures ont été au-dessus des normales sur la

quasi-totalité de l'été, sauf fin juillet et début août. Sur chaque mois et à l'échelle de la France, la température moyenne a été au-dessus des normales de saison : de +2,6°C en juin, de +0,8°C en juillet et de +0,9°C en août.

Les canicules de l'été 2023 ont été accompagnées d'autres phénomènes climatiques : une sécheresse durable et intense sur l'ensemble du pays et des feux de forêt touchant des régions jusque-là épargnées. Autant de phénomènes qui pourraient s'intensifier avec le changement climatique.

En termes de sévérité (cumul des intensités quotidiennes sur les périodes de canicule), l'exposition de la population à l'échelle nationale en 2023 est proche de celle de 2022 et reste en deçà des étés 2019 ou 2020. Toutefois, une sévérité plus importante a été observée dans certains départements des régions de la moitié Sud, avec pour certains une sévérité supérieure à 2003 (l'Ain et l'Isère en Auvergne-Rhône-Alpes, les Hautes-Alpes en Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'Ariège, l'Aude et le Gers en Occitanie, le Lot-et-Garonne en Nouvelle-Aquitaine et au-delà de la moitié sud, la Nièvre en Bourgogne-Franche-Comté).

En Provence-Alpes-Côte d'Azur, entre le 1^{er} juin et le 15 septembre 2023, il a été enregistré 1 951 passages aux urgences (dont 1 276 suivis d'une hospitalisation, soit 65 %) et 405 actes SOS Médecins pour l'indicateur iCanicule. Les recours aux soins d'urgence estimés à partir des deux sources de données suivaient une dynamique temporelle comparable avec des augmentations d'effectifs correspondant aux périodes de fortes chaleurs, excepté entre les 2 premiers épisodes où seul le nombre de consultations SOS Médecins a baissé.

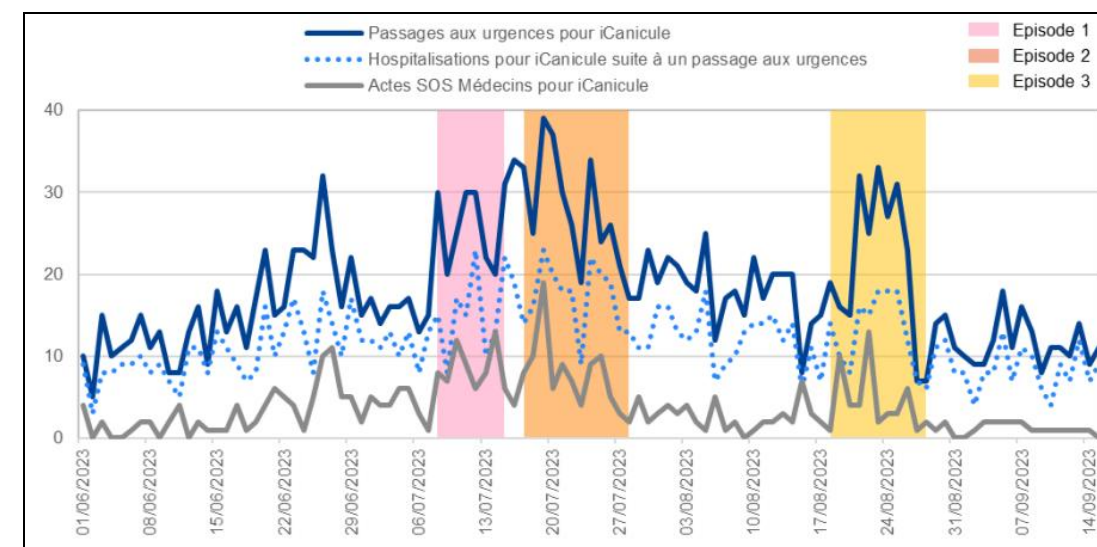


Figure 125 : Nombre quotidien de passages aux urgences, d'hospitalisations, d'actes SOS Médecins, pour iCanicule, PACA, du 1er juin au 15 septembre 2023 (source : Santé Publique France)

La figure suivante représente la surmortalité relative (% de décès en excès) par département pour les jours de dépassement des seuils d'alerte de l'été 2023.

Nota : La surmortalité relative dans le Var lors des jours de dépassement des seuils d'alerte canicule de l'été 2023 est estimée à moins de 10 %.

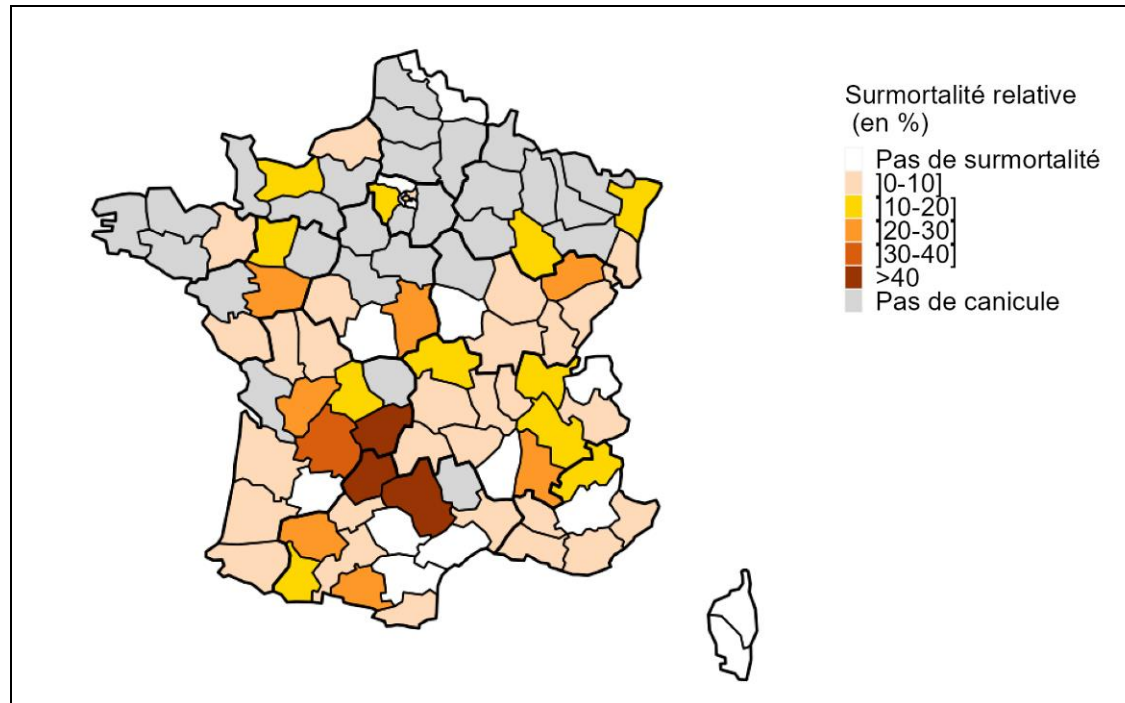


Figure 126 : Surmortalité relative (% de décès en excès) par département pour les jours de dépassement des seuils d'alerte de l'été 2023, France métropolitaine [Santé Publique France]

Au niveau national, pour l'ensemble de la période de surveillance (1^{er} juin – 15 septembre), plus de 5 000 décès toutes causes étaient attribuables à la chaleur, soit plus de 3 % des décès observés. Les trois quarts de ces décès attribuables à la chaleur concernaient des personnes âgées de 75 ans et plus. Le nombre de décès toutes causes attribuables à la chaleur pendant les épisodes de canicule est de plus de 1 500 décès, soit plus de 10 % de la mortalité observée sur ces épisodes et dans les départements concernés. Trois quarts des décès attribuables à la chaleur concernaient des personnes âgées de 75 ans et plus.

La région Auvergne-Rhône-Alpes est la plus impactée par la chaleur avec une estimation de 796 décès [590 ; 963] attribuables à la chaleur sur l'ensemble de l'été et de 440 décès [276 ; 569] attribuables à la chaleur pendant les périodes de canicules.

Pour la région **Provence-Alpes-Côte d'Azur**, le nombre de décès attribuables à la chaleur a été estimé à 507 [271 ; 699] sur l'ensemble de la période de surveillance dont environ 44 % (n=224) au cours des périodes caniculaires. Comme au niveau national, ces décès concernaient principalement des personnes de 75 ans et plus (67 % des décès). Ces décès

attribuables à la chaleur représenteraient 10,1 % de la mortalité observée pendant les périodes caniculaires et 3,4 % de la mortalité observée du 1er juin au 15 septembre.

