



263 Av. de St Antoine 146 Av. Félix Faure 13 rue Micolon
13 015 Marseille 69 003 Lyon 94 140 Alfortville
Tél. : 04 91 03 81 02 Tél : 04 78 18 71 23 Tél : 01 43 75 71 36

Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet



Juillet 2023



É T U D E A I R E T S A N T E

Table des matières

I.	Contexte du projet et Réglementation	10			
I.1.	CONTEXTE	10			
I.1.1.	Le projet	10			
I.1.2.	La réglementation	12			
I.2.	NIVEAU D'ÉTUDE	13			
PARTIE 1.	MÉTHODOLOGIE	14			
II.	Méthodologie	15			
II.1.	CAMPAGNES DE MESURES	15			
II.2.	CALCUL DES ÉMISSIONS	17			
II.3.	ANALYSE DES COÛTS COLLECTIFS	18			
II.3.1.	La pollution atmosphérique	18			
II.3.2.	Les émissions de gaz à effet de serre	20			
II.3.3.	Valeurs tutélaires	20			
II.4.	MODÉLISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE	22			
II.5.	EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES	23			
II.5.1.	Rappel Méthodologique	23			
II.5.2.	Identification des dangers	24			
PARTIE 2.	ÉTAT INITIAL	28			
III.	Description de la zone d'étude	29			
III.1.	SITUATION GÉOGRAPHIQUE	29			
III.2.	TOPOGRAPHIE	29			
III.3.	CLIMATOLOGIE	29			
III.4.	POPULATION	30			
III.4.1.	Lieux abritant des populations vulnérables	30			
III.4.2.	Densité de population	32			
IV.	Analyse de la situation initiale	33			
IV.1.	PRINCIPAUX POLLUANTS INDICATEURS DE LA QUALITÉ DE L'AIR	33			
IV.1.1.	Les oxydes d'azote (NOx)	33			
IV.1.2.	Le monoxyde de carbone (CO)	33			
IV.1.3.	Le benzène (C ₆ H ₆)	34			
IV.1.4.	Les particules en suspension (PM) ou poussières	35			
IV.1.5.	Le dioxyde de soufre (SO ₂)	35			
IV.1.6.	Les métaux	35			
IV.1.7.	Benzo[a]pyrène	36			
IV.2.	L'INDICE ATMO	37			
IV.3.	VALEURS ET SEUILS RÉGLEMENTAIRES	37			
IV.1.	RECOMMANDATIONS DE L'OMS	38			
IV.2.	ACTIONS D'AMÉLIORATION À L'ÉCHELON RÉGIONAL, DÉPARTEMENTAL ET LOCAL	39			
IV.2.1.	Réseau agréé de surveillance de la qualité de l'air	39			
IV.2.2.	Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA)	41			
IV.2.3.	Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE)	43			
IV.2.4.	Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)	45			
IV.2.5.	Plan de Déplacements Urbains (PDU) – Plan de mobilité	46			
IV.2.6.	Schéma de Cohérence Territoriale	46			
IV.2.7.	Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET)	47			
IV.2.8.	Plan Climat Air Energie Métropolitain de AMP (PCAEM)	47			
IV.2.9.	Le Plan National et le Plan Régional Santé-Environnement (PNSE3 et PRSE3)	48			
IV.3.	QUALITÉ DE L'AIR À PROXIMITÉ DE LA ZONE D'ÉTUDE	49			
IV.3.1.	Emissions de polluants atmosphériques par secteur d'activité	49			
IV.3.2.	Concentrations mesurées par l'AASQA en air ambiant aux alentours de la zone d'étude	52			
IV.3.3.	Concentrations modélisées par l'AASQA dans la zone d'étude	53			
IV.4.	MESURES RÉALISÉES <i>IN SITU</i> - <i>HORS PÉRIODE COVID-19</i>	57			
IV.4.1.	Méthodologie d'étude	57			
IV.4.2.	Localisation des points de mesures	58			
IV.4.3.	Conditions météorologiques	59			
IV.4.4.	Interprétation des résultats	62			
IV.4.5.	Comparaison des mesures in situ : campagne 2020 et 2022	70			
IV.4.6.	Mesures réalisées dans le cadre de l'étude Cap-Janet par AtmoSud	72			
V.	Conclusion de l'état initial	78			
PARTIE 3.	IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITÉ DE L'AIR	82			
VI.	Trafic routier : Calcul d'émissions de polluants et de la consommation énergétique	83			
VI.1.	DONNÉES D'ENTRÉE : TRAFIC ROUTIER	83			
VI.1.1.	Données	83			
VI.1.2.	Répartition du parc automobile	83			
VI.1.3.	Définition du domaine d'étude	83			
VI.2.	EVOLUTION DU TRAFIC ROUTIER DANS LA BANDE D'ÉTUDE	85			
VI.3.	BILAN DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE	86			
VI.4.	BILAN DES ÉMISSIONS EN POLLUANTS	87			
VI.5.	ANALYSE DES COÛTS COLLECTIFS	89			
VI.5.1.	Coûts liés à la pollution de l'air	89			
VI.5.2.	Coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel	89			
VI.5.3.	Coûts collectifs globaux	89			
VII.	Trafic ferroviaire : Calcul des émissions de polluants	90			
VII.1.	DONNÉES D'ENTRÉE TRAFIC FERROVIAIRE	90			

VII.1.	CONSOMMATION DES TRAINS	90			
VII.2.	FACTEURS D'ÉMISSION DU TRANSPORT FERROVIAIRE	91			
VII.3.	BILAN DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES LIÉES AU TRAFIC FERROVIAIRE.....	92			
VIII.	Bilan global des émissions (ferroviaire + trafic routier)	93			
IX.	Effet du projet sur les navires et sur la pollution des engins de manutention	95			
IX.1.	EFFETS DU PROJET SUR LES NAVIRES	95			
IX.2.	EFFETS DU PROJET SUR LES ENGIN DE MANUTENTION	95			
X.	Modélisation de la dispersion atmosphérique	96			
X.1.	MÉTHODOLOGIE DES CALCULS	96			
X.2.	RÉSULTATS DES MODÉLISATIONS.....	96			
X.2.1.	Modélisation du dioxyde d'azote.....	97			
X.2.2.	Modélisation des particules.....	105			
XI.	Conclusion de l'impact du projet sur la qualité de l'air	121			
XI.1.	ÉTUDE DES TRAFICS ROUTIERS ET FERROVIAIRES	121			
XI.2.	BILAN DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE (TRAFIC ROUTIER)	121			
XI.3.	ANALYSE DES COÛTS COLLECTIFS (TRAFIC ROUTIER)	122			
XI.4.	BILAN DES ÉMISSIONS EN POLLUANTS	122			
XI.5.	MODÉLISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE	123			
PARTIE 4.	IMPACT DU PROJET SUR LA SANTÉ.....	125			
XII.	Evaluation de l'impact sanitaire simplifié : Indice Population Pollution.....	126			
XII.1.	OBJECTIF DE L'IPP	126			
XII.2.	DONNÉES UTILISÉES DANS LE CALCUL DE L'IPP	126			
XII.2.1.	Population.....	126			
XII.2.2.	Concentration en dioxyde d'azote	126			
XII.1.	PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DE L'IPP DU NO ₂	126			
XII.1.1.	Indice Pollution Population cumulé dans la bande d'étude.....	126			
XII.1.2.	Etude des gammes de concentrations auxquelles la population est exposée	127			
	XII.1.3. Etude de la répartition spatiale de l'Indice Pollution Population	128			
XIII.	Evaluation quantitative des risques sanitaires	137			
XIII.1.	EVALUATION DE L'EXPOSITION DES POPULATIONS.....	137			
XIII.1.1.	Voies et vecteur d'exposition	137			
XIII.1.2.	Scénario d'exposition.....	137			
XIII.1.3.	Evolution de l'exposition par inhalation	139			
XIII.2.	CARACTÉRISATION DU RISQUE SANITAIRE	140			
XIII.2.1.	Quotient de Danger – Exposition par inhalation pour des effets à seuil..	140			
XIII.2.1.	Excès de Risques Individuels – Exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils (risque cancérogène)	144			
XIV.	Conclusion de l'impact du projet sur la santé	146			
XIV.1.	ÉVALUATION DE L'IMPACT SANITAIRE SIMPLIFIÉ : INDICE POPULATION POLLUTION	146			
XIV.2.	ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES	148			
PARTIE 5.	MESURES EVITER RÉDUIRE COMPENSER (ERC)	149			
XV.	Mesures de réduction proposées	150			
XV.1.	MESURES ENVISAGEABLES POUR RÉDUIRE L'IMPACT SUR LA QUALITÉ DE L'AIR	150			
XVI.	Effet de la mesure de réduction sur la dispersion atmosphérique.....	151			
XVI.1.	MESURES ENVISAGÉES POUR RÉDUIRE LES IMPACTS EN PHASE CHANTIER.....	151			
XVII.	Conclusion	152			
PARTIE 6.	ANNEXES	153			
XVIII.	Annexe : Campagnes post pandémie : 2022-2023	154			
XVIII.1.	RÉSULTATS DU LABORATOIRE PASSAM	154			
XVIII.2.	FICHES DE MESURES	156			
XIX.	Annexe : Mesures réalisées in situ- Campagnes précédentes (2020/2021)	181			
XIX.1.	CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES LORS DES CAMPAGNES 2020/2021	183			
XIX.1.1.	Campagne estivale 2020.....	183			
XIX.1.2.	Campagne hivernale 2021	184			
XIX.2.	RÉSULTATS 2020/2021	185			
XIX.2.1.	Dioxyde d'azote (NO ₂)	185			

Indice	Date	Nature de l'évolution	Rédaction	Vérification	Validation
A	21/10/2020	Original	FC	PJ	PYN
B	30/10/2021	Ajout deuxième campagne de mesures	FC	PJ	PYN
C	21/12/2022	Mise à jour de l'état initial - Nouvelle campagne de mesures in situ hors COVID-19 - Etude d'impact et EQRS	FC	PJ	PYN
D	31/03/2023	Modification de l'étude de trafic, reprise de l'étude – Intégration des corrections MOA Intégration résultats de NO ₂ de la campagne de mesures période froide 2023	FC	PJ	PYN
E	04/04/2023	Reprise de l'étude : Emissions – Reste à reprendre la modélisation et l'EQRS – Problème de parc roulant fourni par TREFIC	FC	PJ	PYN
F	14/04/2023	Reprise de l'étude : Modélisation et EQRS – Problème de parc roulant fourni par TREFIC	FC	PJ	PYN
G	21/04/2023	Reprise de l'étude : projet intègre motrices ferroviaires non polluantes à partir de 2035	FC	PJ	PYN

XIX.2.2.	Particules PM10.....	188
XIX.3.	FICHES DE MESURES : 2020/2021	190
XIX.4.	RÉSULTATS DU LABORATOIRE PASSAM	215
XX.	Annexe : Données de trafic ferroviaires fournies.....	218

Indice	Date	Nature de l'évolution	Rédaction	Vérification	Validation
A	21/10/2020	Original	FC	PJ	PYN
B	30/10/2021	Ajout deuxième campagne de mesures	FC	PJ	PYN
C	21/12/2022	Mise à jour de l'état initial - Nouvelle campagne de mesures in situ hors COVID-19 - Etude d'impact et EQRS	FC	PJ	PYN
D	31/03/2023	Modification de l'étude de trafic, reprise de l'étude – Intégration des corrections MOA Intégration résultats de NO ₂ de la campagne de mesures période froide 2023	FC	PJ	PYN
E	04/04/2023	Reprise de l'étude : Emissions – Reste à reprendre la modélisation et l'EQRS – Problème de parc roulant fourni par TREFIC	FC	PJ	PYN
F	14/04/2023	Reprise de l'étude : Modélisation et EQRS – Problème de parc roulant fourni par TREFIC	FC	PJ	PYN
G	21/04/2023	Reprise de l'étude : projet intègre motrices ferroviaires non polluantes à partir de 2035	FC	PJ	PYN

Liste des figures

Figure 1 : Cartographie présentant la position de la zone de projet et de la zone d'étude.....	11	Figure 25 : Cartographie des stations de mesures fixes de qualité de l'air d'AtmoSud	52
Figure 2 : Illustration de l'installation des tubes passifs - NO ₂ à gauche -BTEX (à droite)	15	Figure 26 : Évolution des concentrations de polluants règlementés par rapport à l'année de référence 2000 (base 100) en région Provence-Alpes-Côte-d'Azur - AtmoSud	53
Figure 3 : Illustration du capteur passif de particules PM10.....	15	Figure 27 : Concentrations moyennes annuelles 2019 en dioxyde d'azote dans la zone étudiée – Modélisées par AtmoSud.....	54
Figure 4 : Méthodologie de calcul des émissions du trafic routier	17	Figure 28 : Concentrations moyennes annuelles 2019 en particules PM10 dans la zone étudiée – Modélisées par AtmoSud.....	55
Figure 5 : Rose des vents des données météorologiques utilisées – Fournies par NUMTECH – Période chaude : du 21/06/2021 au 06/09/2021	22	Figure 29 : Concentrations moyennes annuelles 2019 en particules PM2,5 dans la zone étudiée – Modélisées par AtmoSud	56
Figure 6 : Carte topographique de la zone d'étude (source topographic-map.com).....	29	Figure 30 : Cartographie de la position des sites de prélèvements passifs, détail des composés mesurés.....	58
Figure 8: Normales de rose de vent – Météo France – Marignane (13) - Période 1991-2010	29	Figure 31 : Influence des conditions météorologiques sur la dispersion des polluants – Source : ATMO Auvergne Rhône Alpes	59
Figure 9 : Figure 10 : Cartographie des bâtiments abritant des populations vulnérables dans le périmètre d'étude (source géoportail) – Établissements de santé.....	31	Figure 32 : Variations de températures et précipitations durant la campagne de mesures.....	60
Figure 11 : Figure 12 : Cartographie des bâtiments abritant des populations vulnérables dans le périmètre d'étude (source géoportail) – Établissements scolaires.....	31	Figure 33 : Rose des vents observés durant la campagne de mesure période chaude du 20/07/2022 au 17/08/2022 à la station Météo France Marignane (13)	60
Figure 12 : Cartographie de la densité de population (source géoportail, données cartographiques INSEE FiLoSoFi 2017 – consultées le 10/10/2022).....	32	Figure 34 : Rose des vents normales de la station Marignane - Période 1991-2010.....	60
Figure 13 : Échelle de l'indice ATMO – Source AtmoSud.....	37	Figure 35 : Variations de températures et précipitations durant la campagne de mesures.....	61
Figure 14 : Évolution des recommandations de l'OMS – Source Air PARIS	38	Figure 36 : Rose des vents observés durant la campagne de mesure période froide du 12/01/2023 au 13/02/2023 à la station Météo France Marignane (13)	61
Figure 15 : Cartographie des stations de mesures fixes de qualité de l'air d'AtmoSud	39	Figure 37 : Rose des vents normales de la station Marignane - Période 1991-2010.....	61
Figure 16 : Réduction des émissions par rapport à 2005 – Source : Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer – Plan national de réduction des émissions de polluants Atmosphériques (PREPA)	42	Figure 38 : Concentrations moyennes annuelles en NO ₂ mesurées par tubes passifs.....	62
Figure 17 : Amélioration de la qualité de l'air – Source : Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer – Plan national de réduction des émissions de polluants Atmosphériques (PREPA)	42	Figure 39 : NO ₂ : Statistiques par sites de différentes typologies sur les concentrations moyennes annuelles.....	63
Figure 18 : Objectifs du SRCAE – SRCAE PACA – Les grandes lignes.....	43	Figure 40 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles mesurées en dioxyde d'azote.....	64
Figure 19 : Estimation des gains sectoriels et par polluants liés aux actions du PPA des Bouches-du-Rhône – En rouge catégorie par laquelle le projet est concerné.....	45	Figure 41 : Transects : Concentrations moyennes annuelles en NO ₂ mesurées en fonction de la distance des points de mesure par rapport à l'axe routier étudié	65
Figure 20 : Schéma des enjeux et objectifs du projet de Plan de Mobilité d'AMP (source : AMP).....	46	Figure 42 : Étude de la saisonnalité des concentrations en dioxyde d'azote	66
Figure 21 : Contribution des différents secteurs émetteurs en région PACA (cigale AtmoSud 2019).....	49	Figure 43 : Concentrations en PM10 mesurées par capteurs passifs pendant les campagnes réalisées en période chaude et en période froide et moyenne annuelle calculée.....	67
Figure 22 : Contribution des différents secteurs émetteurs dans les Bouches-du-Rhône (cigale AtmoSud 2019)	50	Figure 44 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles mesurées en particules PM10	68
Figure 23 : Contribution des différents secteurs émetteurs dans la commune de Marseille (cigale AtmoSud 2019).....	50	Figure 45 : Incendies (feu de forêt) sur la période de mesure des particules PM10 dans les Bouches-du-Rhône – Source PROMETHEE La banque de données sur les incendies de forêts en région Méditerranéenne en France – consultée le 12/10/2022	69
Figure 25 : Évolution des émissions atmosphériques de la Métropole d'Aix-Marseille Provence – Cigale Inventaires – Visualisation – Consulté le 13/03/2023.....	51		