Période	Tous âges		75 ans et plus	
	Nombre de décès attribuables à la chaleur [IC95%]	Part de la mortalité totale observée sur la période [IC95%]	Nombre de décès attribuables à la chaleur [IC95%]	Part de la mortalité totale observée sur la période [IC95%]
1er juin – 15 septembre	507 [271 ; 699]	3,4 % [1,8 % ; 4,7 %]	351 [171 ; 492]	3,3 % [1,6 % ; 4,7 %]
Pendant les canicules	224 [101 ; 313]	10,1 % [4,5 % ; 14,1 %]	155 [55 ; 228]	9,6 % [3,4 % ; 14,1 %]
1 ^{ère} canicule	25 [10 ; 38]	8,2 % [3,3 % ; 12,5 %]	21 [10 ; 29]	9,3 % [4,6 % ; 13,2 %]
2 ^{ème} canicule	68 [28 ; 101]	8,3 % [3,4 % ; 12,4 %]	44 [12 ; 70]	7,5 % [2,0 % ; 11,8 %]
3 ^{ème} canicule	131 [56 ; 185]	12,0 % [5,1 % ; 17,0 %]	90 [24 ; 138]	11,3 % [3,0 % ; 17,3 %]
4 ^{ème} canicule	-	-	-	-

Figure 127 : Mortalité toutes causes attribuable à la chaleur, tous âges et pour les 75 ans et plus sur l'ensemble de l'été et pour les canicules, PACA ; été 2023 (Source : Santé publique France)

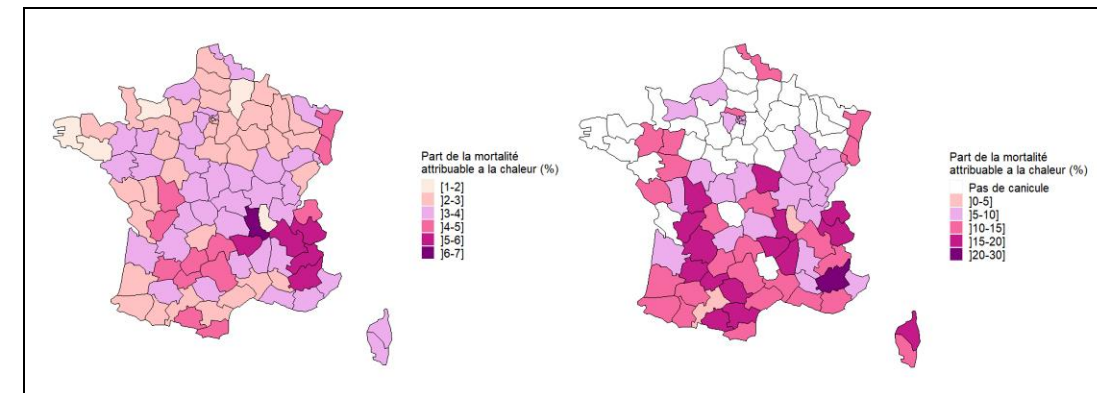


Figure 128 : Part de la mortalité attribuable à la chaleur entre le 1^{er} juin et le 15 septembre et part de la mortalité attribuable à la chaleur pendant les canicules ; par département ; été 2023 (Source : Santé publique France)

Comme au niveau national, la mortalité attribuable à la chaleur et les écarts à la mortalité attendue pour l'été 2023 en Provence-Alpes-Côte d'Azur sont moins importants que ceux estimés pour 2022 et ce, bien que cet été fût particulièrement marquant d'un point de vue météorologique et sanitaire. Chaque épisode caniculaire présentant des caractéristiques propres en termes de durée, d'intensité et de population exposée, la comparaison aux années précédentes est de fait complexe. Cette interprétation est d'autant plus délicate que durant certaines périodes caniculaires, des « déficits » de décès ont été observés par rapport à l'attendu. On note toutefois depuis plusieurs années 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. En Provence-Alpes-Côte d’Azur et sur les 7 derniers étés, 2 851 décès seraient attribuables à la chaleur dont 1 033 décès spécifiquement durant les périodes de canicule (36 %). Sur cet historique, l’impact le plus important correspondait à celui estimé pour la saison estivale 2022 (cf. figure suivante).

Année	Nombre de départements concernés*	Durée moyenne de canicule par département (en jours)**	Nombre de jours-départements en canicule	Mortalité attribuable à la chaleur pendant les canicules		Mortalité attribuable à la chaleur pendant l’été	
				Nombre de décès	Part de la mortalité	Nombre de décès	Part de la mortalité
2023	6	8,8	53	224	10,1	507	3,4
2022	5	14,2	71	242	11,9	710	4,5
2021	3	4,7	14	36	7,1	209	1,4
2020	2	4,5	9	23	8,6	257	1,8
2019	6	6,8	41	159	12,5	434	3
2018	5	7,6	38	220	12,5	397	2,8
2017	5	5,4	27	129	10,8	337	2,4

* Départements concernés par des dépassements des seuils d’alertes biométéorologiques
 ** Chaque période de canicule est définie à partir des seuils d’alertes biométéorologiques, et dure au moins 3 jours. Si deux canicules sont séparées par moins de 3 jours, elles sont reliées entre elles.

Figure 129 : Mortalité attribuable à la chaleur sur les périodes et les départements concernés par des canicules de 2017 à 2023, tous âges, PACA (Source : Santé publique France)

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.

À l’échelle de la France, la vague de chaleur d’août 2023 a duré 8 jours (du 17 au 24) avec un pic d’intensité le 24 août et se classe au 6e rang en termes de sévérité²².

Au mois d’août 2023, 47 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 ;
- 30 épisodes depuis 2000.

Il y a eu autant de vague de chaleur avant 2005 qu’entre 2005 et 2020. Depuis 2010, seules les années 2014 et 2021 n’en ont pas subi.

²² <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/fortes-chaieurs-aout-2023>

La figure suivante fait état des vagues de chaleur en fonction de leur durée, en France entre l’année 1947 et aout 2023.

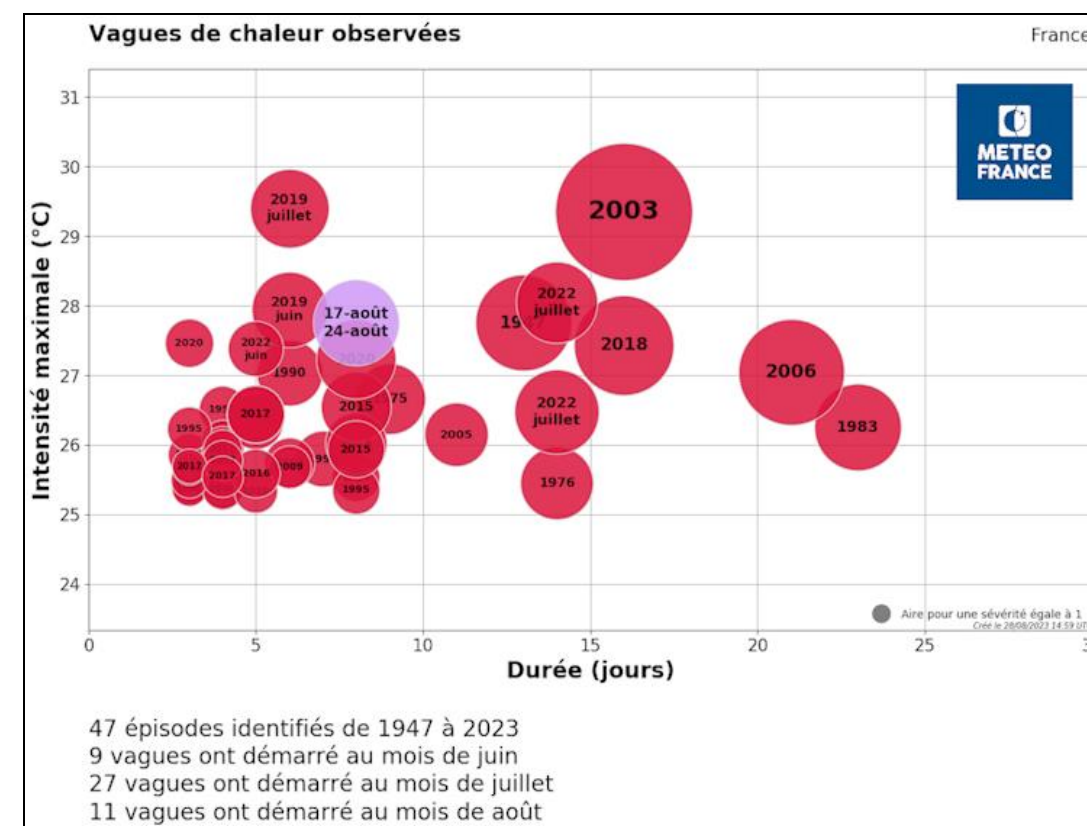


Figure 130 : Vagues de chaleur recensées en France sur la période 1947 - aout 2023 (source : météo France)

Alors qu’on comptait en moyenne moins de 5 jours de vagues de chaleur²³ sur la période 1976-2005, sans politique climatique, on estime qu’il y a 3 chances sur 4²⁴ 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.

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).

²³ 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

²⁴ <https://meteofrance.com/changement-climatique/observer/changement-climatique-et-vagues-de-chaieur>

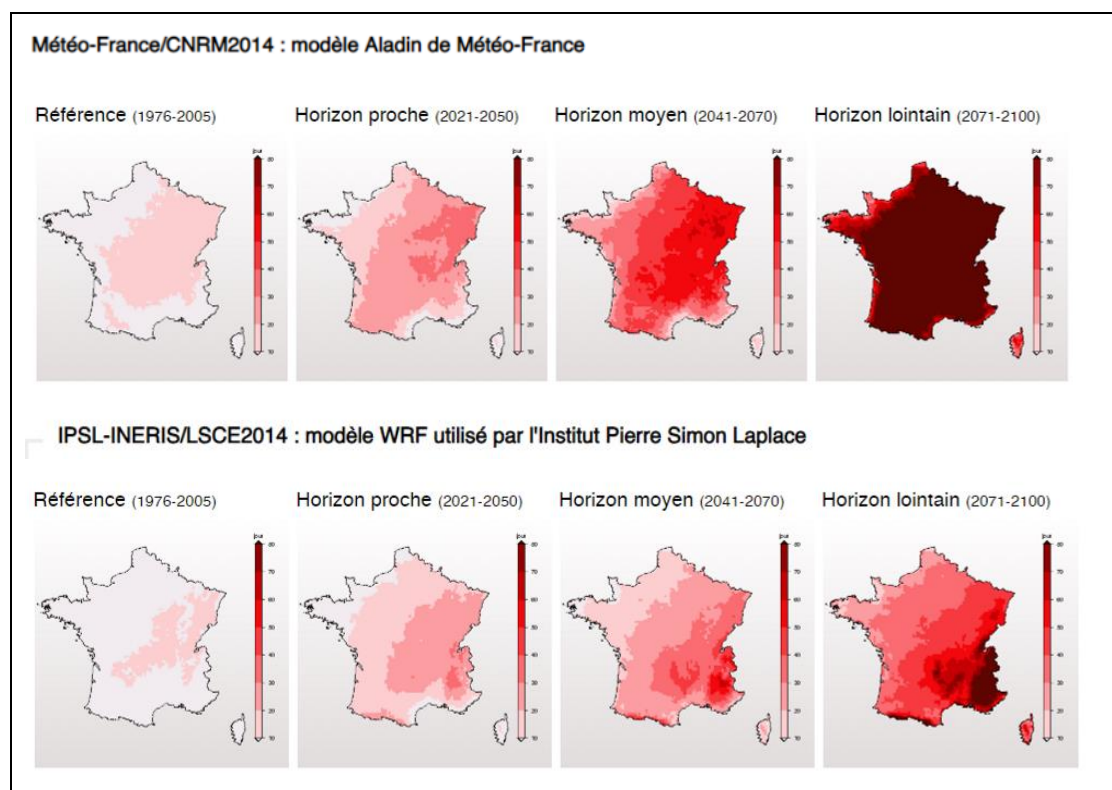


Figure 131 : Évolution du nombre de jours de vagues de chaleur en France par an selon le scénario RCP8.5 (sans politique climatique) et les modèles Aladin de Météo-France (en haut) et WRF de l'IPSL (en bas) ; échelle graduée de 10 à 80 jours (source : <http://www.drias-climat.fr>)

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 :

- **Démographique** : les personnes âgées étant les plus vulnérables ;
- **Sociale** : les personnes fragilisées sur le plan économique ou social (isolement, etc.) sont particulièrement sensibles ;
- **Économique** : la canicule a également un impact sur le rythme de vie et la santé au travail ;
- **Culturel** : la faible culture du risque « chaleur » (sauf régions du sud de la France) ;
- **Organisationnel** : 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.

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 (vieillesse de la population) dans un contexte de solidarité familiale incertain. Cette tendance lourde induit la nécessité d'augmenter l'offre d'aïdants, 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/m³ 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 Toulouse²⁵. Néanmoins, les résultats confirment l'impact non négligeable sur la santé publique de la concentration d'ozone en zone urbaine.

²⁵ 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

La vulnérabilité actuelle aux pics de pollution à l’ozone peut donc être qualifiée d’élvée en fonction des zones géographiques.

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.

12.4. IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE SUR LES MALADIES ALLERGIQUES

Les allergies respiratoires se classent à la 4^{ème} 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 adultes²⁶. 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.

²⁶<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.>

En région PACA, la saison pollinique 2023 s’est étalée de janvier à septembre (figure suivante).

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.

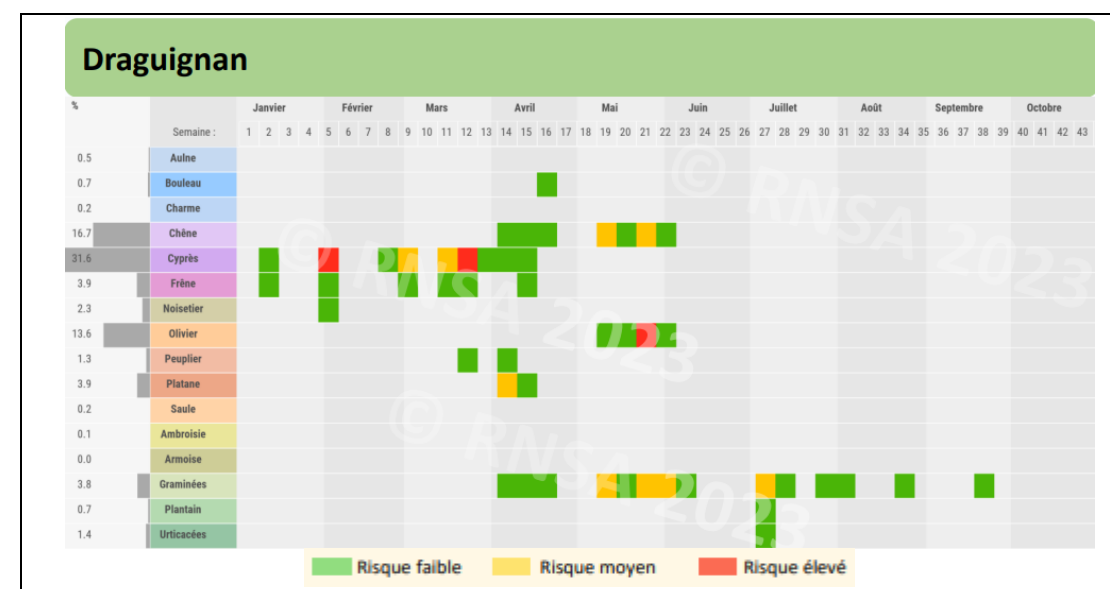


Figure 132 : Calendrier pollinique 2023 issu des mesures de pollens à Draguignan (source : RNSA / République Française / ARS)

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 suivant rappelle les principaux pollens allergisants.

Tableau 59 : 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⁾	Ambrosie	Armoise	Pariétaire	Chénopode	Plantain	Oseille	Ortie	
5	5	4	4	3	3	2	1	

(1) phléole, ivraie, dactyle, pâturin

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 allergisantes²⁷.

12.5. 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 événement 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, notamment²⁸ :

- 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 ;

²⁷ <http://www.vegetation-en-ville.org/> (site du RNSA)

²⁸ Influence du réchauffement climatique sur la propagation des maladies vectorielles et de leurs vecteurs – Centre national d'expertise sur les vecteurs – 23 février 2016

- 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 1^{er} janvier 2023) dans 71 des 96 départements métropolitains.

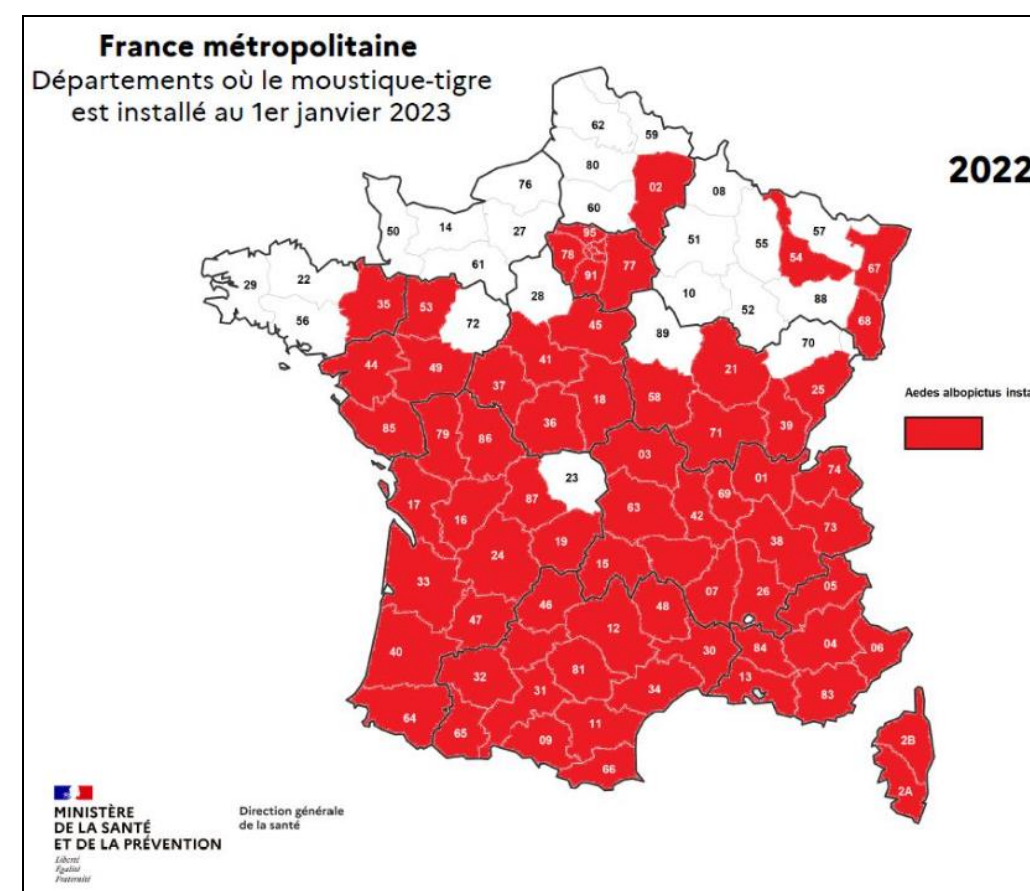


Figure 133 : Carte d'implantation du moustique tigre au 1^{er} janvier 2023 en France métropolitaine

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 le Var depuis 2007. Au 1^{er} janvier 2023, 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) [66]. 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 maladie²⁹.

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 134 : 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)³⁰.

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 importés de chikungunya et 1 cas importé de Zika. Plusieurs épisodes localisés de transmission autochtone de dengue

²⁹ <https://lejournal.cnrs.fr/articles/moustique-tigre-une-inquietante-invasion>

³⁰ <https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/risques-microbiologiques-physiques-et-chimiques/especes-nuisibles-et-parasites/moustiques>

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'Hérault³¹.

Du 1^{er} 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 26/07/2021³².

Du 1^{er} mai au 09 décembre 2022, ont été identifiés en France métropolitaine : 272 cas importés de dengue ; 255 ont été diagnostiqués dans des départements avec implantation documentée d'*Aedes albopictus* ; 22 cas importés de chikungunya ; 3 cas importés 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 Corse³³.

Un cas autochtone d'infection par le virus Usutu a été confirmé en Nouvelle-Aquitaine.