Figure 46 : Comparaison entre les concentrations mesurées en période chaude : Campagne 2022 (hors restrictions liées à la COVID-19) et 2020 (possiblement impacté par la situation de crise sanitaire de la COVID-19).....	70	Figure 67 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10 – Situation Référence – Horizon 2026.....	107
Figure 47 : Comparaison entre les concentrations mesurées en période froide : Campagne 2023 (hors restrictions liées à la COVID-19) et 2021 (possiblement impacté par la situation de crise sanitaire de la COVID-19).....	71	Figure 68 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10 – Situation avec projet – Horizon 2026.....	108
Figure 48 : Plan d'échantillonnage des mesures réalisées par AtmoSud.....	72	Figure 69 : Différence entre les concentrations moyennes annuelles modélisées en situation de projet et en situation de référence – Particules PM10 – Horizon 2026.....	109
Figure 49 : Concentrations moyennes annuelles 2017 en dioxyde d'azote mesurées par tubes passifs - AtmoSud.....	73	Figure 70 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10 – Situation Référence – Horizon 2046.....	110
Figure 50 : Mesures de dioxyde d'azote en dynamique en période estivale 2017 - AtmoSud.....	73	Figure 71 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10 – Situation avec projet – Horizon 2046.....	111
Figure 51 : Mesures de dioxyde de soufre en dynamique en période estivale 2017 - AtmoSud.....	74	Figure 72 : Différence entre les concentrations moyennes annuelles modélisées en situation de projet et en situation de référence – Particules PM10 – Horizon 2046.....	112
Figure 52 : Concentrations moyennes annuelles en benzène mesurées par tubes passifs - AtmoSud.....	75	Figure 73 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM2,5 – Situation Actuelle 2021.....	114
Figure 53 : Concentrations moyennes annuelles en 1,3-butadiène mesurées par tubes passifs - AtmoSud.....	76	Figure 74 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM2,5 – Situation Référence – Horizon 2026.....	115
Figure 54 : Concentrations mesurées dans la fraction PM10 : métaux et HAP en ng/m ³ - Période estivale 2017 - AtmoSud.....	77	Figure 75 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM2,5 – Situation avec projet – Horizon 2026.....	116
Figure 55 : Présentation du domaine d'étude pris en compte dans le calcul des émissions atmosphériques de polluants ainsi que des bandes d'études (dioxyde d'azote et particules).....	84	Figure 76 : Différence entre les concentrations moyennes annuelles modélisées en situation de projet et en situation de référence – Particules PM2,5 – Horizon 2026.....	117
Figure 56 : Consommation énergétique totale sur le domaine d'étude.....	86	Figure 77 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM2,5 – Situation Référence – Horizon 2046.....	118
Figure 57 : Consommation énergétique totale des Poids lourds sur le domaine d'étude.....	86	Figure 78 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM2,5 – Situation avec projet – Horizon 2046.....	119
Figure 58 : Émissions de NOx/km parcourus par type de véhicules émetteur.....	93	Figure 79 : Différence entre les concentrations moyennes annuelles modélisées en situation de projet et en situation de référence – Particules PM2,5 – Horizon 2046.....	120
Figure 59 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote – Situation Actuelle 2021.....	98	Figure 80 : Nombre d'habitants exposés aux différentes gammes de concentrations en NO ₂ pour tous les horizons et scénarios étudiés.....	127
Figure 60 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote – Situation Référence – Horizon 2026.....	99	Figure 81 : Présentation des données de population utilisées pour le calcul des IPP – Mailles FiLoSoFi 2017.....	129
Figure 61 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote – Situation avec projet – Horizon 2026.....	100	Figure 82 : Indice Pollution Population du dioxyde d'azote – Situation actuelle - horizon 2021.....	130
Figure 62 : Différence entre les concentrations moyennes annuelles modélisées en situation de projet et en situation de référence - Dioxyde d'azote – Horizon 2026.....	101	Figure 83 : Indice Pollution Population du dioxyde d'azote – Situation de référence - horizon 2026.....	131
Figure 63 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote – Situation Référence – Horizon 2046.....	102	Figure 84 : Indice Pollution Population du dioxyde d'azote – Situation avec projet - horizon 2026.....	132
Figure 64 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote – Situation avec projet – Horizon 2046.....	103	Figure 85 : Impact du projet sur l'Indice Pollution Population du dioxyde d'azote par rapport à la situation de référence – horizon 2026.....	133
Figure 65 : Différence entre les concentrations moyennes annuelles modélisées en situation de projet et en situation de référence - Dioxyde d'azote – Horizon 2046.....	104	Figure 86 : Indice Pollution Population du dioxyde d'azote – Situation de référence - horizon 2046.....	134
Figure 66 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10 – Situation Actuelle 2021.....	106		

Figure 87 : Indice Pollution Population du dioxyde d'azote – Situation avec projet - horizon 2046.....	135
Figure 88 : Impact du projet sur l'Indice Pollution Population du dioxyde d'azote par rapport à la situation de référence – horizon 2046.....	136
Figure 89 : présentation des mailles de calculs de l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (75 mètres de côté)	138
Figure 90 : Résultats des prélèvements passifs de NO ₂ – bruts avant correction – Laboratoire PASSAM – Campagne de mesures période chaude 2022	154
Figure 91 : Résultats des prélèvements passifs particules PM10 – Laboratoire PASSAM – Campagne de mesures période chaude 2022	155
Figure 92 : Résultats des prélèvements passifs particules PM10 – Laboratoire PASSAM – Campagne de mesures période froide 2023	155
Figure 93 : Cartographie de la position des sites de prélèvements passifs, détail des composés mesurés.....	182
Figure 94 : Variations de températures et précipitations durant la campagne de mesures.....	183
Figure 95 : Rose des vents observés durant la campagne de mesure estivale du 27/07/2020 au 25/08/2020 à la station Météo France Le Marignane (13)	183
Figure 96 : Rose des vents normales de la station Marignane - Période 1991-2010.....	183
Figure 97 : Variations de températures et précipitations durant la campagne de mesures.....	184
Figure 98 : Rose des vents observés durant la campagne de mesure estivale du 18/01/2021 au 15/02/2021 à la station Météo France Le Marignane (13)	184
Figure 99 : Rose des vents normales de la station Marignane - Période 1991-2010.....	184
Figure 100 : Concentrations en NO ₂ mesurées par tubes passifs – Concentration moyenne annuelle calculée.....	185
Figure 101 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles mesurées en dioxyde d'azote pendant les campagnes de mesures	186
Figure 102 : Transects : Concentrations en NO ₂ mesurées en fonction de la distance des points de mesure par rapport à l'axe routier étudié – Concentration moyenne annuelle.....	187
Figure 103 : Concentrations en PM10 mesurées par capteurs passifs – Concentration moyenne annuelle calculée.....	188
Figure 104 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles mesurées en particules PM10 sur les deux campagnes de mesures.....	189
Figure 105 : Résultats des prélèvements passifs de NO ₂ – bruts avant correction – Laboratoire PASSAM – Campagne de mesures estivale 2020.....	215
Figure 106 : Résultats des prélèvements passifs de NO ₂ – bruts avant correction – Laboratoire PASSAM – Campagne de mesures hivernale 2021	216
Figure 107 : Résultats des prélèvements passifs de particules PM10 – Laboratoire PASSAM – Campagne de mesures estivale 2020.....	217

Figure 108 : Résultats des prélèvements passifs de particules PM10 – Laboratoire PASSAM – Campagne de mesures hivernale 2021	217
--	-----

Liste des tableaux

Tableau 1 : définition du niveau d'étude.....	13	Tableau 22 : Concentrations moyennes annuelles en benzène mesurées par tubes passifs - AtmoSud.....	75
Tableau 2 : Concentrations de fond intégrées aux modélisations – moyenne annuelle 2019 de la station AtmoSud Marseille Longchamp.....	22	Tableau 23 : Concentrations moyennes annuelles en 1,3-butadiène mesurées par tubes passifs - AtmoSud.....	76
Tableau 3 : Phénomènes pris en compte dans la modélisation des concentrations grâce au logiciel ARIA IMPACT 1.8 (modèle de calcul AIM).....	22	Tableau 24 : Évolution du trafic dans la bande d'étude.....	85
Tableau 4 : Substances retenues dans le cadre de l'EQRS.....	25	Tableau 25 : Évolution du trafic des poids lourds (PL) dans la bande d'étude	85
Tableau 5 : VTR pour une exposition aiguë par inhalation.....	26	Tableau 26 : Émissions moyennes journalières sur le domaine d'étude	87
Tableau 6 : VTR pour une exposition chronique par inhalation pour des effets à seuil.....	26	Tableau 27 : Émissions moyennes journalières sur les poids lourds (PL) du domaine d'étude.....	87
Tableau 7 : ERU pour une exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuil.....	26	Tableau 28 : Émissions moyennes journalières en gaz à effet de serre sur le domaine d'étude	88
Tableau 8 : Echelle des sous-indices de l'indice ATMO – Source Atmo France.....	37	Tableau 29 : Émissions moyennes journalières en gaz à effet de serre sur les poids lourds (PL) du domaine d'étude.....	88
Tableau 9 : Contribution des différents secteurs émetteurs en région PACA (cigale AtmoSud 2019).....	49	Tableau 30 : Coûts liés à la pollution de l'air – Tous types de véhicules confondus	89
Tableau 10 : Contribution des différents secteurs émetteurs dans les Bouches-du-Rhône (cigale AtmoSud 2019)	50	Tableau 31 : Coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel – Tous types de véhicules confondus	89
Tableau 11 : Contribution des différents secteurs émetteurs dans la commune de Marseille (cigale AtmoSud 2019).....	50	Tableau 32 : Coûts collectifs globaux du domaine d'étude – Tous types de véhicules confondus	89
Tableau 12 : Concentrations moyennes annuelles mesurées dans l'air ambiant par AtmoSud et comparaison avec les valeurs réglementaires, objectifs de qualité et valeurs guides de l'OMS	52	Tableau 33 : Coûts collectifs globaux des PL uniquement du domaine d'étude	89
Tableau 13 : Campagne de mesures réalisées hors COVID-19 – État initial de la qualité de l'air	57	Tableau 34 : Évolution du trafic ferroviaire des frets thermique dans la bande d'étude	90
Tableau 14 : Typologie et influence des sites de mesures et polluants d'intérêts	57	Tableau 35 : Évolution du trafic ferroviaire des frets électriques dans la bande d'étude	90
Tableau 15 : Comparaison des données météo durant la campagne de mesure aux normales mensuelles de juillet-août à la station Météo France Marignane (13)	60	Tableau 36 : Évolution du trafic ferroviaire des frets à faible émission dans la bande d'étude	90
Tableau 16 : Comparaison des données météo durant la campagne de mesure aux normales mensuelles de janvier-février à la station Météo France Marignane (13)	61	Tableau 37 : Émissions de polluants atmosphériques par les frets.....	92
Tableau 17 : NO ₂ : Statistiques par sites de différentes typologies sur les concentrations moyennes annuelles mesurées.....	63	Tableau 38 : Émissions de GES par les frets.....	92
Tableau 18 : Transects installés le long des axes routiers, position, axe étudié et concentrations mesurées en NO ₂	65	Tableau 39 : Émissions de polluants atmosphériques par le trafic routier et les frets.....	93
Tableau 19 : Comparaison entre les concentrations mesurées en période chaude : Campagne 2022 (hors restrictions liées à la COVID-19) et 2020 (peut-être impacté par la situation de crise sanitaire de la COVID-19)	70	Tableau 40 : Impact du projet en 2026 sur les émissions de polluants atmosphériques (trafic routier et frets) par rapport à la situation actuelle 2021 – Comparaison sur le même parc roulant routier.....	94
Tableau 20 : Comparaison entre les concentrations mesurées en période chaude : Campagne 2022 (hors restrictions liées à la COVID-19) et 2021 (peut-être impacté par la situation de crise sanitaire de la COVID-19)	71	Tableau 41 : Statistiques des concentrations en dioxyde d'azote modélisées dans la bande d'étude pour tous les horizons et scénarios étudiés.....	97
Tableau 21 : Concentrations moyennes annuelles en SO ₂ mesurées par tubes passifs - AtmoSud.....	74	Tableau 42 : Statistiques des concentrations en particules PM10 modélisées dans la bande d'étude pour tous les horizons et scénarios étudiés.....	105
		Tableau 43 : Statistiques des concentrations en particules PM2,5 modélisées dans la bande d'étude pour tous les horizons et scénarios étudiés.....	113
		Tableau 44 : IPP cumulé du NO ₂ dans la bande d'étude.....	126
		Tableau 45 : Nombre d'habitants exposés à différentes gammes de concentrations	127
		Tableau 46 : Statistiques des IPP du dioxyde d'azote calculés dans la bande d'étude pour tous les horizons et scénarios étudiés.....	128

Tableau 47 : Paramètres d'exposition retenu	137	Tableau 61 : Statistiques des Excès de Risques Individuels calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils – Situation actuelle 2021	145
Tableau 48 : Concentrations de fond ajoutées aux concentrations – Données issues de mesures d'AtmoSud à Marseille et le cas échéant de la bibliographie.....	139	Tableau 62 : Statistiques des Excès de Risques Individuels calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils – Situation de référence 2026.....	145
Tableau 49 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets à seuils – Situation actuelle 2021.....	141	Tableau 63 : Statistiques des Excès de Risques Individuels calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils – Situation de projet 2026.....	145
Tableau 50 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets à seuils – Situation de référence 2026.....	141	Tableau 64 : Statistiques des Excès de Risques Individuels calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils – Situation de référence 2046.....	145
Tableau 51 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets à seuils – Situation de projet 2026.....	141	Tableau 65 : Statistiques des Excès de Risques Individuels calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils – Situation de projet 2046.....	145
Tableau 52 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets à seuils – Situation de référence 2046.....	141	Tableau 66 : Excès de Risques Individuels (exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils) calculé sur la concentration de fond intégrée aux calculs.....	145
Tableau 53 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets à seuils – Situation de projet 2046.....	141	Tableau 67 : Campagne de mesures estivale-2020 – État initial de la qualité de l'air de la zone d'étude	181
Tableau 54 : Quotient de danger (exposition chronique par inhalation pour des effets à seuils) calculé sur la concentration de fond intégrée aux calculs.....	141	Tableau 68 : Typologie et influence des sites de mesures et polluants d'intérêts.....	181
Tableau 55 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition aiguë par inhalation pour des effets à seuils – Situation actuelle 2021	143	Tableau 69 : Comparaison des données météo durant la campagne de mesure aux normales mensuelles de juillet à la station Météo France Marignane (13)	183
Tableau 56 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition aiguë par inhalation pour des effets à seuils – Situation de référence 2026.....	143	Tableau 70 : Comparaison des données météo durant la campagne de mesure aux normales mensuelles de janvier-février à la station Météo France Marignane (13).....	184
Tableau 57 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition aiguë par inhalation pour des effets à seuils – Situation de projet 2026.....	143	Tableau 71 : NO ₂ : Statistiques par sites de différentes typologies sur les concentrations moyennes annuelles calculées	185
Tableau 58 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition aiguë par inhalation pour des effets à seuils – Situation de référence 2046.....	143	Tableau 72 : Transects installés le long des axes routiers, position, axe étudié et concentrations mesurées en NO ₂ - Moyenne annuelle calculée.....	187
Tableau 59 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition aiguë par inhalation pour des effets à seuils – Situation de projet 2046.....	143	Tableau 73 : Brins ferroviaires, trajets et nombre de trains thermiques et électriques par jour – Données SNCF v10.1.....	218
Tableau 60 : Quotient de danger (exposition aiguë par inhalation pour des effets à seuils) calculé sur la concentration de fond intégrée aux calculs.....	143		

I. CONTEXTE DU PROJET ET REGLEMENTATION

I.1. Contexte

I.1.1. Le projet

Le présent rapport d'étude s'inscrit dans le cadre du projet de Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet. Le projet est situé en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, dans le département des Bouches-du-Rhône (13), à Marseille, pour partie des emprises dans la circonscription portuaire au Nord des bassins Est et pour partie sur le réseau ferré national traversant le quartier de Mourepiane.

Les objectifs poursuivis par le projet doivent permettre de proposer une solution à Marseille pour :

- Maintenir la continuité des services ferroviaires après la fermeture du site du Canet, sans création d'un nouveau site industriel en milieu urbain;
- Moderniser l'infrastructure ferroviaire en faveur du report modal de la route vers le rail;
- Réorganiser les flux de transport combiné du département, pour traiter à Marseille uniquement les trafics maritimes et continentaux à destination de la ville et de l'Est du département;
- Améliorer la qualité de vie des Marseillais.

Le projet propose donc une solution à Marseille pour :

- Reconstituer une partie du chantier combiné du Canet, pour traiter le fret ferroviaire marseillais;
- Reconstituer un accès pour les trains complets à destination des bassins Est du port;
- Prendre en compte les impacts acoustiques et vibratoires du ferroviaire pour les riverains;
- Il permet d'améliorer le système ferroviaire actuel de réception des marchandises à Marseille, vétuste et obsolète sur le Canet.

A cet effet, le projet prévoit différents aménagements qui seront réalisés entre 2024 et 2026 :

- La création sur les terre-pleins portuaires de Mourepiane d'un faisceau de réception ferroviaire pour recevoir les trains complets de fret (maîtrise d'ouvrage port de Marseille Fos)
- L'adaptation de la capacité du faisceau ferroviaire de chargement du terminal maritime Med Europe (maîtrise d'ouvrage port de Marseille Fos)
- La remise en service du raccordement de Mourepiane, reconstituant l'accès au réseau ferré portuaire pour les trains complets (maîtrise d'ouvrage SNCF Réseau).

Il vise à répondre aux besoins de compétitivité de l'activité de fret des bassins Est du Port de Marseille Fos, tout en s'adaptant aux besoins logistiques spécifiques liés à l'agglomération marseillaise.

Le trafic routier étant une source de pollution atmosphérique, un changement des conditions de trafic locales peut impacter, de façon positive ou négative, la qualité de l'air et donc la santé des populations avoisinant ces axes.

Une zone d'étude a été définie afin de prendre en compte toutes les zones riveraines concernées.

La zone d'étude est présentée sur la cartographie ci-après.

Cette étude traite le volet air et santé de l'étude d'impact pour le compte du Port de Marseille Fos et est réalisée en tenant compte 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'impact des infrastructures routières. Il faut noter qu'il n'y a pas à ce jour de guide pour les infrastructures ferroviaires¹.

Le volet air de cette étude d'impact, vise à étudier l'incidence de la réalisation de ce projet sur les émissions dues au trafic (routier et ferroviaire), la qualité de l'air et la santé de la population locale.

¹ D'après l'ouvrage « Cerema. L'évaluation environnementale des projets d'infrastructures linéaires de transport. Bron : Cerema, 2020. Collection : Références. ISBN : 978-2-37180-422-7 », aucune méthodologie n'existe à ce jour pour les études d'impact ferroviaire :

« Les études d'impact des projets routiers abordent la question de la pollution de l'air par le trafic routier depuis de nombreuses années et disposent d'une méthodologie pour ce faire. La qualité de l'air reste une question complexe à aborder car multi-source et un travail méthodologique spécifique pour l'évaluation des émissions ferroviaires et fluviales n'est pas disponible à ce jour. »



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet

Localisation du projet

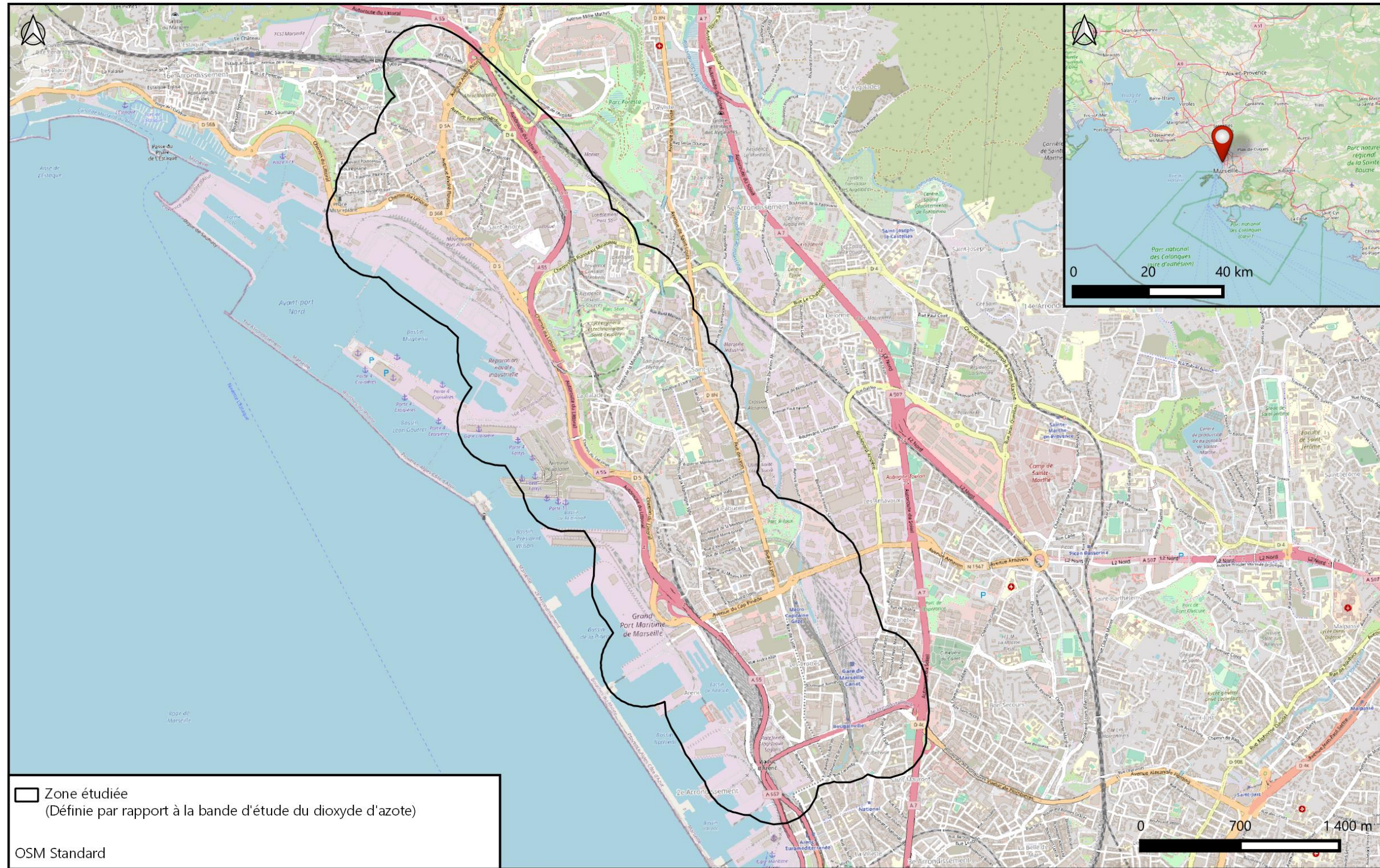


Figure 1 : Cartographie présentant la position de la zone de projet et de la zone d'étude

I.1.2. La réglementation

Les articles L220-1 et suivants du Code de l'Environnement, ancienne loi sur l'air du 30 décembre 1996, ont renforcé les exigences dans le domaine de la qualité de l'air et constituent le cadre de référence pour la réalisation des études d'environnement et des études d'impact dans les projets d'infrastructures routières.

L'article 19 de la loi sur l'air, complété par sa circulaire d'application 98-36 du 17 février 1998 énonce en particulier la nécessité :

- D'analyser les effets du projet routier sur la santé ;
- D'estimer les coûts collectifs des pollutions et des avantages induits ;
- De faire un bilan de la consommation énergétique.

L'étude est menée conformément à :

- La note méthodologique du 22 février 2019 relative aux volets air et santé des études d'impact des infrastructures routières. Cette récente note technique est venue actualiser la précédente note de 2005 annexée à la circulaire DGS/SD7B/2005/273 du 25 février 2005.
- L'annexe technique à la note méthodologique sur les études d'environnement « volet air » rédigée par le SETRA et le CERTU, pour la Direction des Routes du Ministère de l'Équipement des Transports de l'Aménagement du territoire du Tourisme et de la Mer et diffusée auprès des Préfets de région et de département par courrier daté du 10 juin 1999 signé du Directeur des Routes.

I.2. Niveau d'étude

La note technique du 22 février 2019 définit le contenu des études "Air et Santé", qui se veut plus ou moins conséquent selon les enjeux du projet en matière de pollution de l'air et d'incidences sur la santé. Quatre niveaux d'étude sont ainsi définis en fonction des niveaux de trafics attendus à terme sur la voirie concernée et en fonction de la densité de population à proximité de cette dernière.

Tableau 1 : définition du niveau d'étude

Trafic à l'horizon d'étude et densité (hab./ km ²) dans la bande d'étude	> 50 000 véh/j ou 5 000 uvp/h	25 000 véh/j à 50 000 véh/j ou 2 500 uvp/h à 5 000 uvp/h	≤ 25 000 véh/j ou 2 500 uvp/h	≤ 10 000 véh/j ou 1 000 uvp/h
G I Bâti avec densité ≥ 10 000 hab./ km ²	I	I	II	II si L projet > 5 km ou III si L projet < ou = 5 km
G II Bâti avec densité > 2 000 et < 10 000 hab./ km ²	I	II	II	II si L projet > 25 km ou III si L projet < ou = 25 km
G III Bâti avec densité ≤ 2000 hab./ km ²	I	II	II	II si L projet > 50 km ou III si L projet < ou = 50 km
G IV Pas de Bâti	III	III	IV	IV

Au vu des aménagements et des trafics fournis (étude de trafic réalisée pour le compte du maître d'ouvrage, dernière mise à jour en mars 2023), une étude de niveau I sera réalisée pour cette étude. Une étude de niveau I contient les étapes suivantes :

- La campagne de mesures *in situ* permettant de qualifier l'état de l'air actuel,
- Une étude bibliographique de la qualité de l'air locale ainsi que des documents de planifications,
- Les calculs des émissions,
- La modélisation des dispersions atmosphériques,
- L'indice pollution-population (IPP),
- L'analyse des coûts collectifs,
- Une Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS).

Les polluants à prendre en considération, définis sur une base réglementaire, sont les suivants :

- Dioxyde d'azote (NO₂),
- Particules fines (PM10 et PM2.5),
- Monoxyde de carbone (CO),
- Benzène, comme traceur des Composés Organiques Volatils non Méthaniques (COVnM),
- Dioxyde de soufre (SO₂),
- Métaux : Arsenic et nickel,
- Benzo[a]pyrène (B(a)P, comme traceur des hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

Par ailleurs, les émissions de CO₂, traceur des gaz à effets de serre, seront également estimées. Ces estimations serviront de base à la réalisation du bilan carbone du projet.

Le présent rapport vise à établir l'état initial de la qualité de l'air ainsi que l'impact du projet sur la qualité de l'air, il contient :

- Partie 1 : « État initial », présentant :
 - L'étude bibliographique,
 - Les résultats des campagnes de mesures effectuées.
- Partie 2 : « Calcul des émissions », présentant :
 - Les calculs des émissions,
 - L'analyse des coûts collectifs,
- Partie 3 : Modélisation de la dispersion atmosphérique, présentant la répartition des concentrations en dioxyde d'azote et en particules PM10 et PM2,5 dans la zone d'étude (conformément à la note technique du 22 février 2019) ;
- Partie 4 : Analyse des risques sanitaires, présentant l'étude de l'Indice Pollution-Population (IPP) et l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS).

Dans ce rapport, une partie placée à la fin présentera les annexes, incluant les fiches de mesures, les résultats de laboratoire d'analyse ainsi que tout autre document jugé pertinent.

PARTIE 1. MÉTHODOLOGIE

II. METHODOLOGIE

II.1. Campagnes de mesures

Les campagnes de mesures sont généralement réalisées sur 2 saisons différentes, elles s'intéressent aux principaux polluants gazeux d'origine automobile que sont le dioxyde d'azote (NO₂) et les particules (de taille inférieure à 10µm : PM10). Ces polluants sont mesurés :

- Pour les composés gazeux : sur une durée de 4 semaines à l'aide d'échantillonneurs passifs.
- Pour les particules (PM10) : sur une durée de 15 jours à l'aide d'un capteur passif.

Cette technique de mesure, conforme aux instructions de la note méthodologique du 22 février 2019, permet d'obtenir une évaluation de la concentration atmosphérique moyenne de ces polluants sur cette durée.

La méthodologie d'échantillonnage consiste en la suspension des échantillonneurs passifs dans une boîte les protégeant des intempéries. Ces boîtes sont placées à une hauteur de 2 à 2,5 mètres du sol, en suspension libre, aux endroits de mesures choisis.

Méthodologie d'installation

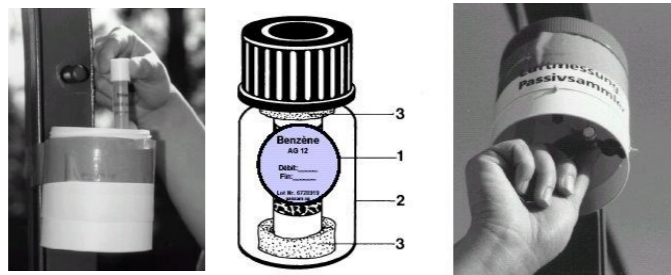


Figure 2 : Illustration de l'installation des tubes passifs - NO₂ à gauche - BTEX (à droite)



Figure 3 : Illustration du capteur passif de particules PM10

Les points de mesures sont caractéristiques d'un type de pollution selon leur emplacement. Ainsi, on distingue les sites sous influence :

- Les points de proximité trafic (T), situés à proximité d'un axe de circulation important ;
- Les points de fond (F), situés en dehors de la zone d'influence du trafic routier ;
- Les points industriels (I), situés dans une zone sous influence industrielle.

Les sites de mesures sont également caractérisés par la densité de population et peuvent être des sites urbains, périurbains ou ruraux.

Les points sont répartis sur l'ensemble de la zone d'étude afin de caractériser au mieux la qualité de l'air sur les secteurs étudiés : axes routiers importants (trafic), zones d'habitations fond ou trafic), bâtiments abritant des populations vulnérables (écoles, lieux de santé).

Analyse en laboratoire

Les tubes et filtres sont ensuite envoyés pour analyse dans un laboratoire spécialisé (PASSAM²), situé en Suisse, pour obtenir les concentrations mesurées in situ.

Méthode d'analyse

Le laboratoire PASSAM est accrédité pour l'analyse de l'air par échantillonneurs passifs selon la norme ISO/IEC 17025.

Celui-ci utilise les méthodes d'analyses suivantes :

- Pour le NO₂ : SP01 photomètre, Salzman ;
- Pour les particules PM10 : SP27 microscopie optique ;

La limite de quantification est de :

- Pour le NO₂ : de 0,3 µg/m³ pour une exposition d'un mois ;
- Pour les particules PM10 : de 0,12 µg/m³ pour une exposition de sept jours ;

Les incertitudes de mesures sont :

- Pour le NO₂ : inférieures à 25 % pour une gamme de 40 µg/m³ ;
- Pour les particules PM10 : de 18 % dans la gamme de 15 µg/m³ ;

Interprétation des résultats

Une analyse et une interprétation des résultats obtenus est effectuée suivant la nature des tubes, leurs concentrations, les conditions météorologiques locales constatées pendant les mesures.

Les conditions météorologiques durant la campagne de mesures sont précisées au chapitre XIX.1.

Les concentrations en dioxyde d'azote issues de l'analyse brute du laboratoire PASSAM ont été corrigées comme préconisé dans le guide de référence « Échantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote » de l'ADEME (2002) : les résultats bruts ont été multipliés par un coefficient de 0,901 afin d'être représentatifs des concentrations réelles.

Difficultés rencontrées

Les campagnes de mesures réalisées en été 2020 et en hiver 2021, sont susceptibles de ne pas être représentatives des conditions normales de trafic routier : Celles-ci ont eu lieu dans le contexte de la pandémie de la COVID-19 qui a impacté les habitudes des usagers de véhicules (télétravail, restriction de déplacement, destination de vacances privilégiée dans le sud de la France...). Ainsi le MOA a décidé de réaliser deux nouvelles campagnes de mesures, afin d'actualiser l'état initial de la qualité de l'air.

Ce rapport fait état des deux campagnes réalisées en période chaude 2022 et en période froide 2023.

Lors de la campagne de mesures en période chaude 2022 un point de mesures a été dérobé (point numéro 17). Un point de mesures a également disparu lors de la campagne de mesures en période froide 2023 (point 21).

² PASSAM AG : Laboratoire accrédité pour l'analyse de l'air par échantillonneurs passifs selon la norme ISO/IEC 17025.

II.2. Calcul des émissions

Le calcul des émissions polluantes et de la consommation énergétique est réalisé à partir du logiciel **TREFIC™** distribué par Aria Technologies. Cet outil de calcul intègre la méthodologie **COPERT V** issue de la recherche européenne (European Environment Agency) qui remplace sa précédente version COPERT III (intégrée dans l'outil ADEME-IMPACT fourni par l'ADEME).

La méthodologie COPERT V est basée sur l'utilisation de facteurs d'émission qui traduisent en émissions et consommation l'activité automobile à partir de données qualitatives (vitesse de circulation, type de véhicule, durée du parcours...).

La méthode intègre plusieurs types d'émissions :

- Les émissions à chaud produites lorsque les « organes » du véhicule (moteur, catalyseur) ont atteint leur température de fonctionnement. Elles dépendent directement de la vitesse du véhicule ;
- Les émissions à froid produites juste après le démarrage du véhicule lorsque les « organes » du véhicule (moteur et dispositif de traitement des gaz d'échappement), sont encore froids et ne fonctionnent donc pas de manière optimale. Elles sont calculées comme des surémissions par rapport aux émissions « attendues » si tous les organes du véhicule avaient atteint leur température de fonctionnement (les émissions à chaud) ;
- Les surémissions liées à la pente, pour les poids-lourds ;
- Les surémissions liées à la charge des poids-lourds.

Elle intègre aussi :

- Les corrections pour traduire les surémissions pour des véhicules anciens et/ou ayant un kilométrage important, et ce pour les véhicules essences catalysés ;
- Les corrections liées aux améliorations des carburants.

Le logiciel TREFIC intègre également la remise en suspension des particules sur la base d'équations provenant de l'EPA et en y associant le nombre de jours de pluie annuel sur le site étudié.

Les vitesses très faibles (inférieures à 10 km/h) sont en dehors de la gamme de validité des facteurs d'émissions de la méthode COPERT V (gamme de validité de 10 à 130 km/h). TREFIC™ associe un coefficient multiplicatif aux facteurs d'émissions déterminées à 10 km/h selon la méthode COPERT V pour redéfinir les facteurs d'émissions des vitesses inférieures. Ce coefficient correspond au ratio entre la vitesse basse de validité, soit 10km/h, et la vitesse de circulation pour laquelle le facteur est estimé (par exemple pour une vitesse de circulation de 5 km/h, le coefficient appliqué est de 2). Toutefois, pour les vitesses inférieures à 3km/h, les incertitudes sont trop importantes et les facteurs d'émissions ne peuvent être recalculés.

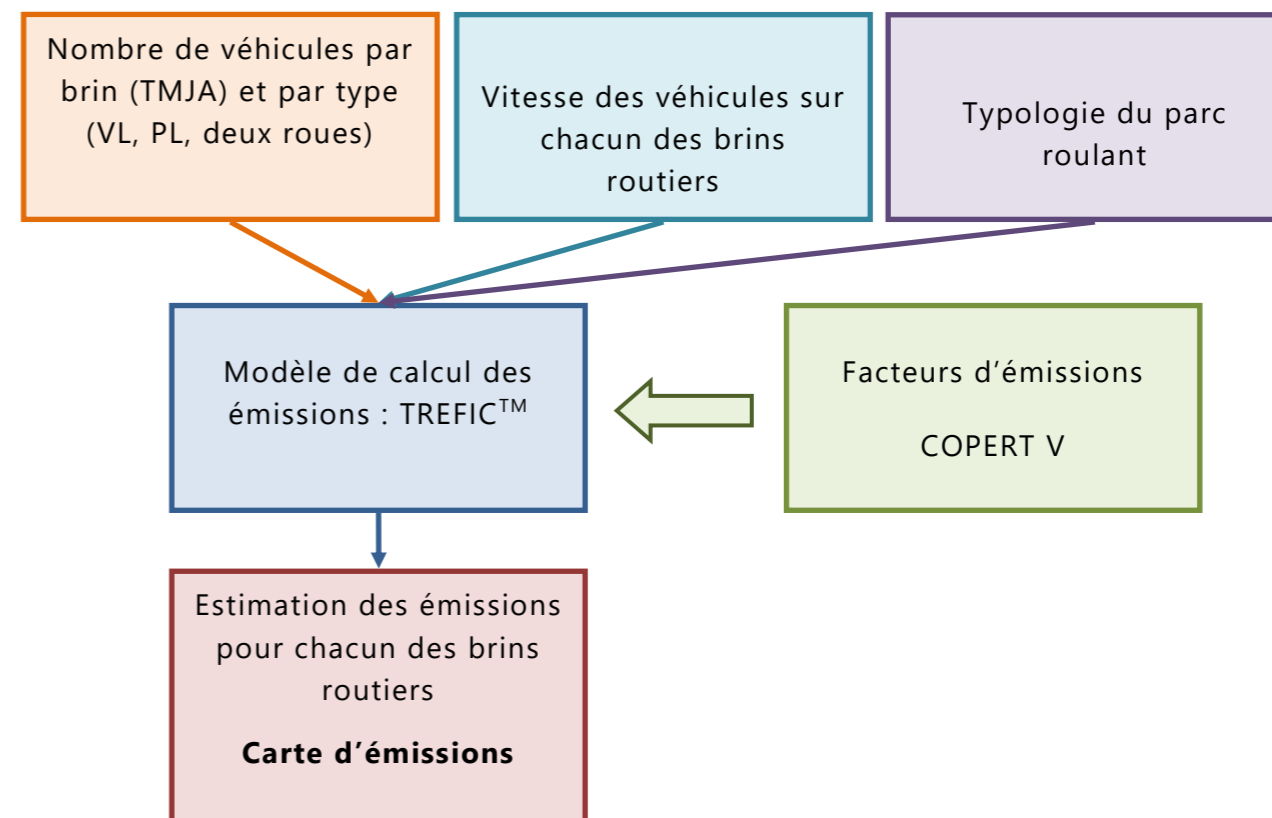


Figure 4 : Méthodologie de calcul des émissions du trafic routier

II.3. Analyse des coûts collectifs

Les émissions de polluants atmosphériques issus du trafic routier sont à l'origine d'effets variés : effets sanitaires, impact sur les bâtiments, atteintes à la végétation et réchauffement climatique.