Du 1^{er} mai au 08 décembre 2023, ont été identifiés en France métropolitaine : 2 019 cas importés de dengue diagnostiqués dans des départements avec implantation documentée d'*Aedes albopictus*, 30 cas importés de chikungunya et 9 cas importés de Zika³⁴.

Huit foyers de transmission autochtone de dengue (comptabilisant au total 43 cas) ont été identifiés au 08 décembre 2023 : 14 cas dans les Bouches-du-Rhône, 2 cas dans les Alpes-Maritimes, 11 cas dans les Pyrénées Orientales, 9 cas dans le Gard, 2 cas dans l'Hérault, 2 cas dans la Drôme et 3 cas dans le Val-de-Marne.

³¹ <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>

³² <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>

³³ <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>

³⁴ <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-2023>

12.6. IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES CONCENTRATIONS EN POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES

Le projet franco-italien CLIMAERA³⁵ (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/m³ 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.

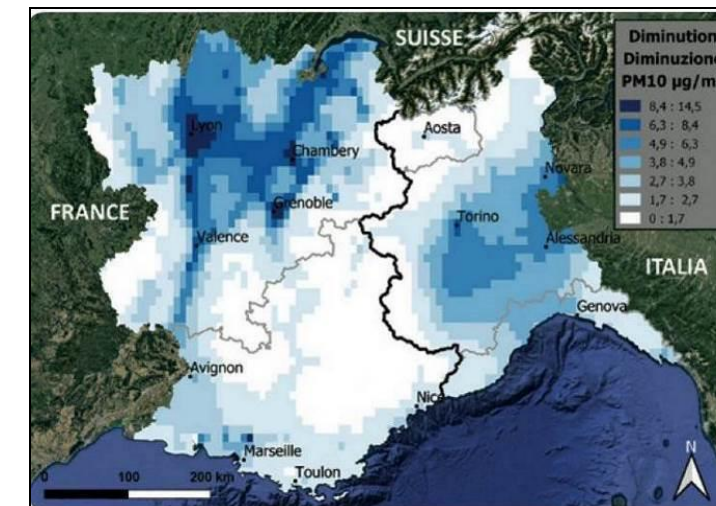


Figure 135 : Impact de la baisse des émissions anthropiques en 2030 sur les concentrations de PM10 par rapport à 2013 (scénario émissions 2030 - scénario émissions 2013) à météo 2013 constante (source : CLIMAERA)

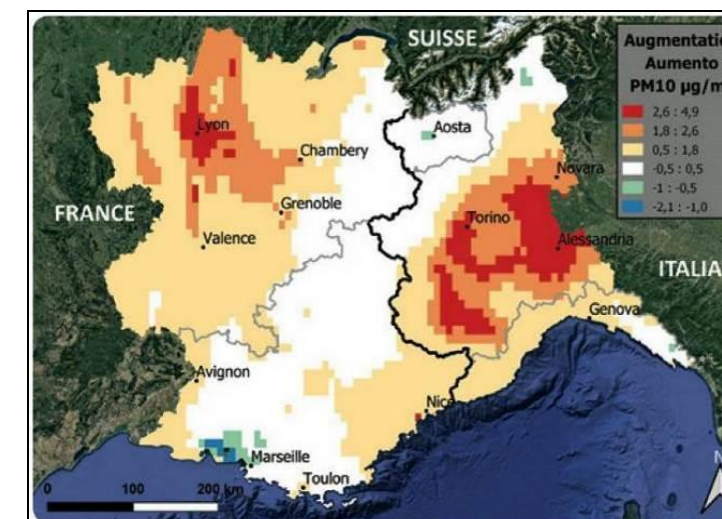


Figure 136 : Impact de la météo future 2030 sur les concentrations moyennes annuelles de PM10 par rapport à 2013 (scénario météo 2030 - scénario météo 2013) à émissions 2013 constantes (source : CLIMAERA)

³⁵ Interreg Alcotra ; CLIMAERA ; Rapport final. <https://www.climaera.eu/fr/resultats/rapports>

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 NO₂. 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.

13. EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE SUR LA FAUNE, LA FLORE, LE SOL ET LES BATIMENTS

13.1. 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 (SO₂) ;
- Les oxydes d'azote (NO_x) ;
- L'ammoniac (NH₃).

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.

13.2. EFFETS SUR LA VÉGÉTATION

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 (O₃)

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 entraîner des dégâts foliaires entraînant 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 (NO₂)

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 sécheresse 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/m³ (exprimé en équivalent NO₂) en moyenne annuelle et du SO₂ avec un niveau critique à 20 µg/m³ en moyenne annuelle et hivernale.

Les tableaux suivants présentent les résultats des modélisations pour l'ensemble des horizons et situations, concernant les polluants visés.

En ne considérant que les émissions liées au trafic routier du réseau d'étude :

-Pour le **SO₂** : 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** : quels que soient l'horizon et la situation, les teneurs maximales dépassent le niveau critique pour la protection de la végétation sur la zone d'étude. Ce qui est le cas également, pour le centile 50 en situation actuelle 2020, le centile 80 à l'horizon 2035 (FDE et situation Projetée), et le centile 95 à l'horizon 2055 (FDE comme situation projetée ; avec ou sans demi-diffuseur).

Tableau 60 : Résultats des modélisations pour les oxydes d'azote – moyenne annuelle

NOx (µg/m³) Moyenne annuelle en équivalent NO₂	Niveau critique pour la protection de la végétation			30 µg/m³ en moyenne annuelle			
	2020 Actuel	2035 Fil de l'eau	2035 Projetée	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
ZONE ETUDE - MAX	137,1	51,2	51,9	33,1	33,4	32,9	33,2
CENTILE 95	116,5	43,8	45,0	28,6	29,3	28,3	28,9
CENTILE 90	101,7	38,1	38,9	24,9	25,3	24,5	25
CENTILE 80	82,0	30,6	31,6	20,2	20,8	19,8	20,2
CENTILE 70	61,9	23,3	24,5	15,6	16,2	14,7	15,2
CENTILE 60	48,7	18,4	19,2	12,3	12,7	11,4	11,8
CENTILE 50	36,5	13,8	14,3	9,1	9,4	8,5	8,8
CENTILE 40	25,9	9,7	10,1	6,4	6,6	6,0	6,2
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 61 : Résultats des modélisations pour le dioxyde de soufre – moyenne annuelle

SO₂ (µg/m³) Moyenne annuelle	Niveau critique pour la protection de la végétation			20 µg/m³ en moyenne annuelle et hivernale			
	2020 Actuel	2035 Fil de l'eau	2035 Projetée	2055 SD FDE	2055 SD Projet	2055 AD FDE	2055 AD Projet
ZONE ETUDE - MAX	0,361	0,490	0,497	0,677	0,685	0,673	0,680
CENTILE 95	0,321	0,434	0,447	0,601	0,616	0,595	0,610
CENTILE 90	0,275	0,372	0,382	0,515	0,526	0,508	0,521
CENTILE 80	0,231	0,309	0,320	0,429	0,441	0,417	0,432
CENTILE 70	0,182	0,244	0,257	0,337	0,354	0,323	0,338
CENTILE 60	0,144	0,192	0,201	0,266	0,277	0,253	0,265
CENTILE 50	0,108	0,143	0,150	0,198	0,206	0,187	0,195
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

13.3. 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 :

- Détériorer la qualité de l'environnement ou de l'habitat où les animaux vivent
- Diminuer 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 alimentaires

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 influencer 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.

13.4. EFFETS SUR LES BÂTIMENTS

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 (SO₂, NO_x, CO, CO₂ ...), soit particuliers (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 SO₂ les transforme facilement : c'est le cas des calcaires et des grès calcaireux.

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.

14. QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

14.1. PRÉSENTATION

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'euros³⁶. 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.

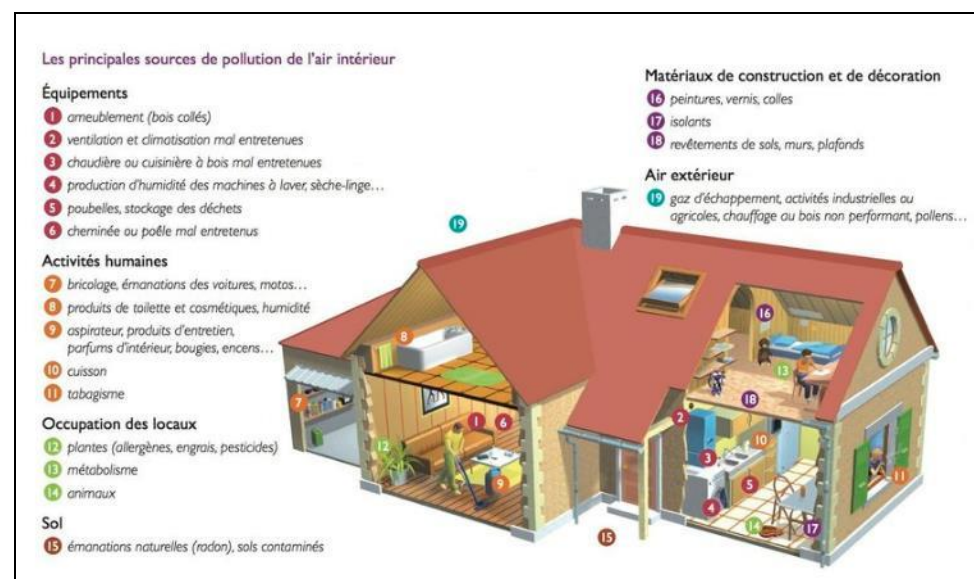


Figure 137 : Principales sources de pollution de l'air intérieur en habitat (source : ADEME)

14.2. 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 cancérigène 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 (NO₂). 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 particuliers en suspension dans l'air. Ils sont omniprésents et très divers, il s'agit

³⁶ ANSES (avril 2014) « Étude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur »

des bactéries (dont certaines produisent des endotoxines), des virus, des moisissures (dont certaines produisent des mycotoxines), des allergènes d'animaux (chats, chiens), d'insectes (blattes) ou d'acariens, ou des pollens. Les effets sanitaires de ces micro-organismes, pollens, ou résidus de micro-organismes pour les allergènes, vont dépendre des espèces présentes, de leurs concentrations et de la durée d'exposition et des personnes exposées. Outre le risque infectieux, il existe des risques allergiques et toxiques non négligeables.