L'instruction du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport a officialisé les valeurs des coûts externes établies par le rapport « Boîteux II ». Ces valeurs ne couvrent pas tous les effets externes mais elles concernent notamment 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, rural), une valeur de l'impact, principalement sanitaire, de la pollution atmosphérique.

Cette instruction est annulée et remplacée par celle du 16 juin 2014 qui présente le cadre général de l'évaluation des projets de transports, en application des dispositions des articles L.1511-1 à L.1511-6 du code des transports et du décret n°84-617 du 17 juillet 1984. La note technique du 27 juin 2014 présente entre autre, la méthodologie à appliquer pour la monétarisation des émissions liées directement ou indirectement au trafic routier en s'appuyant sur :

- « L'évaluation socioéconomique des investissements publics » de septembre 2013 du commissariat à la stratégie et à la prospective (mission présidée par Emile Quinet) ;
- « La valeur tutélaire du carbone » de septembre 2009 du centre d'analyse stratégique (mission présidée par Alain Quinet).

Deux externalités sont étudiées :

- La pollution atmosphérique afin d'intégrer les effets sur la santé, le bâti et la végétation ;
- Les émissions de gaz à effet de serre pour évaluer le coût du réchauffement climatique.

Afin d'aider à conduire les évaluations, des fiches outils sont disponibles sur les éléments clés. Elles contiennent notamment les valeurs de référence communes qui sont prescrites pour le calculs des indicateurs socio-économiques standardisés. Une mise à jour de certaines de ces fiches outils a eu lieu le 3 août 2018 et/ou le 3 mai 2019. L'analyse des coûts collectifs prend en compte ces mises à jour.

II.3.1. La pollution atmosphérique

La monétarisation des effets de la pollution atmosphérique repose sur l'analyse de quatre polluants ou famille de polluants : le SO₂, les NO_x, les PM_{2.5} et les COVNM. Les impacts suivants sont considérés dans la monétarisation :

- Particules (PM_{2,5}) : effets sanitaires (mortalité et morbidité) ;
- NO_x : effets sur la santé (via nitrates et O₃), eutrophisation des milieux et effet fertilisation des sols agricoles (via nitrates), pertes de cultures (via O₃) ;
- SO₂ : santé (via sulfates), acidification des milieux, pertes de cultures ;
- COVNM : effets sanitaires (via O₃), pertes de cultures (via O₃).

Les valeurs tutélaires par type de véhicules sont calculées à partir de la somme des coûts en €/véh.km de chaque polluant. Chaque coût (défini par polluant) correspond au produit du

facteur d'émission (en g/km) par le coût marginal (en €/g) des impacts sanitaires et environnementaux des émissions du polluant considéré (Équation 1).

$$\text{Valeur Tutélaire}_v = \sum_p^n (F_{vp} * C_p) \quad \text{Équation 1}$$

Avec :

v : type de véhicule

p : polluant considéré

F_{vp} : facteur d'émission d'un type de véhicule v pour le polluant p (en g/km)

C_p : coût marginal du polluant p (en €/g)

Valeur tutélaire _{v} : valeur tutélaire du type de véhicule p (en €/km)

Les effets sanitaires étant intrinsèquement liés à la présence ou non de population, les valeurs tutélaires sont ensuite modulées en fonction de la densité. Le tableau ci-dessous reprend les facteurs associés et les densités de population considérées.

Facteurs multiplicatifs de densité de population pour le calcul des coûts sanitaire lorsque l'infrastructure passe d'une zone à l'autre

Interurbain à urbain diffus	Urbain diffus à urbain	Urbain à urbain dense	Urbain dense à urbain très dense
*10	*3	*3	*3

Densité de population des zones traversées par l'infrastructure

hab/km ²	Interurbain	Urbain diffus	Urbain	Urbain dense	Urbain très dense
Fourchette	< 37	37-450	450-1 500	1500 -4 500	> 4500

La cartographie suivante présente la densité de population dans la bande d'étude et la zone de projet.

Afin d'intégrer la variabilité des émissions en fonction de la vitesse de circulation, les facteurs d'émission de chaque polluant sont pondérés par un coefficient dépendant des classes de densité précédemment décrites. Il est en effet considéré que la vitesse décroît en fonction de l'augmentation de l'urbanisation (et donc de la densité de population). Le tableau suivant reprend les différents coefficients. Ces ajustements sont basés sur les facteurs d'émission COPERT V.

Coefficients de vitesse pour le calcul des facteurs d'émissions lorsque l'infrastructure passe d'une zone à une autre

	Interurbain à urbain diffus	Urbain diffus à urbain	Urbain à urbain dense	Urbain dense à urbain très dense
VL NOx	/1,5	/1,3	*1	*1,5
VL PM2.5	/1,5	/1,7	*1	*1,3
PL NOx	*1,1	*1,2	*1	*1,6
PL PM2.5	*1	*1,2	*1	*2

NB : les facteurs des VP sont également appliqués aux deux roues et VUL ; de même, les facteurs PL sont appliqués aux bus également.

Les valeurs tutélaires sont estimées en euro 2015 sur la base d'un parc roulant de 2015. La variation annuelle des valeurs tutélaires au-delà de 2015 correspond à la somme des pourcentages de variation des émissions routières et du PIB par habitant.

La note méthodologique conseille d'utiliser comme taux d'évolution pour les émissions routières :

Taux d'évolution pour les émissions routières

	VL	PL
Diminution annuelle des émissions polluantes de 2015 à 2030	-4,50%	-4,00%
Diminution annuelle des émissions polluantes de 2030 à 2050	-0,50%	-2,50%
Diminution annuelle des émissions polluantes de 2050 à 2070	-0,50%	0,00%

En l'absence de la directive sur les plafonds d'émission et afin d'être cohérent avec la réalité des émissions automobiles, la baisse des émissions est estimée pour la période de 2020 à 2030 selon le même procédé que de 2010 à 2020, soit sur la base des facteurs d'émissions (COPERT V) et du parc automobile français disponibles jusqu'en 2030 (parc IFFSTAR). Cette méthodologie aboutie à une baisse annuelle similaire, soit 4,5% pour les VL et 4% pour les PL. A partir de 2030 jusqu'en 2070, les émissions sont considérées comme constantes ce qui constitue une hypothèse majorante mais conforme à la note méthodologique pour les PL et une baisse de 0,5% par an pour les VL. Au-delà de 2070, les émissions sont considérées comme constantes pour les VL et les PL

Concernant la variation du PIB par habitant, il est estimé sur la base :

- Des projections INSEE de la population française jusqu'en 2060 ;
- D'un PIB variant jusqu'en 2030 selon l'évolution du PIB de ces 15 dernières années ;
- D'un PIB croissant au-delà de 2030 au taux de 1,5% (hypothèse courante en socio-économie).

II.3.2. Les émissions de gaz à effet de serre

Suite aux conclusions de la commission de France Stratégie présidée par Alain Quinet, le coût de la tonne de CO₂ (ou CO₂ équivalent) est de :

- 53€ 2015 la tonne de CO₂ en 2018
- 246€ 2015 la tonne de CO₂ en 2030
- 491€2015 la tonne de CO₂ en 2040.

Ces valeurs reprennent les recommandations de la commission Quinet (54€2018 en 2018, 250€2018 en 2030, 500€2018 en 2040) en les rapportant aux conditions économiques de 2015.

La valeur tutélaire du carbone évolue selon un rythme linéaire entre 2018 et 2030 ainsi qu'entre 2030 et 2040. Au-delà de 2040, le coût du carbone augmente au rythme de 4,5% par an pour atteindre 763€2015 en 2050 et 1184€2015 en 2060. Cette valeur reste constante à 1184€2015 au-delà de 2060.

II.3.3. Valeurs tutélares

Coûts liés à la qualité de l'air

Le tableau suivant présente les valeurs tutélares liées aux émissions polluantes du transport routier.

Valeurs tutélares (€/100 véh.km) déclinées par type de véhicule

€ ₂₀₁₅ /100 véh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
VP	11,6	3,2	1,3	1,1	0,8
VP Diesel	14,2	3,9	1,6	1,3	1
VP Essence	4,4	1,3	0,6	0,4	0,3
VP GPL	3,7	1	0,4	0,3	0,1
VUL	19,8	5,6	2,4	2	1,7
VUL Diesel	20,2	5,7	2,5	2	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

Les valeurs tutélares, faisant une distinction entre la motorisation des VP et VUL (essence, diesel ou GPL), ont été pondérées en fonction de la répartition du parc roulant des années étudiées et de la typologie du parc (urbain, rural ou autoroutier).

Les données sont regroupées dans le tableau suivant :

Répartition du type de motorisation en fonction de l'année et de la typologie de l'axe routier – Parc IFFSTAR 2015-2050

Parc	Urbain			Rural			Autoroutier			
	Année	2021	2026	2046	2021	2026	2046	2021	2026	2046
VP Essence		44,2%	44,4%	27,9%	39,9%	40,8%	25,4%	31,8%	30,7%	18,2%
VP Diesel		52,5%	47,7%	25,3%	56,8%	51,2%	27,1%	64,7%	60,8%	31,6%
VP Hybride		2,8%	7,3%	44,0%	2,7%	7,4%	44,6%	3,0%	7,8%	47,1%
VP GPL		0,5%	0,6%	2,7%	0,5%	0,6%	2,7%	0,5%	0,6%	2,9%
VP GNC		0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,2%
VUL essence		2,8%	6,3%	35,7%	3,2%	8,3%	42,9%	3,5%	7,1%	38,8%
VUL diesel		97,2%	93,7%	64,3%	96,8%	91,7%	57,1%	96,5%	92,9%	61,2%
PL Diesel		97,0%	94,2%	79,0%	98,7%	96,7%	86,6%	99,0%	97,5%	89,7%
PL Essence		0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PL Biodiesel		0,3%	1,5%	10,3%	0,2%	0,9%	6,6%	0,1%	0,7%	5,1%
PL GNC		2,7%	4,3%	10,4%	1,2%	2,4%	6,8%	0,9%	1,8%	5,2%

Variation annuelle du PIB par tête et des émissions pour chaque horizon d'étude

	2021	2026	2046
Pourcentage annuel d'évolution des émissions depuis 2015	-4,50%	-4,50%	-2,46%
Pourcentage annuel d'évolution du PIB par tête depuis 2015	1,07%	1,37%	1,79%
Pourcentage annuel d'évolution total	-3,43%	-3,13%	-0,67%

Coût unitaire lié à l'effet de serre additionnel

Les valeurs tutélares de la note méthodologique de 2014 sont récapitulées ci-dessous (actualisée le 03 mai 2019) :

Valeur tutélaire de la tonne de CO₂

T CO ₂ en euro 2015	
2021	101,3
2026	181,7
2046	639,4

Les émissions de CO₂ du projet sont estimées à partir des facteurs d'émissions de COPERT V.

Les valeurs sont recalculées et présentées dans le tableau suivant pour les VP et VUL.

Les valeurs tutélaires pour les horizons 2021, 2026 et 2046 sont modulées en fonction des variations annuelles du PIB par habitant et des émissions récapitulées dans le tableau suivant :

Valeur tutélaires (en €₂₀₁₅/100 véh.km) déclinées par type de véhicule par année et par typologie de voie

Catégorie	Année	Typologie	Urbain	Urbain	Urbain	Urbain	Interurbain
			Très dense	dense		diffus	
			(€/100 véh.km)	(€/100 véh.km)	(€/100 véh.km)	(€/100 véh.km)	(€/100 véh.km)
VP	2021	Urbain	9,5	2,7	1,1	0,9	0,7
		Rural	10,0	2,8	1,2	0,9	0,7
		Autoroutier	10,7	3,0	1,2	1,0	0,8
	2026	Urbain	9,1	2,5	1,1	0,8	0,6
		Rural	9,4	2,6	1,1	0,9	0,7
		Autoroutier	10,7	3,0	1,2	1,0	0,8
	2046	Urbain	6,9	1,9	0,8	0,6	0,5
		Rural	7,0	2,0	0,9	0,6	0,5
		Autoroutier	10,7	3,0	1,2	1,0	0,8
VUL	2021	Urbain	19,8	5,6	2,4	2,0	1,8
		Rural	19,8	5,6	2,4	2,0	1,8
		Autoroutier	19,7	5,6	2,4	1,9	1,7
	2026	Urbain	19,3	5,5	2,4	1,9	1,7
		Rural	19,1	5,4	2,4	1,9	1,7
		Autoroutier	19,2	5,4	2,4	1,9	1,7
	2046	Urbain	15,2	4,3	1,9	1,5	1,3
		Rural	14,2	4,0	1,7	1,4	1,2
		Autoroutier	14,8	4,2	1,8	1,4	1,2

II.4. Modélisation de la dispersion atmosphérique

Le logiciel utilisé pour cette modélisation est le logiciel ARIA Impact v1.8. Ce logiciel permet d'élaborer des statistiques météorologiques et de déterminer l'impact des émissions d'une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques ou surfaciques. Il permet de simuler plusieurs années de fonctionnement en utilisant des chroniques météorologiques représentatives du site. Il permet également de tenir compte des concentrations de fond de la zone d'étude.

Les calculs ont été effectués sur les données météorologiques horaires à Marseille (fournies par NUMTECH), du 01/01/2021 au 31/12/2021.

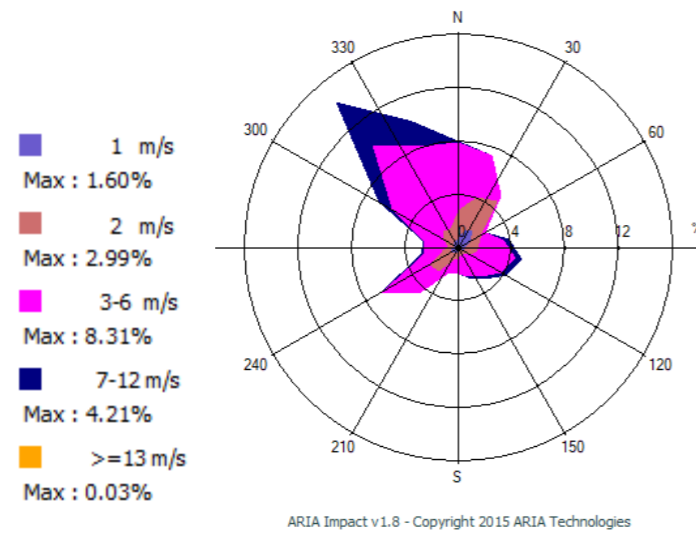


Figure 5 : Rose des vents des données météorologiques utilisées – Fournies par NUMTECH – Période chaude : du 21/06/2021 au 06/09/2021

Ce logiciel permettant également de prendre en compte les concentrations de fond : Les concentrations moyennes mesurées par AtmoSud sur ces mêmes dates en 2019 (mesures hors COVID) ont été intégrées aux calculs. Celles-ci sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Concentrations de fond intégrées aux modélisations – moyenne annuelle 2019 de la station AtmoSud Marseille Longchamp

Composé	Concentration moyenne (µg/m³)
NO ₂	26,1
NO _x	34,8
PM10	17,9
PM2,5	9,7
NO	5,7
Benzène	1,1

Les données ont été calculées avec une résolution de 75 mètres, Le modèle de calcul utilisé est le modèle de calcul statistique AIM (développé par ARIA).

Les phénomènes pris en compte dans les calculs sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Phénomènes pris en compte dans la modélisation des concentrations grâce au logiciel ARIA IMPACT 1.8 (modèle de calcul AIM)

Phénomène physique	Pris en compte par le modèle dans l'étude	Commentaires
Météorologie locale	oui	Données horaires 2021, issues de simulations réalisées par numtech grâce à un modèle météorologique (Simulations - AROME - Source Meteo France) : pour le vent, la température et la nébulosité. Coordonnées du point d'extraction (Lambert 93) : X : 890,61 km Y : 6252,93 km Remarque : les vents calmes ont été exclus des calculs (temps de calculs).
Description verticale de la turbulence atmosphérique	oui	Méthode dite « vent-nébulosité ».
Nature des sols rencontrés	oui	Hauteur de rugosité constante de 1 mètre sur le domaine d'étude (occupation des sols urbaine considérée comme homogène sur le domaine d'étude)
Nature particulière des poussières	non	Les dépôts secs (chute par gravité) et humides (lessivage par les précipitations) n'ont pas été pris en compte dans la partie modélisation (temps de calculs).
Réactions chimiques des polluants	non	Les réactions ne sont pas prises en compte par le logiciel.
Conversion du NO en NO ₂	oui	Formule de Middleton.
Variabilité temporelle des émissions	non	Les profils temporaires n'ont pas été utilisés dans les calculs car les émissions ont été calculées en moyenne annuelle via TREFIC.
Obstacles autour des voies	non	L'effet « canyon » (encaissement des voies entre des bâtiments) n'a pas été pris en compte dans le modèle
Effet de la topographie (relief) sur la dispersion des panaches	oui	Le relief a été considéré dans les calculs de dispersion (BD TOPO IGN).
Effets des écrans acoustiques	non	Pas d'information sur ce point.

II.5. Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires

II.5.1. Rappel Méthodologique

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

- Circulaire DGS n°2000-61 du 3 février 2000 relative au guide de lecture et d'analyse du volet sanitaire des études d'impacts ;
- Circulaire DGS-DR-MEDD n°2005-273 du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières ;
- Note d'information N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués ;
- Guide méthodologique du Cerema du 22 février 2019 sur *l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières* qui fixe le cadre et le contenu de ces études ;
- Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact – Institut de Veille Sanitaire (InVS) - février 2000 ;
- Sélection des agents dangereux à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires des études d'impacts routières et ferroviaires – DGS, InVS, CERTU, SETRA, ADEME - novembre 2004 ;
- Avis de l'ANSES relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières - juillet 2012.

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

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

Dans le cadre de cette étude, l'étape 1 a été menée dans la Partie 2 du présent rapport.

- **L'étape 2** traite de **l'identification des dangers et de l'évaluation de la relation dose réponse**.

Elle consiste à identifier les substances susceptibles de générer un effet indésirable pour les populations et à sélectionner, pour chacune de ces substances, les valeurs toxicologiques de référence (VTR) disponibles dans la littérature.

- **L'étape 3** concerne **l'évaluation de l'exposition des populations**. Elle consiste à estimer la fréquence, la durée et l'importance de l'exposition des populations.

Dans le cadre de cette étude, les niveaux d'exposition ont été déterminés avec un modèle de dispersion atmosphérique des polluants (cf. chapitre II.4).

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

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

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

Les paragraphes suivants présentent cette méthodologie de manière détaillée.

II.5.2. Identification des dangers

II.5.2.1. Considération des dangers

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

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

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

Sur la base des connaissances actuelles, cette voie d'exposition est considérée comme négligeable devant la voie d'exposition par inhalation. La présente EQRS porte donc exclusivement sur l'évaluation des risques sanitaires liés à une exposition par inhalation.

En termes sanitaires, **un danger** désigne un effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique. La toxicité d'un composé dépend de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme humain. Différents effets toxiques peuvent être considérés. Pour l'ensemble des substances prises en compte dans le cadre de cette étude, les effets toxiques ont été étudiés et notamment les effets cancérogènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (altération du patrimoine génétique) et les effets sur la reproduction (reprotoxicité).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

II.5.2.2. Choix des traceurs de risque

Dans le cadre des EQRS des études d'impact des infrastructures routières, le travail d'identification des dangers a été réalisé par un groupe d'experts, piloté par l'InVS. Les conclusions de ce travail sont reprises dans le guide méthodologique du 22 février 2019 du Cerema.

Ce groupe d'experts a ainsi émis des recommandations concernant les substances à prendre en compte dans les volets Air et Santé des études d'impact des infrastructures routières. Les substances retenues, au nombre de 16, sont considérées comme suffisamment spécifiques, en l'absence d'autres sources, pour constituer des traceurs pertinents de l'exposition par inhalation et par ingestion à la pollution routière.

En 2009, l'ANSES a été saisie par son ministère de tutelle pour réviser cette liste de substances. Les recommandations de l'ANSES, publiées en juillet 2012, ne constituent pas à ce jour, un cadre réglementaire pour les EQRS. Néanmoins, dans le cadre de cette étude, nous avons choisi de retenir deux nouvelles substances recommandées par l'ANSES : les particules PM_{2,5} et PM₁₀. L'ANSES recommande effectivement de privilégier ces substances par rapport aux particules diesel qui avaient été retenues par l'InVS.

En conformité avec les préconisations du groupe d'experts énoncées dans la note méthodologique de février 2019 et avec les recommandations de l'ANSES, le tableau ci-contre présente les substances retenues dans la présente étude par type d'effet pour la voie d'exposition par inhalation.

Tableau 4 : Substances retenues dans le cadre de l'EQRS

Composés	Exposition chronique par inhalation		Exposition aiguë par inhalation
	Effets à seuil de dose	Effets sans seuil de dose	
Particules PM10	X		X
Particules PM2,5	X		X
Arsenic	X	X	
Nickel	X	X	
Benzo(a)pyrène (comme traceur des HAP)	X	X	
Chrome VI	X	X	
1,3-butadiène	X	X	
Dioxyde d'azote	X		X
Benzène	X	X	X

II.5.2.3. Choix des relations dose-réponse

Pour chacun des traceurs de risque retenus, les tableaux suivants présentent les relations dose-réponse (Valeurs Toxicologiques de Références et Valeurs Guides) retenues pour une exposition chronique et aiguë par inhalation pour les effets avec et sans seuil. Le choix de ces VTR est conforme aux préconisations de l'InVS et de la note de la DGS du 31 octobre 2014¹. Celles-ci peuvent être considérées comme bénéficiant d'un degré de confiance élevé.

Tableau 5 : VTR pour une exposition aiguë par inhalation

Substances	VTR aiguë / Valeur Guide ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Durée	Système cible	Référence
Dioxyde d'azote	200	1h	Respiratoire	Expertise ANSES, 2013 (OMS, 2010)
	25	24h	Respiratoire	OMS - 2021
Particules PM10	45	24h	Respiratoire	OMS - 2021
Particules PM2,5	15	24h	Respiratoire	OMS - 2021
Benzène	30	24h	Immunologie	ATSDR - 2007

Tableau 6 : VTR pour une exposition chronique par inhalation pour des effets à seuil

Substances	VTR / Valeur Guide ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Effets et organes cibles	Référence
Dioxyde d'azote	10	Effets respiratoires	OMS - 2021
Benzène	10	Effets immunologiques (diminution du nombre de lymphocytes circulants)	ATSDR - 2007
Particules PM10	15	Effets respiratoires et mortalité par cancer	OMS - 2021
Particules PM2,5	5	Effets respiratoires et mortalité par cancer	OMS - 2021
1,3-butadiène	2	Ovaires (atrophie)	US-EPA 2002 OEHHA 2013
Arsenic	0,015	Diminution de la capacité intellectuelle chez les enfants	OEHHA 2008
Chrome VI	0,03	Effets pulmonaires	OMS 2013
Nickel	0,09	Effets pulmonaires	ATSDR 2005
Benzo(a)pyrène	0,002	Effets sur le développement	US-EPA 2017

Tableau 7 : ERU pour une exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuil

Substances	ERUi ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$)	Effets et organes cibles	Référence
Benzène	2,60E-05	Leucémie	ANSES 2014
1,3-butadiène	1,70E-04	Cancer des poumons et des bronches	OEHHA 2008
Arsenic	4,30E-03	Cancer du poumon	US-EPA 1998
Chrome VI	4,00E-02	Cancer du poumon	OMS CICAD 2013
Nickel	2,60E-04	Cancer pulmonaire	OEHHA 2011
Benzo(a)pyrène	12E-03	Cancer de la région gastro-intestinale et de l'appareil respiratoire supérieur	US-EPA 2017

II.5.2.4. Caractérisation du risque sanitaire

Évaluation de l'exposition par inhalation

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

En exposition chronique, la concentration d'exposition, ou concentration inhalée, est déduite des équations suivantes :

$$\text{Équation 2}$$

$$C_{mi} = C_{air} \times T_i \times F$$

Avec C_{air} : la concentration en polluant dans l'air en moyenne annuelle, exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et estimée à partir de la modélisation de la dispersion atmosphérique.

Lorsque la fréquence annuelle d'exposition et le taux d'exposition sont tous deux à 100 % (conditions majorantes), la concentration inhalée (C_{mi}) est égale à la concentration moyenne annuelle en polluant dans l'air (C_{air}).

En exposition aiguë, la concentration inhalée C_{mi} est la concentration maximale d'exposition (percentiles 90) sur la durée d'exposition (1h ou 24h selon la substance).

Polluants à effets de seuil

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

Équation 3

$$QD = C_{mi} / VTR$$

Avec :

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

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

À titre d'illustration, un QD égal à 2 signifie que la dose d'exposition est deux fois plus élevée que la VTR et non pas qu'il y a deux fois plus de risque de voir l'effet se manifester.

Polluants à effets sans seuil

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

L'Excès de Risque Individuel est calculé par la formule suivante :

Équation 4

$$ERI = ERU \times C_{mi} \times T/T_m$$

Avec :

- ERU : Excès de risque unitaire par inhalation pour une vie entière (conventionnellement 70 ans). C'est la probabilité de survenue d'un cancer, au cours de l'exposition d'un individu durant sa vie entière à la concentration de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- T : durée d'exposition en années (30 ans)
- T_m : durée de vie, fixée conventionnellement à 70 ans
- C_{mi} : concentration d'exposition (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

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

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

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

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

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

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

Par exemple, un ERI de 0,0001 signifie qu'un individu exposé toute sa vie à une substance cancérogène a 1 chance sur 10 000 de contracter un cancer lié à cette substance. Autrement dit, sur une population de 10 000 habitants, cette substance va être à l'origine d'un cas de cancer supplémentaire.

PARTIE 2. ÉTAT INITIAL

III. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

III.1. Situation géographique

Le projet se situe dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, dans le département des Bouches-du-Rhône (13), dans la ville de Marseille, pour partie des emprises dans la circonscription portuaire au Nord des bassins Est et pour partie sur le réseau ferré national traversant le quartier de Mourepiane.

III.2. Topographie

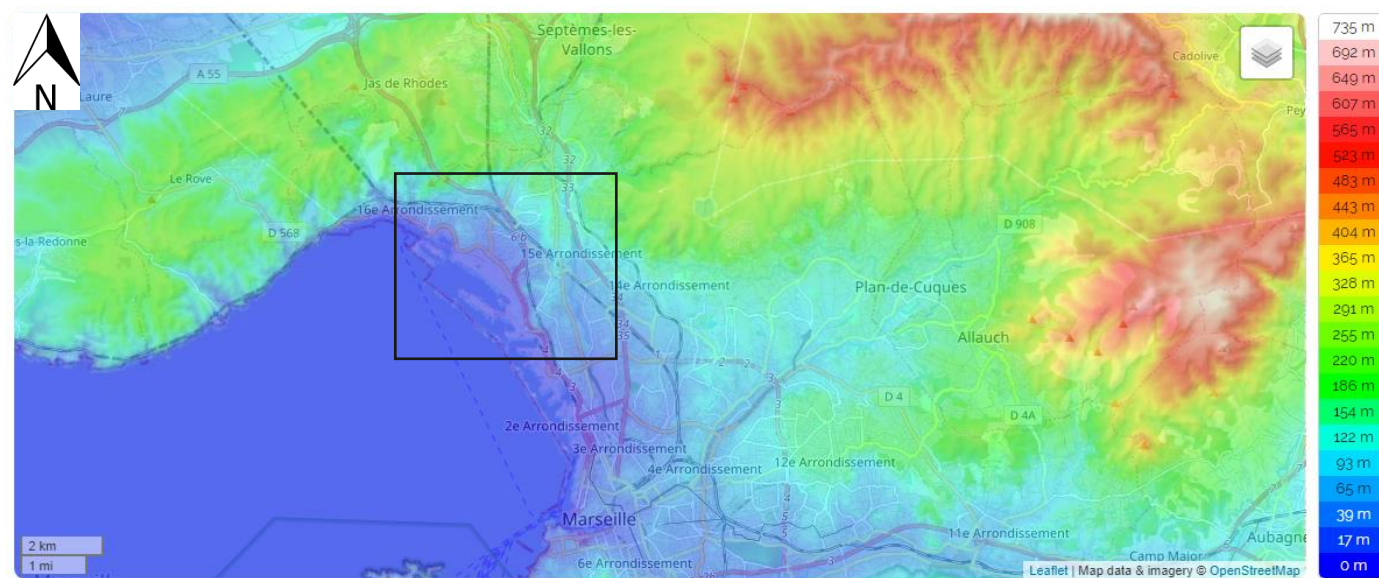


Figure 6 : Carte topographique de la zone d'étude (source topographic-map.com)

La carte topographique ci-dessus présente les reliefs alentours de la zone d'étude. La zone étudiée est mise en évidence dans un encadré noir.

L'aire d'étude se caractérise par un relief peu marqué sur la côte, bordé de reliefs plus hauts à l'Est et au Nord. Cette topographie peut favoriser la dispersion des polluants selon la direction du vent mais ceux-ci peuvent également être ramenés sur la côte par le phénomène de brise de mer. La dispersion sera également influencée localement par l'effet des éventuelles rues canyons.

III.3. Climatologie

Les Bouches-du-Rhône sont sous l'influence de la mer chaude de Méditerranée et sont protégées par le relief des masses d'air provenant de l'Atlantique et du nord. Le département est caractérisé par un climat de type méditerranéen.

Afin de présenter la climatologie de la zone d'étude, les données de la station Marignane de Météo France sont utilisées (Statistiques 1981–2010 et records).

Températures

Le climat méditerranéen est caractérisé par la douceur de ses saisons. Toutefois, il faut se méfier de ses excès. Localement, l'été, la température peut atteindre 39,7°C sous abri alors qu'en plein hiver le thermomètre est déjà descendu à -16,8°C. Il faut remarquer que la proximité de la mer assure aux régions côtières un écrêtement des extrêmes qui se traduit par moins de gelées en hiver et moins de canicule en été.

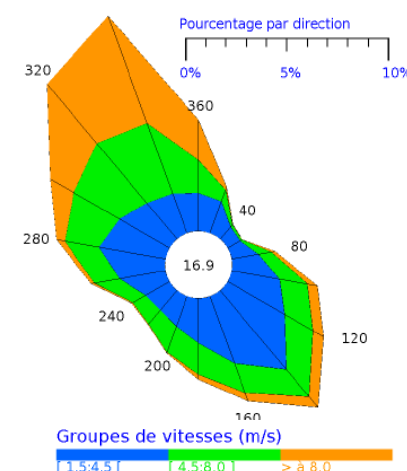
Précipitations

Typique du climat méditerranéen, la zone est marquée par des précipitations abondantes principalement à l'automne mais peu fréquentes : avec une hauteur de précipitations de 515,4 mm pour seulement 53,2 jours de pluie par an, en moyenne.

Ensoleillement

L'insolation est de 2858 heures par an, valeur conforme avec les moyennes que l'on rencontre sur l'arc méditerranéen français.

Vents



La rose des vents montre la prédominance de vent fort à modéré du Nord-Ouest, le Mistral. Un vent fort à modéré provenant du Sud-Est est également présent (le Marin). La présence de vents régionaux forts favorise la dispersion atmosphérique des polluants émis localement.

Les conditions météorologiques locales, lors des campagnes de mesures, sont détaillées plus amplement dans la partie IV.4.3 de ce rapport.

Figure 7: Normales de rose de vent – Météo France – Marignane (13) - Période 1991-2010

III.4. Population

III.4.1. Lieux abritant des populations vulnérables

La population de la commune de Marseille était de 863 310 habitants en 2017, selon l'INSEE. Avec environ 12 700 naissances en 2019 contre 7 604 décès, la commune suit une dynamique de population croissante.

Des établissements abritant des populations vulnérables sont présents dans la zone d'étude (d'après les informations disponibles sur Géoportail¹). Ceux-ci sont présentés dans les cartographies ci-après et listés ci-dessous :

- Un établissement de santé : EHPAD Saint Georges ;
- Des écoles maternelles :
 - École maternelle Saint Henri 2 ;
 - École maternelle Saint-André Boisseau ;
 - École maternelle Cité Saint-Louis ;
 - École maternelle Saint-Louis Le Rove ;
 - École maternelle Saint-Louis Consolat ;
 - École maternelle Saint-Louis Lévêque ;
 - École maternelle Calade ;
 - École maternelle Bernabo ;
 - École maternelle La Cabucelle ;
 - École maternelle Oddo ;
 - École maternelle Extérieur ;
 - École maternelle Parc Bellevue ;
- Des écoles primaires :
 - École primaire Saint Henri Rabelais ;
 - École primaire Saint-André Condorcet ;
 - École primaire Campagne Lévêque ;
 - École primaire Marseille 15 ;
 - École primaire La Cabucelle ;
 - École primaire Saint-Joseph ;
 - École primaire Saint Louis Le Rove ;
 - École primaire Saint Louis Consolat ;
 - École primaire privée Saint Louis ;
 - École primaire Calade ;
 - École primaire Oddo-Madrague Ville ;
 - École maternelle et primaire l'olivier ;
 - École primaire Arenc Bachas ;
 - École primaire Canet Barbès ;
 - École primaire Parc Bellevue ;
 - École primaire Saint-Mauront ;
- Des collèges :
 - Collège Arthur Rimbaud ;
 - Collège Jules Ferry ;
 - Établissement privé Ibn Khaldoun ;
 - Collège Saint-Joseph ;
 - Collège Rosa Parks ;
 - Collège Saint-Mauront ;
- Des lycées : Ceux-ci ne sont pas considérés comme des lieux abritant des populations vulnérables dans 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'impact des infrastructures routières ;

¹ Données Géoportail, consultées le 10/10/2022 - Localisation des écoles maternelles, écoles élémentaires, collèges et lycées (établissements publics et privés agréés par l'État) sur le territoire français. Mise à jour : mai 2017

Localisation des maisons de retraite. Les hôpitaux, cliniques et établissements de soins permettent la mise en œuvre de la politique de santé. Seuls les établissements, publics ou privés, agréés par la Sécurité Sociale sont répertoriés. Mise à jour : décembre 2017