14.3. 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 138 : 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.

15. MESURES D'ÉVITEMENT, DE RÉDUCTION 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.

Les constructions du projet suivront, a minima la RE2020 pour les bâtiments à vocation de logements et a minima la RT2012 pour les bâtiments d'activités. .

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 ventes³⁷ de véhicules neufs ; 74 % si l'on inclut 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.
- L'évolution des pratiques personnelles de transport.

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.

³⁷ <http://carlabelling.ademe.fr/chiffresclers/r/venteParTypeEnergie>

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.

15.1. MESURES DE REDUCTION EN PHASE CONCEPTION DU PROJET

❖ 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).

La programmation projetée inclut un retrait très important (cf. figure suivante) des logements par rapport à l'autoroute A57 (entre 415 m et 500 m environ) et à l'autoroute A8 (entre 635 m et 860 m environ). Cela implique une minimisation de l'exposition des futurs résidents du projet vis-à-vis des principales sources de pollution routière de la zone d'étude.

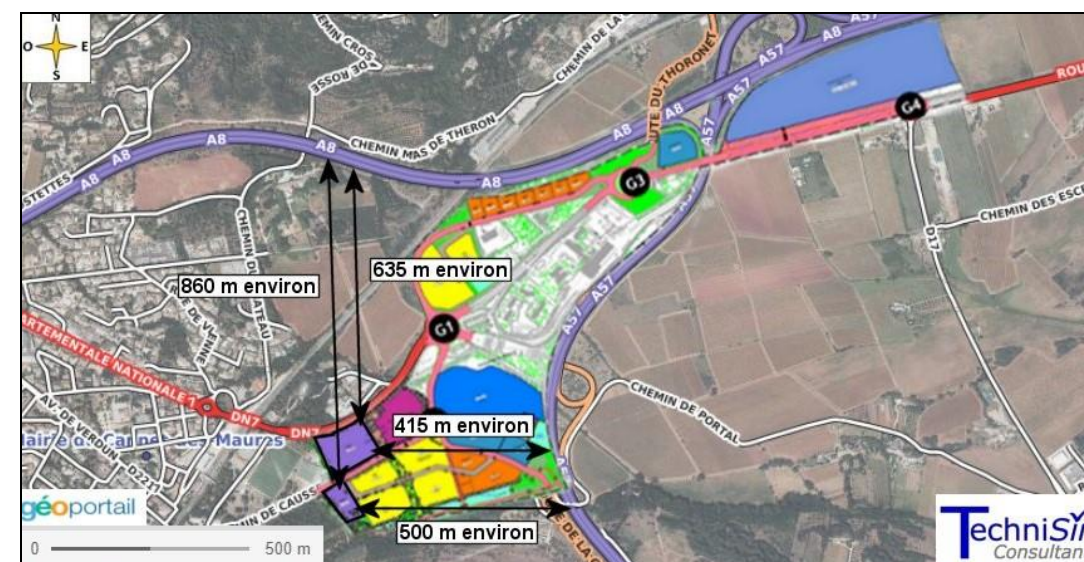


Figure 139 : Retrait des bâtiments construits par rapport aux autoroutes

Le tableau suivant présente les concentrations modélisées au niveau des logements projetés et celles en bordure d'autoroute A57 (autoroute la plus proche des logements et dont les polluants émis par le trafic sur cette dernière, sont le plus susceptibles d'être transporté vers le projet compte tenu des vents dominants sur la zone d'étude), dans le but

de chiffrer en termes d'exposition des populations l'impact du retrait constructif mis en œuvre.

Tableau 62 : Concentrations mesurées en bordure d'autoroute et au niveau des logements projetés en 2035 et 2055 sans et avec demi-diffuseur

Mesure	Retrait constructif par rapport à l'A57 des logements projetés (horizon 2035)		
	Concentrations modélisées en bordure d'autoroute A57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentrations modélisées au niveau des logements du projet $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Impact mesure (Réduction exposition) %
NO ₂	[6,8 ; 16,7]	[5,4 ; 8,5]	[-20,5 % ; -48,9 %]
PM10	[15,3 ; 19,0]	[14,6 ; 16,2]	[-4,3 % ; -14,8 %]
PM2.5	[7,5 ; 9,7]	[7,2 ; 8,0]	[-4,5 % ; -17,2 %]
Mesure	Retrait constructif par rapport à l'A57 des logements projetés (horizon 2055 Sans Demi-Diffuseur)		
	Concentration modélisée en bordure d'autoroute A57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentration modélisée au niveau des logements $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Impact mesure (Réduction exposition) %
NO ₂	[2,4 ; 5,7]	[1,9 ; 3,0]	[-21,8 % ; -46,8 %]
PM10	[17,0 ; 21,2]	[16,3 ; 18,0]	[-4,2 % ; -14,9 %]
PM2.5	[8,2 ; 10,5]	[7,8 ; 8,8]	[-4,7 % ; -16,4 %]
Mesure	Retrait constructif par rapport à l'A57 des logements projetés (horizon 2055 Avec Demi-Diffuseur)		
	Concentration modélisée en bordure d'autoroute A57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentration modélisée au niveau des logements $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Impact mesure (Réduction exposition) %
NO ₂	[2,3 ; 5,7]	[5,4 ; 8,5]	[-20,0 % ; -49,8 %]
PM10	[16,9 ; 21,1]	[14,6 ; 16,2]	[-4,1 % ; -16,2 %]
PM2.5	[8,1 ; 10,5]	[7,2 ; 8,0]	[-4,1 % ; -18,4 %]

Il est possible d'observer que la localisation des bâtiments à vocation de logement en extrémité sud-ouest de l'emprise projet induit une diminution de l'exposition des logements à la pollution atmosphérique émise par le transport routier de l'autoroute A57 comparativement à une construction en bordure de cette dernière. Les diminutions de concentrations calculées pour le retrait appliqué sont, en moyenne, de l'ordre de -35 % pour le NO₂, -10 % pour les PM10 et -11 % pour les PM2.5.

❖ **Adaptation de la morphologie urbaine**

Lorsque les mesures d'éloignement ne peuvent pas être mises en place (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.

❖ **Incitation aux mobilités actives**

La conception du projet intègre dans le réseau de voirie sur le projet des voies piétonnes et pour mobilités douces (cf. figure suivante ; liaisons en pointillé bleu).

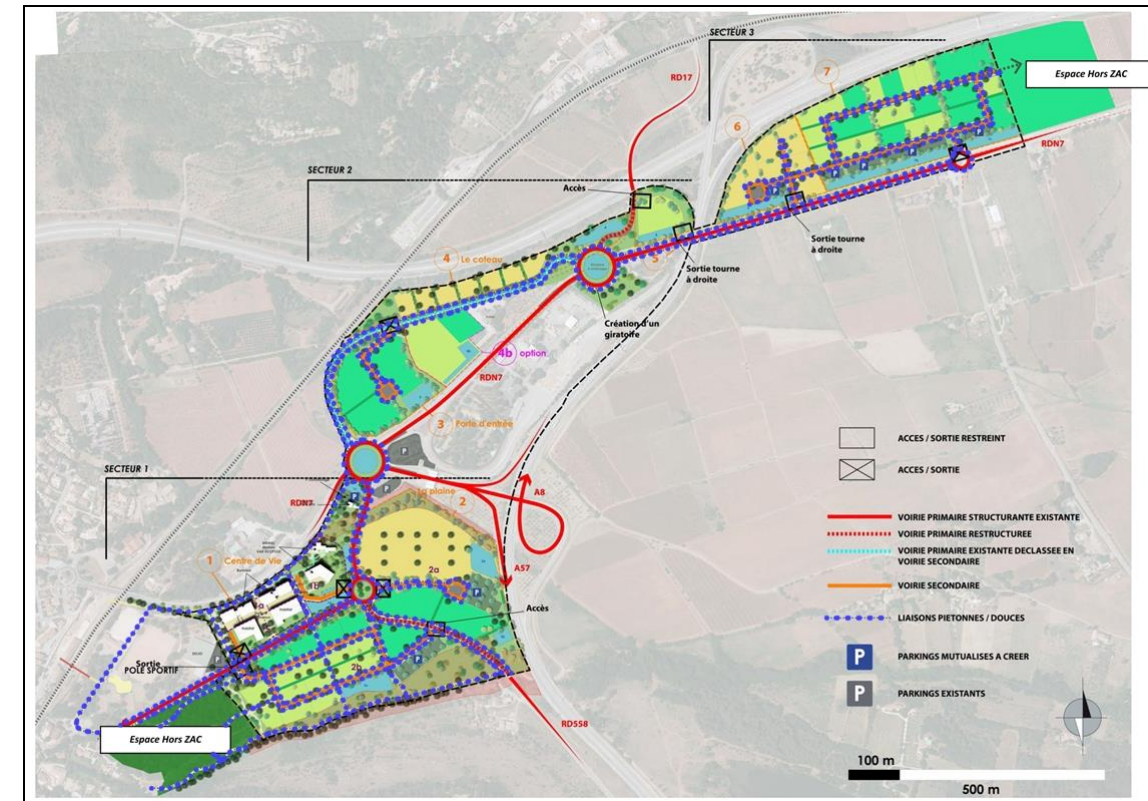


Figure 140 : Schéma de circulation sur le projet

15.2. MESURES DE REDUCTION EN PHASE EXPLOITATION

❖ Recommandations constructives sur les bâtiments et gestion du bâtiment au quotidien

Le recours aux mesures constructives peut être systématique, mais doit plutôt s'envisager comme intervenant en complément des autres mesures, ou 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 ouvertures sur les façades les moins exposées à la voirie) ;
- Le positionnement des bouches de prise d'air neuf (de manière générale, privilégier le positionnement des bouches de prise d'air neuf sur le côté le moins exposé du bâtiment, loin des bouches d'air vicié, de parkings, etc.).
- La ventilation (par exemple, mettre en place et entretenir régulièrement une VMC (ventilation mécanique contrôlée) double-flux comprenant une filtration de l'air entrant (filtre à pollen et filtre à poussières fines)) ;
- etc.