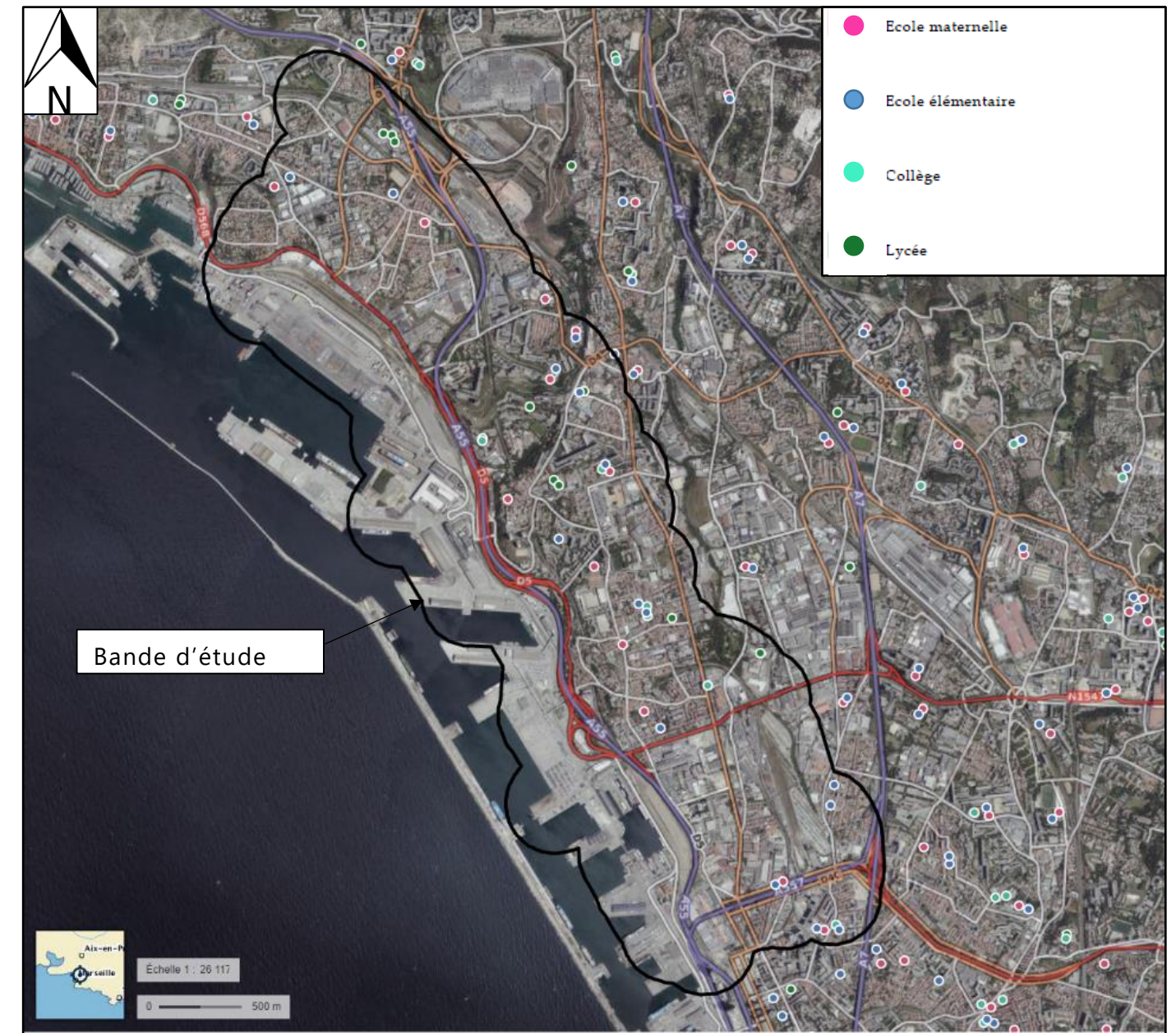


Figure 8 : Figure 9 : Cartographie des bâtiments abritant des populations vulnérables dans le périmètre d'étude (source géoportail) – Établissements de santé

Figure 10 : Figure 11 : Cartographie des bâtiments abritant des populations vulnérables dans le périmètre d'étude (source géoportail) – Établissements scolaires

III.4.2. Densité de population

La population de la commune de Marseille était de plus de 870 731 habitants en 2019, selon l'INSEE (chiffres parus le 22/09/2022).

Avec 7 604 décès en 2019 contre 12 700 naissances, la commune suit une dynamique de population croissante.

La densité de population est présentée dans la cartographie ci-contre (maillage de résolution 1km données FiLoSoFi 2017 – consultées le 10/10/2022).

La bande d'étude est caractérisée par un environnement urbain et présente des zones de forte densité de population, la plus élevée étant de 7 984,5 habitants par km².

Il est à noter que la densité moyenne sur la commune de Marseille est de 3 618,7 hab./km² selon l'INSEE sur l'année 2019.

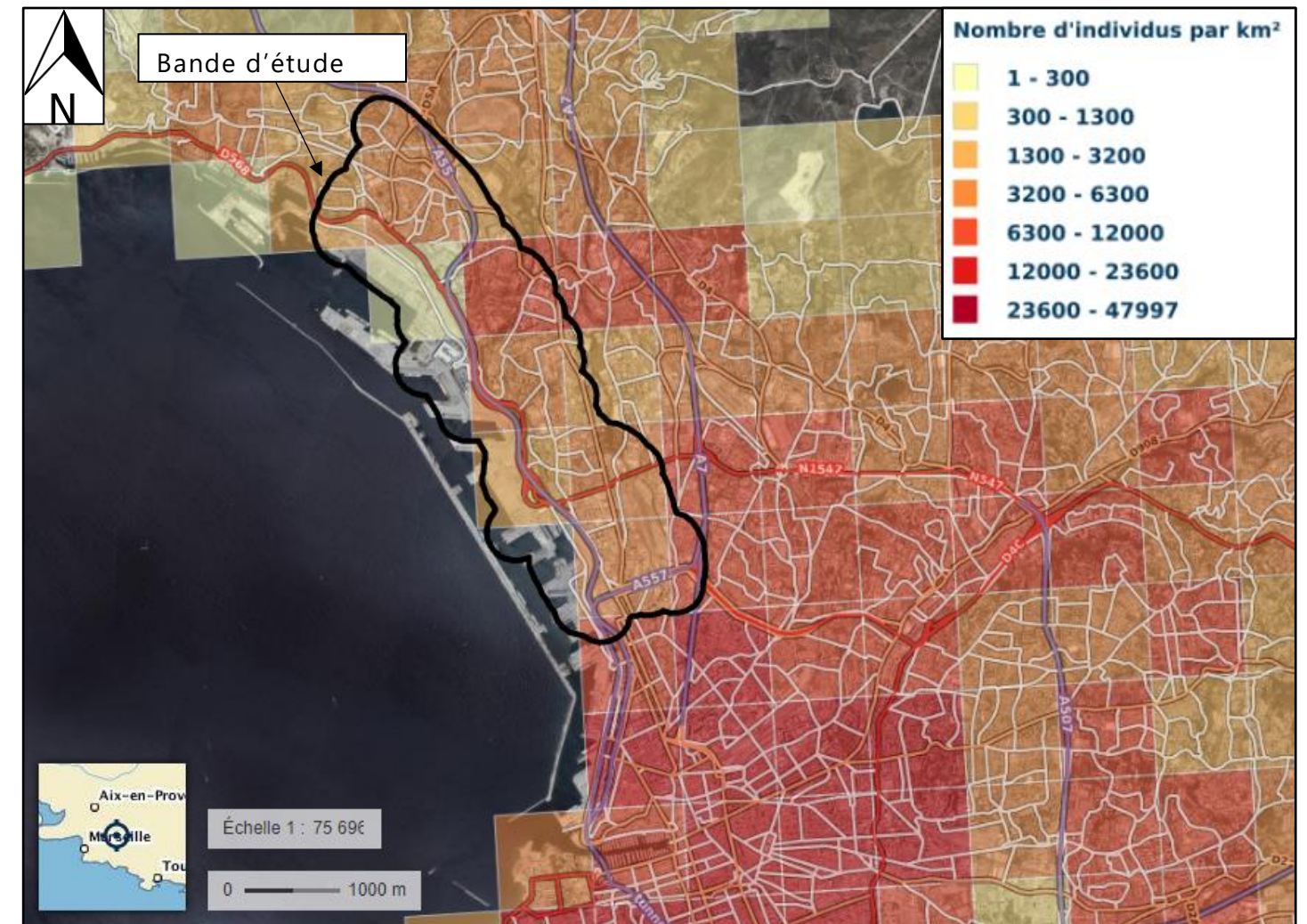


Figure 12 : Cartographie de la densité de population (source géoportail, données cartographiques INSEE FiLoSoFi 2017 – consultées le 10/10/2022)

IV. ANALYSE DE LA SITUATION INITIALE

IV.1. Principaux polluants indicateurs de la qualité de l'air

Selon le guide méthodologique de 2019, les polluants à prendre en considération pour une étude de niveau I, définis sur une base réglementaire, sont les suivants :

- Dioxyde d'azote (NO₂),
- Particules fines (PM10 et PM2.5),
- Monoxyde de carbone (CO),
- Benzène, comme traceur des Composés Organiques Volatils non Méthaniques (COVnM),
- Dioxyde de soufre (SO₂),
- Métaux : Arsenic et nickel,
- Benzo[a]pyrène (B(a)P, comme traceur des hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

IV.1.1. Les oxydes d'azote (NOx)

Les émissions d'oxydes d'azote apparaissent dans toutes les combustions utilisant des combustibles fossiles (charbon, fuel, pétrole...), à hautes températures.

Les oxydes d'azote sont des polluants caractéristiques de la circulation routière. En 2017, le secteur des transports est en effet responsable de 63 % des émissions totales de NOx (CITEPA, Bilan des émissions en France de 1990 à 2017 – Edition 2019), les moteurs diesel en rejettent deux fois plus que les moteurs à essence à pots catalytiques.

Le bilan 2018 de la qualité de l'air extérieur en France (SDES, édition 2019), montre qu'entre 2000 et 2018, dans la plupart des agglomérations, les concentrations de dioxyde d'azote mesurées par les stations urbaines ont baissé d'environ 54 %. Ces évolutions sont essentiellement à mettre en relation avec le renouvellement du parc automobile et l'équipement des véhicules avec des pots catalytiques.

Le dioxyde d'azote, selon la concentration et la durée d'exposition, peut entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyperréactivité bronchique chez les personnes asthmatiques, augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes chez les enfants. Les oxydes d'azote sont aussi à l'origine de la formation de l'ozone, un gaz qui a des effets directs sur la santé.

IV.1.2. Le monoxyde de carbone (CO)

Tous les secteurs d'activité anthropique contribuent aux émissions de CO, gaz inodore et incolore. Leur répartition est variable en fonction de l'année considérée.

En 2017, les trois secteurs contribuant le plus aux émissions de la France métropolitaine sont (CITEPA, 2019) :

- Le résidentiel/tertiaire (45 %),
- L'industrie manufacturière (31 %),
- Le transport routier (17 %).

La diésélisation du parc automobile (un véhicule diesel émet 25 fois moins de CO qu'un véhicule à essence) et l'introduction de pots catalytiques ont contribué à une baisse des émissions de CO dans le secteur automobile : Entre 1990 et 2017, une diminution de 94% des émissions de CO imputables aux transports routiers est observée.

Il convient toutefois de nuancer ces données du fait de l'augmentation du parc automobile et du nombre de voitures particulières non dépolluées en circulation.

Du point de vue de son action sur l'organisme, après avoir traversé la paroi alvéolaire des poumons, le monoxyde de carbone se dissout dans le sang puis se fixe sur l'hémoglobine en bloquant l'apport d'oxygène à l'organisme. Aux concentrations rencontrées dans les villes, il peut être responsable d'angines de poitrine, d'épisodes d'insuffisance cardiaque ou d'infarctus chez les personnes sensibles.

Le système nerveux central et les organes sensoriels sont souvent les premiers affectés (céphalées, asthénies, vertiges, troubles sensoriels) et ceci dans le cas d'une exposition périodique et quotidienne au CO (émis par exemple par les pots d'échappement).

IV.1.3. Le benzène (C₆H₆)

Le benzène est un hydrocarbure faisant partie de la famille des composés organique volatils. Il fait l'objet d'une surveillance particulière car sa toxicité reconnue l'a fait classer par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) parmi les « cancérogènes certains pour l'homme » (leucémie myéloïde aiguë).

Les émissions totales de benzène en 2017 sont de 8 920 tonnes, soit 1 % des émissions totales de Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM). Le principal émetteur de benzène est le résidentiel-tertiaire (56 %) en particulier du fait de la combustion du bois, suivi du transport avec 30 %, dont 21 % issus du transport routier (Exploitation des données CITEPA, 2019).

Les émissions totales de benzène ont baissé de près de 84 % entre 2000 et 2017, essentiellement dans le transport routier (- 88 %) et le résidentiel-tertiaire (- 63 %).

Entre 2000 et 2017, une diminution des concentrations en benzène est observée à proximité de la source du trafic routier. Elle s'explique par la limitation du taux de benzène dans l'essence (depuis la mise en application de la réglementation européenne du 01/01/2000, selon la directive 98/70/CE du 13/10/1998), ainsi que par la diminution des véhicules essences du parc automobile français.

D'après les données et études statistiques du ministère de la transition écologique et solidaire : En 2017, les concentrations moyennes annuelles respectent globalement la norme européenne pour la protection de la santé humaine (moyenne annuelle de 5 µg/m³), avec des concentrations moyennes avoisinant 1,47 µg/m³ à proximité du trafic routier.

IV.1.4. Les particules en suspension (PM) ou poussières

En ce qui concerne les émissions de particules en suspension de diamètre inférieur à 10 microns (poussières dites PM10), de nombreux secteurs sont émetteurs (CITEPA année 2017, édition 2019), en particulier :

- L'agriculture/sylviculture (21 %), en particulier les labours,
- L'industrie manufacturière (31 %), en particulier les chantiers et le BTP ainsi que l'exploitation de carrières,
- Le résidentiel/tertiaire (33 %), en particulier la combustion du bois et, dans une moindre mesure, du charbon et du fioul,
- Les transports (14 %).

Les émissions en France métropolitaine sont en baisse de 54 % entre 1990 et 2017. Cette baisse est engendrée en partie par les progrès technologiques tels que l'amélioration des techniques de dépoussiérage (CITEPA, 2019).

Les concentrations ambiantes en PM10 suivent des variations interannuelles, leur concentration résultant à la fois : des émissions anthropiques et naturelles, des conditions météorologiques, des émissions de précurseurs gazeux et de la formation de particules secondaires par réaction chimiques. Néanmoins il est observé une tendance globale de diminution de ces concentrations (SDES, Bilan qualité de l'air 2018, édition 2019).

En termes de risques sanitaires, la capacité de pénétration et de rétention des particules dans l'arbre respiratoire des personnes exposées dépend du diamètre aérodynamique moyen des particules. En raison de leur inertie, les particules de diamètre supérieur à 10 µm sont précipitées dans l'oropharynx et dégluties, celles de diamètre inférieur se déposent dans l'arbre respiratoire, les plus fines (<2-3 µm) atteignant les bronches secondaires, bronchioles et alvéoles. A court terme, les particules fines provoquent des affections respiratoires et asthmatiques et sont tenues responsables des variations de l'activité sanitaire (consultations, hospitalisations) et d'une mortalité cardio-vasculaire ou respiratoire. A long terme, on s'interroge sur le développement des maladies respiratoires chroniques et de cancers.

IV.1.5. Le dioxyde de soufre (SO₂)

C'est le polluant caractéristique des grandes agglomérations industrialisées. Il provient principalement du secteur de l'industrie manufacturière (50 % des émissions en 2017, CITEPA, 2019). Une faible partie (2% du total des émissions en 2017 – CITEPA 2019) provient du secteur des transports. Les émissions dues au trafic routier se sont vues réduites depuis 1990, par la désulfuration du carburant.

La tendance générale observée par les réseaux de mesure de la qualité de l'air est une baisse des teneurs en dioxyde de soufre, les concentrations moyennes annuelles approchant les 0 µg/m³ ces dernières années (SDES, édition 2019). Cette baisse a été amorcée depuis le début des années 1980 (du fait de la diminution des émissions globales de 89 % en France entre les inventaires CITEPA de 1990 et 2017), en particulier grâce à la baisse des consommations d'énergie fossile, la baisse de la teneur maximale en soufre du gazole des véhicules (du fait de la réglementation) ou encore grâce aux progrès réalisés par les exploitants industriels en faveur de l'usage de combustibles moins soufrés et l'amélioration du rendement énergétique des installations.

Le dioxyde de soufre est un gaz irritant des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires supérieures (entraînant des toux et des gênes respiratoires). Les asthmatiques y sont particulièrement sensibles. Le SO₂ agit de plus en synergie avec d'autres polluants notamment les particules fines en suspension.

IV.1.6. Les métaux

Les métaux principalement surveillés dans l'air ambiant en France sont l'arsenic (As), le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni). Ils sont présents dans l'atmosphère sous forme solide associés aux fines particules en suspension.

Les métaux proviennent de la combustion des charbons, pétroles, déchets ménagers et de certains procédés industriels (activités de raffinage, métallurgie...).

Les métaux s'accumulent dans l'organisme et provoquent des effets toxiques à court ou long terme. Les effets varient selon les composés. Certains peuvent affecter le système nerveux, d'autres les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires ou autres...

La surveillance des métaux en air ambiant est récente. Il est ainsi difficile d'analyser une tendance d'évolution des niveaux de pollution.

IV.1.7. Benzo[a]pyrène

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) appartiennent à la famille des hydrocarbures aromatiques. Ils sont formés d'atomes de carbone et d'hydrogène et leur structure comprend au moins deux cycles aromatiques. Les HAP forment une famille de plus de cent composés émis dans l'atmosphère par des sources diverses et leur durée de vie dans l'environnement varie fortement d'un composé à l'autre.

Les HAP sont présents dans l'atmosphère sous forme gazeuse ou particulaire. Leurs sources sont principalement anthropiques et liées à des processus de combustion incomplète. En raison de leur toxicité ainsi que leur propriété mutagène et/ou cancérogène de certains d'entre eux, leurs émissions, leur production et leur utilisation sont réglementés.

Notamment en raison de leurs effets sur la santé, les HAP sont réglementés à la fois dans l'air ambiant et à l'émission.

Concernant les concentrations dans l'air ambiant, la surveillance des HAP se focalise généralement sur les molécules les plus lourdes et les plus toxiques. En France, la valeur cible pour le benzo(a)pyrène, considéré comme traceur de la pollution urbaine aux HAP et reconnu pour ses propriétés cancérogènes, est fixée à 1 ng/m³ dans la fraction PM10 en moyenne annuelle. Cette valeur cible est à respecter depuis le 31 décembre 2012.

La combustion incomplète de la matière organique est la principale source de HAP dans l'atmosphère. Les sources peuvent être naturelles (incendies de forêts) mais sont majoritairement anthropiques dans les zones à forte densité de population.

Le chauffage résidentiel est une source potentiellement importante de HAP en particulier dans les zones fortement urbanisées. Le bois peut dans certaines régions être le principal contributeur aux émissions de HAP dans le secteur résidentiel. On notera que le facteur d'émission associé à la combustion du bois est 35 fois plus important que celui lié à la combustion du fioul, deuxième combustible en termes d'émission de benzo(a)pyrène.