❖ Incitation à l'utilisation des transports en commun

Le projet est situé à proximité de la gare SNCF du Cannet-des-Maures. Les bâtiments à vocation résidentielle sont situés à 350 m environ de la gare du Cannet-des-Maures.

Par ailleurs l'implantation du projet a été pensée en lien avec le projet de Pôle multimodal³⁸ au niveau de la gare du Cannet-des-Maures, en proximité immédiate du projet.

³⁸ <https://www.lecannetdesmaures.com/economie/tous-les-projets/pole-multimodal>

Conclusion – Analyse des Impacts

16. CONCLUSION DE L'ANALYSE DES IMPACTS

Ce document a traité l'analyse des impacts relative au projet de construction « ZAC VarEcopole » comportant des bâtiments à vocation résidentiel/tertiaire (logements, entreprises, centres de recherches et de formation, activités...), sur le territoire du Cannet-des-Maures (Var/83).

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.

4 établissements vulnérables à la pollution atmosphérique (crèches, écoles maternelle/primaire) sont recensés en l'état actuel sur la zone d'étude.

Le projet d'aménagement va générer des émissions atmosphériques lors des phases :

- Chantier ;
- Exploitation.

Les bâtiments créés respecteront, *a minima* la RT2012 voire la (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 RE2020), suivant les typologies de bâtiment du projet. Le principal objectif est de ramener la performance énergétique de tous les bâtiments construits « après 2020 » à énergie positive.

Les émissions liées au bâti s'avèreront ainsi minimales, comparé aux autres sources d'émissions déjà présentes, en particulier la circulation automobile.

La réalisation du projet va induire une hausse globale des trafics sur le réseau d'étude, en moyenne journalière annuelle, comparativement à la situation « Actuelle » 2020 et à la situation Fil de l'eau.

Pour mémoire, au niveau des lieux vulnérables existants, de l'emprise projet et globalement des habitants hors projet, les concentrations calculées additionnées aux concentrations de fond (pour le NO₂, les PM10 et les PM2,5) de la zone d'étude aux horizons futur 2035 et 2055 (situation « Fil de l'eau » et « Projet » ; avec et sans demi-diffuseur) sont inférieures aux normes réglementaires.

Aux horizons futurs 2035 et 2055, 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 SO₂ 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 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). Et **ce, malgré l'augmentation globale des volumes de trafic**, par rapport à la situation actuelle 2020.

Les polluants émis également par l'usure et l'abrasion voient quant à eux leurs teneurs maximales sur la zone d'étude diminuer de manière moins importante aux horizons futurs 2035 et 2055 (benzo(a)pyrène, particules) voire augmenter pour les métaux.

Par rapport à la situation actuelle 2020, il est observé aux horizons futurs 2035 et 2055 :

- Pollution atmosphérique : une baisse des concentrations maximales en NO₂, PM10, PM2.5, CO, benzène et BaP sur la zone d'étude aux horizons futurs mais une hausse des concentrations maximales en SO₂, arsenic et nickel ;
- Enjeux populationnels (lieux vulnérables, habitations hors projet et futurs lieux de travail et logements en projet) :
 - Une baisse en situations « Fil de l'eau » et « Projet », des concentrations en polluants émis à l'échappement (traceur NO₂) est observée au niveau des lieux vulnérables, habitations existantes en l'état actuel et de l'emprise projet.
 - Pour les polluants émis également par l'abrasion (traceur PM10), il est également observé une diminution des concentrations en situation « Fil de l'eau » et « Projet » au niveau des lieux vulnérables, des habitations existantes à l'état actuel et de l'emprise projet.

Les impacts du projet sont, par rapport à la situation « Fil de l'eau » correspondante :

- Pollution atmosphérique : une variation négligeable des concentrations maximales en polluants sur la zone d'étude (environ +1,48 % en 2035, +1,13 % en 2055 sans demi-échangeur et +1,07 % en 2055 avec demi-échangeur; en moyenne sur les polluants réglementés). Les hausses maximales de concentrations sont situées logiquement au niveau des voies de circulation ayant le plus de trafic, mais demeurent faibles en valeurs absolues (augmentation maximale de 0,68 µgNO₂/m³ en 2035).
- Enjeux populationnels (lieux vulnérables et habitations existantes / futures résidences ou lieux de travail en projet) : il est constaté une légère hausse négligeable des concentrations en polluants au niveau des lieux vulnérables existants à l'état actuel, des habitations existantes et de l'emprise projet.

De même, l'évaluation quantitative des risques sanitaires confirme que la réalisation du projet n'engendre pas de risques sanitaires supplémentaires pour les résidents de la zone d'étude hors projet. Les futurs travailleurs du projet seront légèrement plus exposés que les résidents hors projet (concentrations supérieures), alors que les futurs résidents du projet seront moins exposés que les riverains les plus exposés.

De plus, tous les indicateurs sanitaires diminuent aux horizons 2035 et 2055 comparativement à ceux calculés en situation « Actuelle » 2020.

En définitive, l'aménagement projeté et les hausses de trafic corrélées, ne vont pas entraîner de modification significative ni de la qualité de l'air sur le secteur, ni de l'exposition à la pollution atmosphérique des populations présentes.

Les futurs résidents du projet seront significativement moins exposés que les populations déjà présentes sur la zone d'étude, à horizon d'étude et situation équivalents.

L'exposition maximale des travailleurs du projet seront un peu plus élevée que l'exposition des riverains les plus exposés de la zone d'étude.

La situation Avec Demi-Diffuseur est plus avantageuse que la situation Sans Demi-Diffuseur (VK moins élevés, émissions et concentrations en polluants atmosphériques et GES moindres, consommation de carburant moindre, coûts de la pollution et des GES moindres).

Le tableau suivant synthétise les impacts du projet.

THÈMES	Avantages / Inconvénients
PHASE TRAVAUX	La quantification des émissions appelant un nombre important de données, il est difficile, au niveau actuel de l'étude, de chiffrer les émissions atmosphériques du chantier.
VEHICULES-KILOMETRES	Sur le <u>réseau d'étude</u> , par rapport à la situation Actuelle 2020, les indices VK Tous Véhicules augmentent (entre +13,4 % en situation Fil de l'Eau 2035 et +38,0 % en situation Projet Sans Demi-Diffuseur 2055). D'après les hypothèses considérées, sur le <u>réseau d'étude</u> , par rapport à la situation Fil de l'eau correspondante, les VK augmentent très légèrement en situation Projetée (+3,2 % en 2035 et +2,7 % en 2055 Sans ou Avec Demi-Diffuseur). Les indices VK sont moindres dans la situation Avec Demi-Diffuseur comparée à la situation Sans Demi-Diffuseur (-2,5 %).
CONSOMMATION DE CARBURANT	Par rapport à la situation Actuelle 2020, la consommation de carburant sur le réseau d'étude augmente quelle que soit la situation (entre +9,7 % en situation Fil de l'eau 2035 et +28,1 % en situation Projetée Sans Demi-Diffuseur 2055). En lien avec la hausse des VK, par rapport à la situation Fil de l'Eau correspondante, la réalisation du projet induit une très légère augmentation de la consommation de carburant (+2,6 % en 2035 et +2,2 % en 2055 Sans ou Avec Demi-Diffuseur). La consommation de carburant est moindre dans la situation Avec Demi-Diffuseur comparée à la situation Sans Demi-Diffuseur (-2,7 %).
ÉMISSIONS POLLUANTES	Les émissions de polluants (moyenne de tous polluants confondus considérés dans cette étude) diminuent aux horizons futurs 2035 et 2055 par rapport à la situation « Actuelle » 2020 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, amélioration des systèmes épuratifs et motorisations). Par rapport à la situation Fil de l'eau correspondante, la réalisation du projet induit une très légère augmentation des émissions de polluants atmosphériques de +3,1 % en 2035 et de 2,6 % en 2055 Sans ou Avec Demi-Diffuseur (en moyenne tous polluants confondus considérés dans cette étude).
CONCENTRATION DANS L'AIR AMBIANT	En comparaison avec la situation actuelle 2020, les teneurs maximales sur la zone d'étude diminuent pour le NO ₂ , les PM10, les PM2.5, le CO, le benzène et le BaP aux horizons futurs 2035 et 2055 mais augmentent pour le SO ₂ , l'arsenic et le nickel. D'après les hypothèses considérées, les variations des concentrations maximales annuelles en polluants atmosphériques modélisées sur la <u>zone d'étude</u> (moyenne sur les polluants réglementés) en situation Projet, sont négligeables par rapport à la situation Fil de l'eau correspondante. Les hausses les plus marquées sont enregistrées logiquement au niveau des voies de circulation dont le trafic augmente le plus. Il est important de retenir que ces hausses sont très localisées et demeurent faibles en valeurs absolues.