IV.2. L'indice ATMO

L'indice ATMO (révisé au 01/01/2021), établi par les Associations Agréées Pour la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) et quotidiennement diffusé au grand public, est un indicateur à l'échelle communale, qui permet de caractériser chaque jour la qualité de l'air selon les 6 qualificatifs et code couleur suivants :

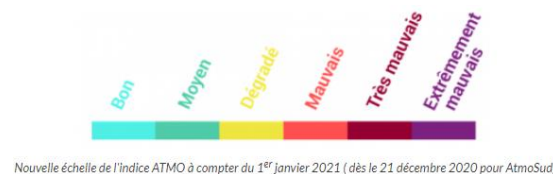


Figure 13 : Échelle de l'indice ATMO – Source AtmoSud

Cinq polluants (NO₂, SO₂, O₃, particules PM10 et PM2,5) entrent en compte dans la détermination de cet indice. En effet, de la concentration de ces polluants résultent six sous-indices (voir tableau ci-après). Le sous-indice le plus dégradé définit l'indice ATMO du jour.

Tableau 8 : Echelle des sous-indices de l'indice ATMO – Source Atmo France

		Indice arrêté du 10 juillet 2020					
		Bon	Moyen	Dégradé	Mauvais	Très mauvais	Extrêmement mauvais
Moyenne journalière	PM2.5	0-10	11-20	21-25	26-50	51-75	>75
Moyenne journalière	PM10	0-20	21-40	41-50	51-100	101-150	>150
Max horaire journalier	NO2	0-40	41-90	91-120	121-230	231-340	>340
Max horaire journalier	O3	0-50	51-100	101-130	131-240	241-380	>380
Max horaire journalier	SO2	0-100	101-200	201-350	351-500	501-750	>750

Les données nécessaires pour le calcul journalier de chaque sous-indice sont :

- La moyenne des concentrations maximales horaires observées pour le dioxyde de soufre (SO₂), le dioxyde d'azote (NO₂) et l'ozone (O₃),
- La moyenne des concentrations journalières observées pour les particules fines (PM10 et PM2,5).

IV.3. Valeurs et seuils réglementaires

Source : décret n°2010-1250 du 12 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air

Les niveaux de concentration de chacune des substances polluantes sont évalués par référence à des seuils réglementaires définis comme suit.

Définition des seuils réglementaires de référence

NORMES DE QUALITE	DEFINITION
« Objectif de qualité »	Niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble
« Valeur cible »	Niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble
« Valeur limite »	Niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble

Polluants	Type de seuil	Valeur	Durée considérée
PM2.5		10 µg/m ³	Moyenne annuelle
		25 µg/m ³	Moyenne annuelle
PM10		30 µg/m ³	Moyenne annuelle
		40 µg/m ³	Moyenne annuelle
Dioxyde d'azote (NO2)		50 µg/m ³	Moyenne journalière / à ne pas dépasser plus de 35 fois par an
		40 µg/m ³	Moyenne annuelle
Ozone		120 µg/m ³	Moyenne sur 8h
		120 µg/m ³	En moyenne sur 8h / A ne pas dépasser plus de 25 jours par an
Benzène (C6H6)		2 µg/m ³	Moyenne annuelle
		5 µg/m ³	Moyenne annuelle
Dioxyde de soufre (SO2)		50 µg/m ³	Moyenne annuelle
		125 µg/m ³	Moyenne journalière / A ne pas dépasser plus de 3 fois par an
Benzo(a)pyrène		350 µg/m ³	Moyenne horaire / A ne pas dépasser plus de 24 fois par an
		1 ng/m ³	Moyenne annuelle
Monoxyde de carbone		10 000 µg/m ³	Maximum de la moyenne sur 8h
Nickel (Ni)		20 ng/m ³	Moyenne annuelle
Arsenic		6 ng/m ³	Moyenne annuelle

IV.1. Recommandations de l'OMS

Le 22 septembre 2021, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a publié de nouvelles lignes directrices en matière de qualité de l'air : Les données accumulées par l'organisation montrant que la pollution atmosphérique ayant des effets néfastes sur la santé à des concentrations encore plus faibles que ce qui était admis jusqu'alors. L'OMS a donc abaissé la quasi-totalité de ses seuils de référence.

Les lignes directrices de l'OMS ont été établies suivant un processus rigoureux d'examen et d'évaluation des données factuelles. Les données les plus récentes nécessaires à l'établissement des lignes directrices ont été obtenues après la revue systématique et la synthèse de plus de 500 articles scientifiques.

En effet, depuis la précédente édition des lignes directrices (2005), la quantité et la qualité des données factuelles montrant une incidence de la pollution atmosphérique sur différents aspects de la santé ont sensiblement augmenté.

C'est pourquoi, après un examen systématique des données accumulées, la majorité des seuils de référence actualisés ont été abaissés par rapport à ceux établis il y a 15 ans. Les anciens seuils de référence et ceux par lesquels ils sont remplacés en 2021 sont récapitulés dans le graphique ci-dessous.

Source Air PARIF

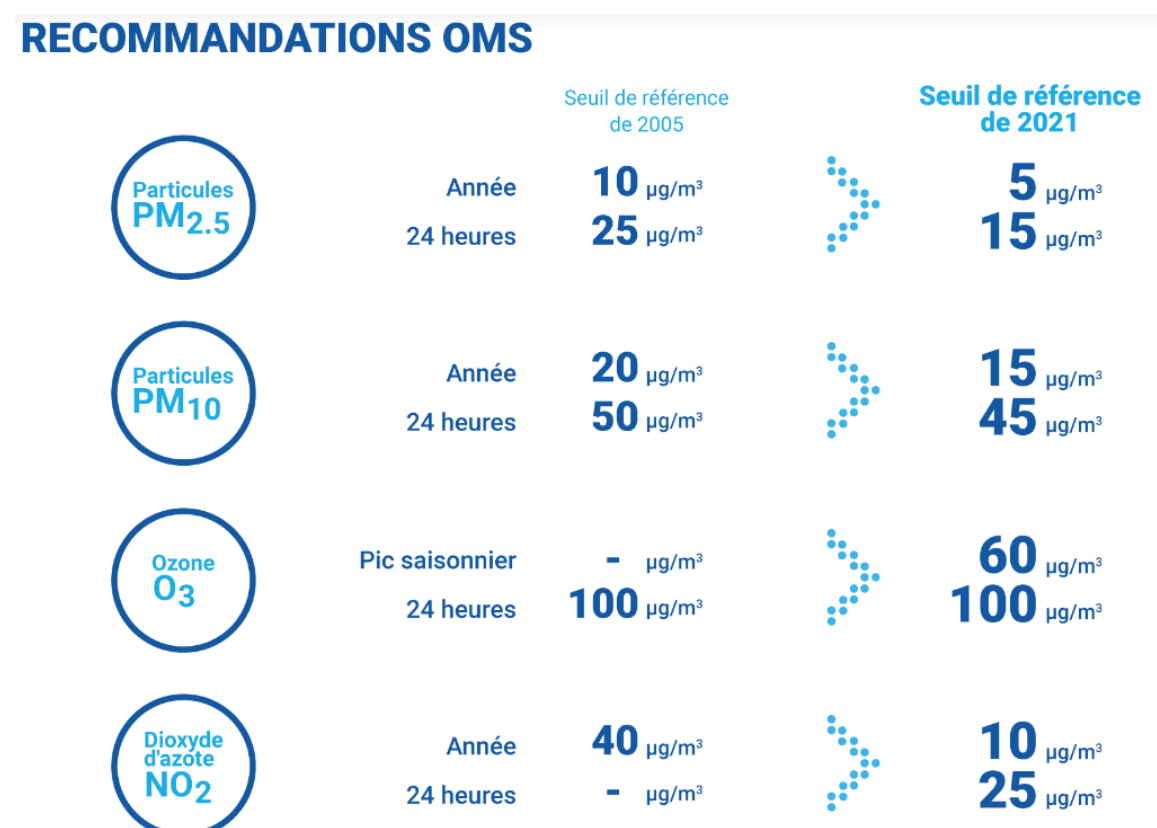


Figure 14 : Évolution des recommandations de l'OMS – Source Air PARIF

IV.2. Actions d'amélioration à l'échelon régional, départemental et local

En complément des mesures effectuées, des actions d'amélioration de la qualité de l'air sont entreprises.

En France, les collectivités territoriales, chacune selon leur échelle et leur compétences légales, sont invitées par la loi et différents plans, comme par exemple le Plan Régional Santé Environnement, à contribuer à évaluer et améliorer la qualité de l'air. Pour cela, elles s'appuient sur des indicateurs de qualité de l'air, construits par des réseaux de surveillance de la pollution atmosphérique.

La Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (LAURE) du 30 décembre 1996 est une loi-cadre française qui élargit les champs géographiques et techniques des réseaux de mesure et qui renforce enfin le droit à l'information du public.

La loi a donc permis la mise en place de plusieurs plans.

IV.2.1. Réseau agréé de surveillance de la qualité de l'air

Le Code de l'environnement stipule que l'Etat assure avec le concours des collectivités territoriales, la surveillance de la qualité de l'air. Dans chaque région, l'Etat confie la mise en œuvre de cette surveillance à des associations sur un territoire défini dans le cadre d'un agrément du Ministre en charge de l'environnement.

AtmoSud est l'association agréée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, pour surveiller la qualité de l'air sur l'ensemble de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Les principales missions d'AtmoSud sont :

- Surveiller la qualité de l'air grâce à un dispositif de mesure et à des outils de simulation informatique et contribuer ainsi à l'évaluation des risques sanitaires et des effets sur l'environnement et le bâti.
- Informer les citoyens, les médias, les autorités et les décideurs :
 - En prévoyant et en diffusant chaque jour la qualité de l'air pour le jour même et le lendemain ;
 - En participant au dispositif opérationnel d'alerte mis en place par les en cas d'épisode de pollution atmosphérique, notamment en prévoyant ces épisodes pour que des mesures de réduction des émissions puissent être mises en place par les autorités.
- Comprendre les phénomènes de pollution et évaluer, grâce à l'utilisation d'outils de modélisation, l'efficacité conjointe des stratégies proposées pour lutter contre la pollution atmosphérique et le changement climatique.

Les stations de mesures les plus représentatives de la zone d'étude sont situées à Marseille :

- Trois stations urbaines :
 - Station de fond : Marseille Longchamp – Station de fond de référence ;
 - Station de fond : Marseille Place Verneuil ;
 - Station sous influence du trafic : Marseille Rabatau pour son trafic routier important ;

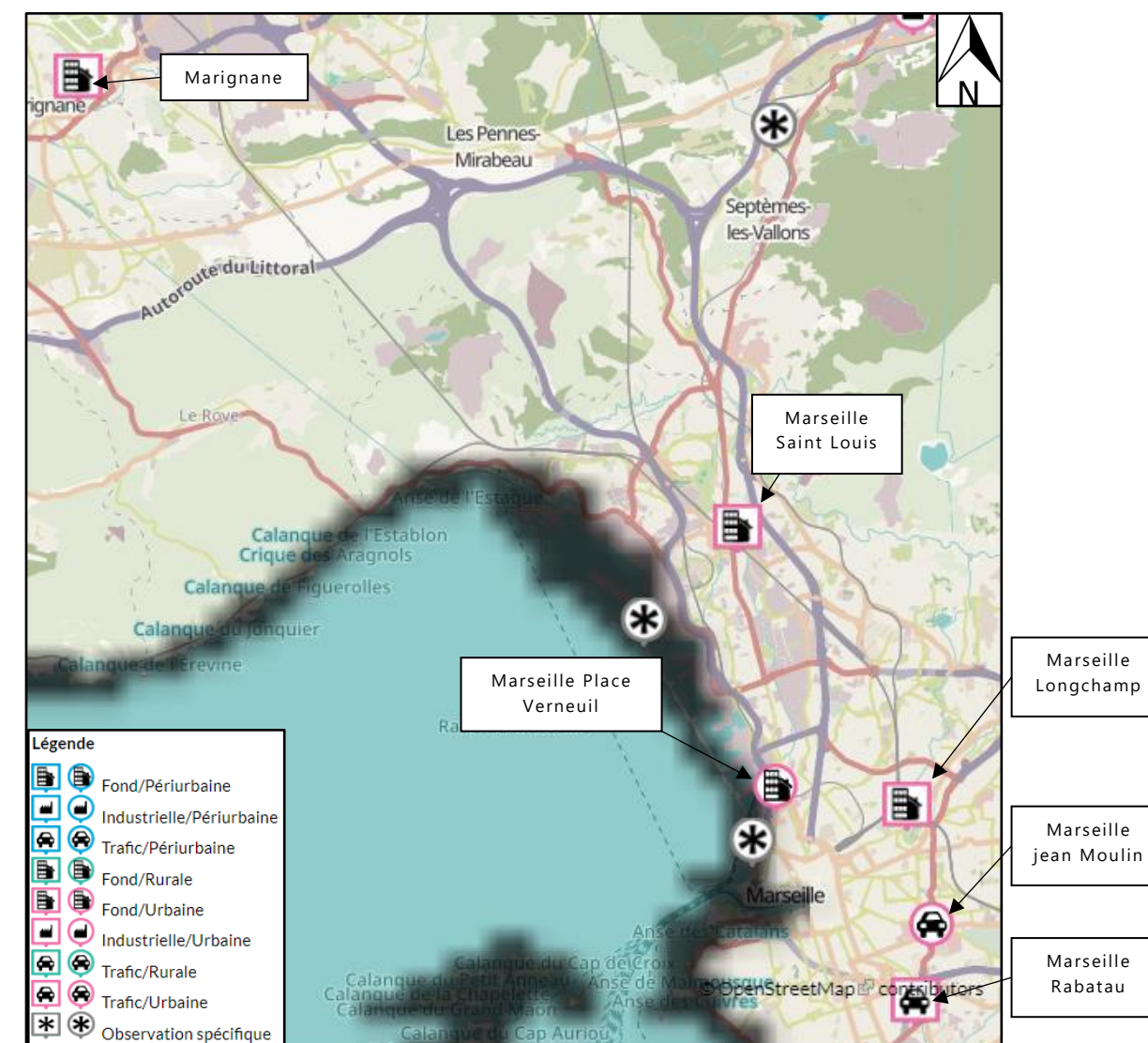


Figure 15 : Cartographie des stations de mesures fixes de qualité de l'air d'AtmoSud

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

- **Les zones urbanisées** – Aix-Marseille, Nice, Toulon et Avignon sont les quatre unités urbaines principales de la région. Trois de ces villes font parties des dix plus grandes de France. La façade côtière est très urbanisée, près de 3 habitants sur 4 vivent à moins de 20 km de la mer. Les niveaux de concentration des polluants sont assez élevés du fait des nombreuses sources d'émissions d'origine industrielle, résidentielle ou liée aux transports routiers rassemblées en un même territoire.
- **Les transports** – La région Provence-Alpes-Côte d'Azur est un carrefour important du trafic de transit à travers la France, elle compte deux axes majeurs de transit, l'axe nord-sud et l'axe Espagne – France – Italie. La région possède également deux aéroports internationaux, l'aéroport Marseille Provence à Marignane et l'aéroport Nice Côte d'Azur. Le trafic maritime est également important, en particulier pour les ports de Marseille, Nice et Toulon. Ces différents modes de transport sont fortement utilisés durant toute l'année du fait de l'attractivité touristique de la région. L'évolution technologique des carburants et des moteurs a permis de diminuer notablement les émissions routières de certains polluants (dioxyde de soufre, monoxyde de carbone, plomb et benzène) mais d'autres émissions persistent voire augmentent (dioxyde d'azote et particules).
- **Les industries** – de nombreuses et importantes sources de pollutions industrielles sont localisées aux abords de l'étang de Berre et impactent l'ensemble des Bouches-du-Rhône et les départements limitrophes. Les substances rejetées dans l'air par les industries sont très nombreuses et seules quelques-unes sont des polluants réglementés dans l'air ambiant, même si d'autres sont potentiellement toxiques.
- **Le milieu rural** – il regroupe ce qui n'est pas urbain, trafic ou industriel, c'est-à-dire les zones boisées et agricoles, mais aussi les petites agglomérations et les grands espaces montagnards. Ce domaine est d'autant plus sensible aux émissions naturelles qu'il subit moins les émissions d'origines anthropiques hormis celles directement issues de l'agriculture. Les polluants rencontrés en quantité importante diffèrent, pour certains des trois précédents environnements de vie : COVnM (Composés Organiques Volatils non Méthaniques) (forêts de conifères), méthane, ammoniac et protoxyde d'azote (agriculture).

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

Il faut distinguer les émissions de polluants (comptabilisées par le CITEPA selon une méthodologie basée sur les sources d'émission) et les concentrations des polluants dans l'air ambiant, qui dépendent des émissions et des phénomènes de dispersion, mesurées par le réseau de surveillance AtmoSud.