THÈMES	Avantages / Inconvénients
IPP NO₂ (TRACEUR POLLUTION AUTOMOBILE)	<p>En raison de la baisse des émissions de NO₂ aux horizons 2035 et 2055, les populations seront drastiquement moins exposées au dioxyde d'azote qu'en situation actuelle 2020.</p> <p>Par rapport à la situation Fil de l'eau, les IPP par carreaux, en situation projet, augmentent au sein du projet du fait majoritairement de l'arrivée de nouvelles populations résidentes (zones habitations projet). Une faible hausse des indices est observée sur le reste de la zone d'étude.</p> <p>Le scénario projet avec demi-diffuseur induit une diminution de l'exposition des riverains de la zone d'étude et des habitants du projet comparativement au scénario projet sans demi-diffuseur.</p>
EQRS	<p>En considérant les émissions des brins du réseau d'étude additionnées des concentrations de fond pour le NO₂, les PM10 et les PM2.5, que cela soit pour les effets à seuils ou sans seuil, ou pour les principaux polluants sans VTR :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les indices sanitaires calculés aux horizons futurs 2035 et 2055 (avec et sans projet) sont tous inférieurs à ceux en situation actuelle 2020. - Les valeurs des indicateurs sanitaires sont situées dans le domaine de conformité pour l'ensemble des scénarios d'exposition étudiés (enfant en bas âge, écolier, personne âgée ; résident ; travailleur ; enfant) aux horizons futur 2035 et 2055 (avec et sans projet ; avec et sans demi-diffuseur). - 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 riveraines de la zone d'étude. - Les indicateurs calculés pour les travailleurs du projet sont supérieurs (proximité de l'autoroute en bordure de certaines zones à vocation d'activités de l'emprise projet) à ceux calculés pour les résidents hors projet à horizon et situation équivalents ; eux-mêmes plus exposés que les résidents du projet. <p>Pour les composés ne disposant pas de VTR, les recommandations OMS annuelles (exposition chronique) sont dépassés pour tous les horizons, situations et scénarios d'exposition étudiés pour les PM10, PM2.5. Pour le NO₂, la valeur guide annuelle OMS est dépassée en situation actuelle 2020 pour les lieux vulnérables et les riverains les plus exposés de la zone d'étude ainsi qu'à l'horizon 2035 pour les riverains de la zone d'étude (avec ou sans projet) et les travailleurs du projet (situation projet).</p>
COUT DES EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE	<p>Par rapport à la situation Actuelle 2020, les coûts annuels de la pollution atmosphérique émise sur le réseau d'étude augmentent (entre 5,0 % en situation Fil de l'Eau 2035 et 75 % en situation Projet Sans Demi-Diffuseur 2055) du fait de l'augmentation des VK.</p> <p>La mise en place du projet engendre une très légère augmentation des coûts annuels de la pollution atmosphérique sur le réseau d'étude par rapport à la situation Fil de l'Eau correspondante (+2,4 % en 2035 et +2,1 % en 2055 Sans ou Avec Demi-Diffuseur).</p> <p>Les coûts de la pollution atmosphérique sont moins élevés pour la situation Avec Demi-Diffuseur par rapport à la situation Sans Demi-Diffuseur (-3,0 %).</p>

THÈMES	Avantages / Inconvénients
ÉMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	<p>Par rapport à la situation Actuelle 2020, sur le réseau d'étude, les émissions de GES augmentent quels que soient l'horizon et la situation (entre +9,4 % en situation Fil de l'eau 2035 et +27,6 % en situation Projetée Sans Demi-Diffuseur 2055), cela étant à corréliser avec l'évolution des consommations énergétiques.</p> <p>Sur le réseau d'étude, par rapport à la situation Fil de l'Eau correspondante, la situation projet induit une très légère augmentation des émissions de GES de (+2,6 % en 2035 et +2,2 % en 2055 Sans ou Avec Demi-Diffuseur).</p> <p>Les émissions de GES sont moindres dans la situation Avec Demi-Diffuseur comparée à la situation Sans Demi-Diffuseur (-2,7 %)</p>
COUT DES GAZ A EFFET DE SERRE	<p>Le coût des émissions de Gaz à Effet de Serre augmente aux horizons futur 2035 et 2055 par rapport à la situation actuelle, en raison de la valeur tutélaire du carbone qui croît de façon marquée.</p> <p>Par rapport à la situation Fil de l'Eau correspondante, la situation projet engendre une très légère augmentation des coûts des émissions de GES (+2,6 % en 2035 et +2,2 % en 2055 Sans ou Avec Demi-Diffuseur) sur le réseau d'étude.</p> <p>Le coût des émissions de Gaz à Effet de Serre est moins élevé dans la situation Avec Demi-Diffuseur par rapport à la situation Sans Demi-Diffuseur (-2,7 %).</p>
MESURES ERC	<p>L'éloignement des logements par rapport aux autoroutes A8 et A57 est la principale mesure ERC mise en place du projet.</p> <p>Les diminutions de concentrations calculées pour le retrait appliqué sont de l'ordre de -35 % pour le NO₂, -10 % pour les PM10 et -11 % pour les PM2.5. Il a par ailleurs été démontré précédemment que l'exposition des résidents du projet sera moindre que celles des riverains les plus exposés de la zone d'étude.</p> <p>Par ailleurs le projet comporte la création de voies piétonnes/ modes doux incitant à la mobilité active.</p> <p>Le projet s'implante à proximité du projet de Pôle multimodal à la gare du Cannet-des-Maures. Cette localisation en proximité immédiate d'un projet favorisant les mobilités alternatives à la voiture personnelle consiste en une mesure de réduction des déplacements liés à la réalisation de VarEcopole.</p> <p>Il n'est donc pas proposé de mesure supplémentaires au vu des mesures déjà incluses en phase de conception du projet.</p>

Annexes

ANNEXE N°1 : GLOSSAIRE

AASQA	Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air	DRIEE	Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie	DRIEAT	Direction régionale et interdépartementale Environnement-Aménagement-Transports
AEE	Agence Européenne de l'Environnement	EFSA	European Food Safety Authority
ALD	Affections Longues Durées	EHPAD	Établissement d'Hébergement pour Personnes Âgées Dépendantes
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail	EICU	Effet d'Ilot de Chaleur Urbain
ARS	Agence Régionale de Santé	EIS	Évaluation de l'Impact Sanitaire
As	Arsenic	EPCI	Établissement Public de Coopération Intercommunale
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry	EPT	Établissement public territorial
Ba	Baryum	ERI	Excès de Risque Individuel
B(a)P	Benzo(a)Pyrène	ERU	Excès de risque Unitaire
BPCO	Broncho-pneumopathie chronique obstructive	EQIS	Évaluation Quantitative de l'Impact Sanitaire
BTEX	Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes	EQRS	Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires
CAA	Concentration Admissible dans l'Air	FET	Facteur d'équivalence Toxique
Cd	Cadmium	GES	Gaz à Effet de Serre
CépiDc	Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de Décès	GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
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.	GPL	Gaz de pétrole liquéfié
CEREMA	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement	HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
CH₂O	Formaldéhyde	Hg	Mercure
CH₄	Méthane	HPM	Heure de pointe du matin
C₂H₄O	Acétaldéhyde	HPS	Heure de pointe du soir
C₃H₄O	Acroléine	IFSTTAR	Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux
C₄H₆	1,3-Butadiène	IGN	Institut national de l'information géographique et forestière
C₆H₆	Benzène	INERIS	Institut national de l'environnement industriel et des risques
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer	INRETS	Institut de recherche sur les transports
CITEPA	Centre Interprofessionnel technique d'Étude de la Pollution Atmosphérique	INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
CJUE	Cour de justice de l'Union européenne	INSERM	Institut national de la santé et de la recherche médicale
CMI	Concentration Moyenne Inhalée	InVS	Institut de Veille Sanitaire
CO	Monoxyde de carbone	IPP	Indice Pollution Population
CO₂	Dioxyde de carbone	IPSL	Institut Pierre Simon Laplace
COPERT	COmputer Program to calculate Emissions from Road Transport	IREP	Registre français des émissions polluantes
CORINAIR	CORe INventories AIR	kep	kilo équivalent pétrole
COV	Composé Organique Volatil	LOM	Loi d'Orientation des Mobilités
COVNM	Composé Organique Volatil Non Méthanique	MRL	minimum risk level
Cr	Chrome	NH₃	Ammoniac
DREES	Direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques	Ni	Nickel
		NO	Monoxyde d'azote
		NO₂	Dioxyde d'azote
		NO_x	Oxydes d'azote
		N₂O	Protoxyde d'azote
		O₃	Ozone
		OAP	Orientation d'Aménagement et de Programmation
		OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment

OMS	Organisation Mondiale de la Santé	UVP	Unité de Véhicule Particulier
ORS	Observatoire Régional de Santé	VGAI	Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur
PADD	Projet d'Aménagement et de Développement Durable	VK	Véhicules-Kilomètres
Pb	Plomb	VL	Véhicule Léger
PCET	Plan Climat Énergie Territorial	VMC	ventilation mécanique contrôlée
PCAET	Plan Climat Air Énergie Territorial	VP	Véhicule Personnel
PDU	Plan de Déplacements Urbains	VUL	Véhicule Utilitaire Léger
PIB	Produit intérieur brut	VTR	Valeur Toxicologique de Référence
PL	Poids Lourd	ZCR	Zone à Circulation Restreinte
PLD	Plan Local de Déplacement	ZFE	zones à faibles émissions
PLQA	Plans Locaux de Qualité de l'Air	ZPA	Zone de Protection de l'Air
PLU	Plan Local d'Urbanisme	ZPAd	Zone de Protection de l'Air départementale
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		
SCoT	Schémas de Cohérence Territoriale		
SECTEN	SECTeur émetteur et ENergie		
SNBC	Stratégie Nationale Bas Carbone		
SO₂	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 (<i>Total Suspended Particulate matter</i>)		
TV	Tous Véhicules		
US EPA	United States Environmental Protection Agency		

ANNEXE N°2 : 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 (Clean Air for Europe, '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.

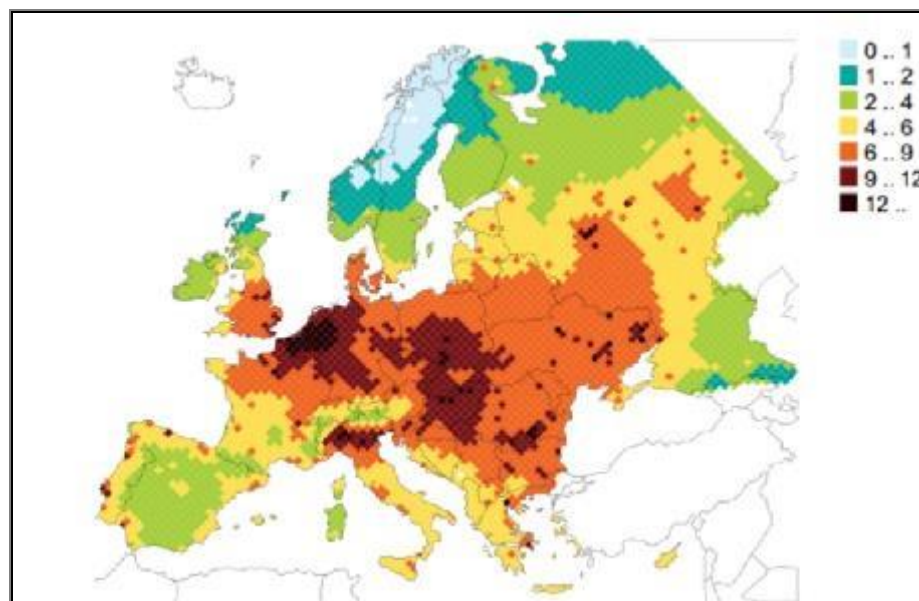


Figure 141 : Nombre de mois de perte d'espérance de vie - moyenne dans l'UE due aux particules fines (PM2,5) [Source : International Institute for Applied Systems Analysis]

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/m³ à Toulouse à 24,7 µg/m³ à Lyon. Si l'ancienne valeur-guide de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (10 µg/m³ 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 - NO₂, O₃, 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 NO₂ 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 NO₂, 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°3 : REGLEMENTATION DES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

Tableau 63 : 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/m ³ . En moyenne horaire : depuis le 01/01/10 : 200 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an.	En moyenne annuelle : 40 µg/m ³ .	En moyenne horaire : 200 µg/m ³ .	En moyenne horaire : 400 µg/m ³ dépassé sur 3 heures consécutives. 200 µg/m ³ si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain.	
Oxydes d'azote (NO _x)					En moyenne annuelle (équivalent NO ₂) : 30 µg/m ³ (protection de la végétation).
Dioxyde de soufre (SO ₂)	En moyenne journalière : 125 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an. En moyenne horaire : depuis le 01/01/05 : 350 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an.	En moyenne annuelle : 50 µg/m ³ .	En moyenne horaire : 300 µg/m ³ .	En moyenne horaire sur 3 heures consécutives : 500 µg/m ³ .	En moyenne annuelle et hivernale (pour la protection de la végétation) : 20 µg/m ³ .
Plomb (Pb)	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/02 : 0,5 µg/m ³ .	En moyenne annuelle : 0,25 µg/m ³ .			
Monoxyde de carbone (CO)	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 10 000 µg/m ³ .				

Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres (PM10)	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/05 : 40 µg/m ³ . En moyenne journalière : depuis le 01/01/2005 : 50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an.	En moyenne annuelle : 30 µg/m ³ .	En moyenne journalière : 50 µg/m ³ .	En moyenne journalière : 80 µg/m ³ .	
Benzène (C ₆ H ₆)	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/10 : 5 µg/m ³ .	En moyenne annuelle : 2 µg/m ³ .			

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/m ³ pendant une année civile. Seuil de protection de la végétation, AOT 40* de mai à juillet de 8h à 20h : 6 000 µg/m ³ .h	En moyenne horaire : 180 µg/m ³ .	Seuil d'alerte pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire : 240 µg/m ³ sur 1 heure Seuils d'alerte pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence, en moyenne horaire : 1er seuil : 240 µg/m ³ dépassé pendant trois heures consécutives. 2e seuil : 300 µg/m ³ dépassé pendant trois heures consécutives. 3e seuil : 360 µg/m ³ .	Seuil de protection de la santé : 120 µg/m ³ 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/m ³ .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
				Concentration initiale	Objectif de réduction	
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.	<= à 8,5 µg/m³	0%	20 µg/m³ pour l'IEM 2015**.
				>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 cancérigène 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.

Remarque : le 26 octobre 2022, la Commission Européenne³⁹ a publié une proposition de révision des directives de la qualité de l'air.

³⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2022:542:FIN>

ANNEXE N°4 : 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'O₃ sur 8 heures au cours des six mois consécutifs où la concentration moyenne d'O₃ a été la plus élevée.

ANNEXE N°5 : DONNEES TRAFICS CONSIDEREES DANS L'ETUDE

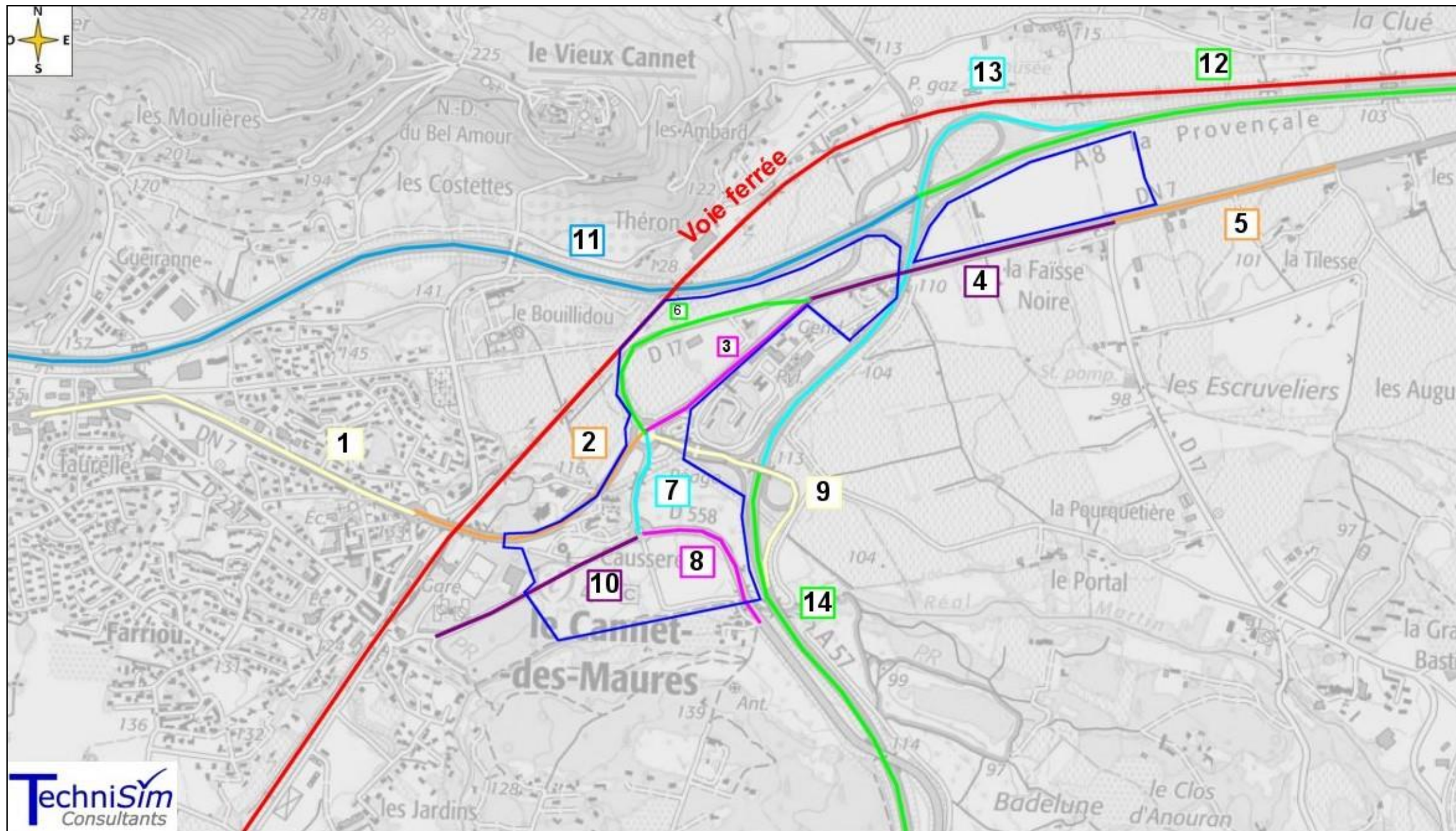


Figure 142 : Brins considérés

Contact

TechniSim Consultants

316 rue Paul Bert
69003 LYON

Fixe : 04 37 69 92 80

Mél : technisim@wanadoo.fr

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

ADDENDA : L'absence de remarques sous un mois à compter de la date de réalisation de l'étude vaut acceptation.

Toute reprise mineure ou majeure ultérieure sera susceptible de faire l'objet d'un avenant financier spécifique.

Nonobstant, le suivi administratif des services instructeurs régaliens est compris dans la prestation.

→ FIN de DOCUMENT ←