IV.2.2. Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA)

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

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

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

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

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

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

Le PREPA prévoit la poursuite et l'amplification des mesures de la LTECV et des mesures supplémentaires de réduction des émissions dans tous les secteurs, ainsi que des mesures de contrôle et de soutien des actions mises en œuvre :

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

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

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

RÉDUCTION DES ÉMISSIONS PAR RAPPORT À 2005



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

Figure 16 : Réduction des émissions par rapport à 2005 – Source : Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer – Plan national de réduction des émissions de polluants Atmosphériques (PREPA)

La mise en œuvre du PREPA permettra :

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

AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR



Dépassement des valeurs limites (PM₁₀, PM_{2,5} et NO₂) et des valeurs cibles (O₃)

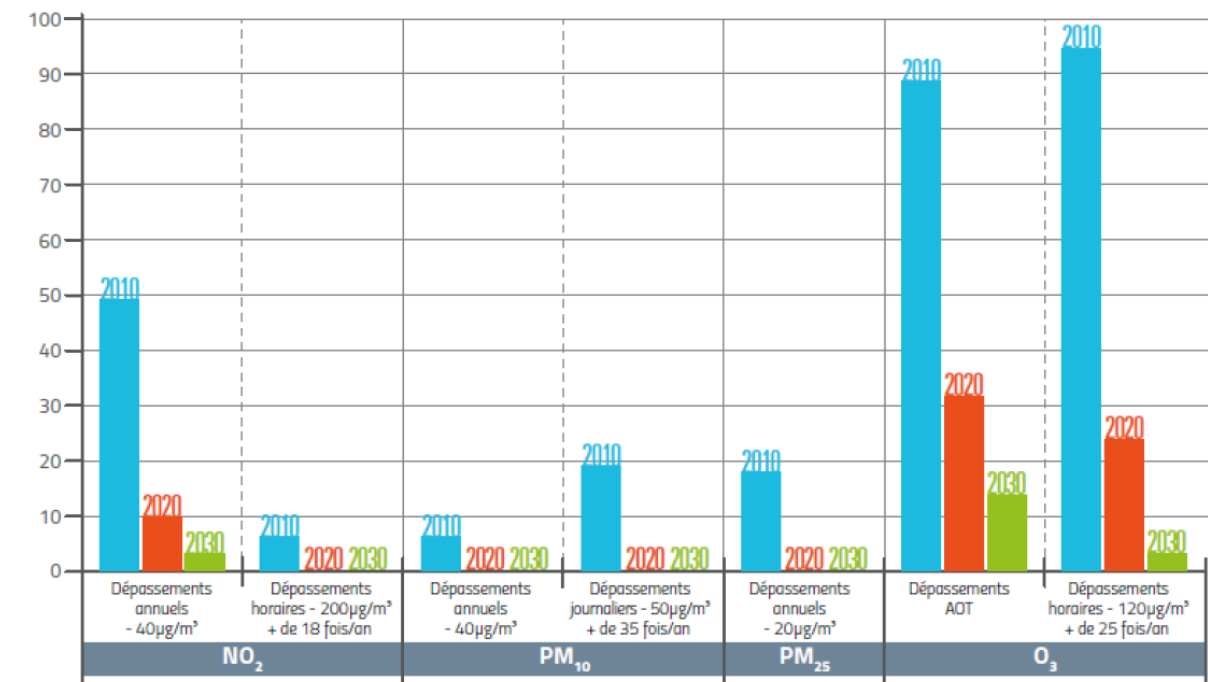


Figure 17 : Amélioration de la qualité de l'air – Source : Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer – Plan national de réduction des émissions de polluants Atmosphériques (PREPA)

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

L'actualisation du PREPA est en consultation publique depuis le 27/09/2022. L'objectif est de renforcer les actions sectorielles existantes et ajouter des leviers nécessaires pour atteindre les objectifs du PREPA sans en modifier la trajectoire.

IV.2.3. Schéma Régional du Climat, de l’Air et de l’Energie (SRCAE)

IV.2.3.1. Cadre du projet de SRCAE

Le cadre du Schéma Régional du Climat, de l’Air et de l’Energie (SRCAE) a été défini par la loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l’environnement.

Le **SRCAE de Provence-Alpes-Côte d’Azur** a été approuvé par l’assemblée régionale le 28 juin 2013 et arrêté par le préfet de région le 17 juillet 2013. Il remplace l’ancien Plan Régional pour la Qualité de l’Air.

Le SRCAE est un document stratégique permettant de renforcer la cohérence des politiques territoriales en matière d’énergie, de qualité de l’air et de changement climatique. Il remplace le Plan Régional de la Qualité de l’Air (PRQA).

IV.2.3.2. Objectifs et orientations du SRCAE

Le Schéma Régional du Climat, de l’Air et de l’Energie (SRCAE) définit des orientations régionales à l’horizon de 2020 et 2050 en matière de lutte contre la pollution atmosphérique, de maîtrise de la demande énergétique, de développement des énergies renouvelables, de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d’adaptation aux changements climatiques.

Les objectifs stratégiques du SRCAE définis aux horizons 2020, 2030 et 2050 traduisent la volonté de la région Provence-Alpes-Côte d’Azur de s’inscrire dans une perspective de transition énergétique permettant l’atteinte du facteur 4 en 2050, c’est-à-dire la division par 4 des émissions de GES par rapport à leur niveau de 1990 :

Objectifs du SRCAE	Référence (2007)	2015	2020	2030
Consommation finale d’énergie	13.8 Mtep	-	-13%	-25%
Consommation d’énergie par habitant	2.7 tep	-	-20%	-33%
Émissions de gaz à effet de serre (GES)	47.7 Mteq CO ₂	-	-20%	-35%
Part des énergies renouvelables dans la consommation finale d’énergie	10%	-	20%	30%
Émissions d’oxydes d’azote (NOx)	123 000 tonnes	-	-40%	
Émissions de particules fines (PM 2,5)	15 000 tonnes	-30%		

Figure 18 : Objectifs du SRCAE – SRCAE PACA – Les grandes lignes

Le SRCAE définit 45 orientations permettant l’atteinte de ces objectifs. Parmi ces orientations, 7 sont spécifiques à la qualité de l’air :

1. **Réduire les émissions de composés organiques volatils** précurseurs de l’ozone afin de limiter le nombre et l’intensité des épisodes de pollution à l’ozone ;
2. **Améliorer les connaissances sur l’origine des phénomènes de pollution** atmosphérique et l’efficacité des actions envisageables ;
3. Se donner les moyens de faire **respecter la réglementation** vis-à-vis du brûlage à l’air libre ;
4. **Informé sur les moyens et les actions** dont chacun dispose à son échelle pour réduire les émissions de polluants atmosphériques ou éviter une surexposition à des niveaux de concentrations trop importants ;
5. **Mettre en œuvre**, aux échelles adaptées, **des programmes d’actions** dans les zones soumises à de forts risques de dépassements ou à des dépassements avérés des niveaux réglementaires de concentrations de polluants (particules fines, oxydes d’azote) ;
6. **Conduire**, dans les agglomérations touchées par une qualité de l’air dégradée, **une réflexion systématique sur les possibilités d’amélioration**, en s’inspirant du dispositif ZAPA ;
7. Dans le cadre de l’implantation de nouveaux projets, **mettre l’accent sur l’utilisation des Meilleures Techniques Disponibles et le suivi de Bonnes Pratiques environnementales**, en particulier dans les zones sensibles d’un point de vue de la qualité de l’air.

Depuis la loi NOTRe, ces SRCAE ont été intégrés aux SRADDET (Schéma Régional d’Aménagement, de Développement Durable et d’Egalité des Territoires).

Le 26 juin 2019, l’Assemblée régionale a voté le Schéma régional d’aménagement, de développement durable et d’égalité des territoires (SRADDET), qui déploie la stratégie de la Région Sud (Provence-Alpes-Côte d’Azur) pour 2030 et 2050, pour l’avenir de nos territoires. L’objectif de ce plan ambitieux est de bâtir un nouveau modèle d’aménagement du territoire en coordonnant l’action régionale dans 11 domaines définis par la loi.

Le Préfet de la Région Provence-Alpes-Côte d’Azur a rendu son arrêté portant approbation du Schéma Régional d’Aménagement de Développement Durable et d’Egalité des Territoires le 15 octobre 2019. Le SRADDET est désormais pleinement applicable et opposable aux documents de planification territoriaux infrarégionaux.

Objectifs du SRADDET

Le SRADDET fixe les objectifs de moyen et long termes en lien avec plusieurs thématiques :

- Équilibre, et égalité des territoires,
- Implantation des différentes infrastructures d'intérêt régional,
- Désenclavement des territoires ruraux,
- Habitat,
- Gestion économes de l'espace,
- Intermodalité et développement des transports,
- Maîtrise et valorisation de l'énergie,
- Lutte contre le changement climatique,
- Pollution de l'air,
- Protection et restauration de la biodiversité,
- Prévention et gestion des déchets.

Il se substitue aux schémas sectoriels idoines : SRCE, SRCAE, SRI, SRIT et PRPGD.

Celui de la région Sud a pour objectifs :

- Diminuer de 50 % le rythme de la consommation d'espaces agricoles, naturels et forestiers agricoles 375 ha/an à horizon 2030
- Démographie : un objectif de + 0,4 % à horizon 2030 et 2050
- Atteindre 0 perte de surface agricole irriguée
- Horizon 2030 : + 30 000 logements par an dont 50 % de logements abordables
- Horizon 2050 : rénovation thermique et énergétique de 50 % du parc ancien
- Une région neutre en carbone en 2050
- Une offre de transports intermodale à l'horizon 2022

IV.2.4. Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)

Le plan de protection de l'atmosphère a pour objet, dans un délai qu'il fixe, de ramener à l'intérieur de la zone la concentration en polluants dans l'atmosphère à un niveau inférieur aux valeurs limites, et de définir les modalités de la procédure d'alerte. L'application de ces dispositions relève des articles L222-4 à L222-7 et R222-13 à R222-36 du Code de l'Environnement.

Il existe par ailleurs des outils réglementaires nationaux dont le but est de lutter contre la pollution atmosphérique, mais le cadre général dans lequel ils s'appliquent ne permet pas de prendre suffisamment en compte les problématiques locales. L'intérêt du PPA réside donc dans sa capacité à améliorer la qualité de l'air dans un périmètre donné en mettant en place des mesures locales adaptées à ce périmètre.

Le PPA doit, en outre, être compatible avec les orientations du schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE). Le SRCAE arrêté en PACA est celui du 17 juillet 2013.

Les PPA sont des outils de planification qui doivent faire l'objet d'une évaluation au terme d'une période de 5 ans et, le cas échéant, sont révisés (Article L222-4 du Code de l'Environnement).

Le PPA des Bouches-du-Rhône comprend 36 actions sectorielles et 1 action transversale :

- Transport / aménagement / déplacement : 23 actions
- Industrie : 8 actions
- Chauffage résidentiel / agriculture / brûlage : 5 actions
- Tous secteurs : 1 action

Parmi les actions pérennes qui concernent le projet, on peut se référer à celles liées à la thématique transport :

	Description	Part du gain en PM ₁₀	Part du gain en PM _{2,5}	Part du gain en NOx
Industrie	Réduction des émissions diffuses et canalisées de poussières, Réduction des émissions de PM et de NOx Réduction des émissions de COV, HAP.. Amélioration des connaissances	-3,5%	-3,7%	-2,4%
Transport	Optimiser la gestion du trafic routier Mieux prendre en compte la qualité de l'air dans l'aménagement du territoire Inciter au report modal, au développement des Transports Public et des modes actifs Améliorer les performances des flottes de Véhicules Légers et Véhicules Utilitaires Légers Réduire les émissions des Ports et Aéroports Réduire les émissions des infrastructures routières de type « Tunnels urbains » Diminuer l'impact environnemental des chantiers Objectifs qualité de l'air dans le cœur dense de l'agglomération Aix-Marseille Améliorer le transport de marchandises	-4,1%	-4,3%	-5,8%
Résidentiel/ Agriculture/ Brûlage	Réduire les émissions des Installations de Combustion Veiller à l'articulation PPA et PCET	-1,3%	-1,4%	-0,1%

Figure 19 : Estimation des gains sectoriels et par polluants liés aux actions du PPA des Bouches-du-Rhône – En rouge catégorie par laquelle le projet est concerné

IV.2.5. Plan de Déplacements Urbains (PDU) – Plan de mobilité

Le Plan de Déplacements Urbains (PDU) créé en 1982, est un document de planification qui détermine l'organisation du transport des personnes et des marchandises, la circulation dans le but notamment de limiter les pollutions de l'air et le stationnement.

La commune de Marseille est concernée par le PDU de la Métropole Aix-Marseille-Provence, arrêté le 19 décembre 2019.

Avec l'entrée en vigueur de la loi d'Orientations des Mobilités adoptée le 24 décembre 2019, applicable pour les PDU en cours d'élaboration au 1er janvier 2021, **le projet de Plan de Déplacements Urbains devient Plan de Mobilité.**

Le Conseil de Territoire Marseille Provence a émis un avis favorable sur le projet de délibération portant sur l'approbation du Plan de Mobilité Métropolitain le 13 décembre 2021.

Le projet du Plan de Mobilité d'AMP réunit 4 enjeux et 17 objectifs :

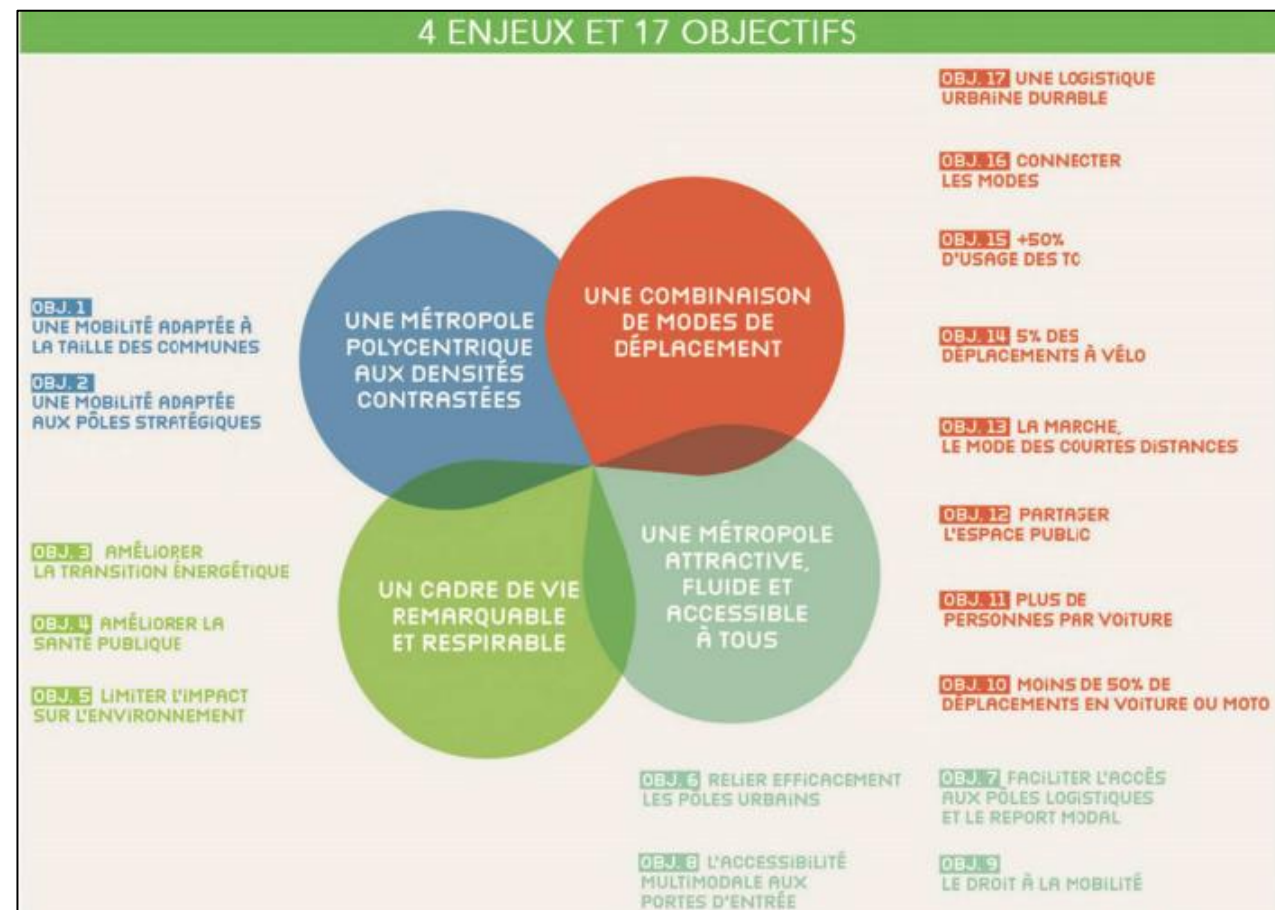


Figure 20 : Schéma des enjeux et objectifs du projet de Plan de Mobilité d'AMP (source : AMP)

D'ici 2030, le Plan de Mobilité ambitionne :

- Une diminution de 26% des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) liées au trafic routier par rapport à 2012 ;
- Une diminution de 75% des oxydes d'azote liées au trafic routier par rapport à 2012 ;
- Une diminution de 37% des particules fines, PM10 liées au trafic routier par rapport à 2012 ;
- Une diminution de 50% des particules fines, PM2,5 liées au trafic routier par rapport à 2012 ;

Il vise notamment la réduction de la part de la voiture par des politiques favorisant le covoiturage, de restrictions des voitures dans le centre-ville, d'instauration de Zones de Faibles Emissions (ZFE) ainsi que par le développement des transports en commun et du « système vélo global ».

IV.2.6. Schéma de Cohérence Territoriale

La commune de Marseille fait partie de la Métropole Aix-Marseille-Provence.

Le SCoT est le document ensemble de la stratégie métropolitaine. Il a vocation à incarner la vision partagée du devenir du territoire. A ce titre, il doit servir de cadre de référence pour tous les documents de planification métropolitains et définir un ensemble d'orientations pour le développement et l'aménagement du territoire métropolitain.

Actuellement la commune est concernée par le SCoT de « Territoire Marseille Provence », approuvé au Conseil communautaire du 29 juin 2012, et doit être révisé prochainement dans un SCoT englobant et unifiant tout le territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence. Ses orientations viseront le long terme et porteront jusqu'en 2040.

Ce futur SCoT métropolitain dessinera un avenir commun à son territoire et ses 92 communes. Cette démarche a été lancée officiellement en décembre 2016 et actuellement en cours.

Le SCoT est entré dans sa dernière phase : l'élaboration du Document d'orientations et d'objectifs (DOO). Le DOO regroupe les outils réglementaires nécessaires à l'atteinte des objectifs du PADD. Il détermine, entre autres, les règles à respecter par les futurs plans locaux d'urbanisme intercommunaux (PLUi).

IV.2.7. Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET)

Le Plan Climat-Air-Énergie Territorial (PCAET) est un projet territorial de développement durable, à la fois stratégique et opérationnel. Établi pour 6 ans, il prend en compte l'ensemble de la problématique climat-air-énergie autour de plusieurs axes :

- La réduction des émissions de gaz à effet de serre,
- L'adaptation au changement climatique,
- L'amélioration de la qualité de l'air,
- La réduction des consommations d'énergie
- Le développement des énergies renouvelables.

La loi confie la mise en place des PCAET aux établissements publics de coopération intercommunales (EPCI) de plus de 20 000 habitants.

Le PCAET est la pierre angulaire des politiques locales de sobriété énergétique, de lutte contre le changement climatique et d'amélioration de la qualité de l'air dans les territoires. Le PCAEM (Plan Climat Air Energie Métropolitain de AMP) nourrit l'ensemble des autres programmes stratégiques métropolitains portant sur des sujets communs.

IV.2.8. Plan Climat Air Energie Métropolitain de AMP (PCAEM)

Le PCAEM d'Aix-Marseille-Métropole, a été présenté le 26 septembre 2019 et a été approuvé par les élus.

Ce plan répond aux dispositions obligatoires de la loi Grenelle 2 et traduit la volonté de la métropole de participer aux objectifs nationaux à l'horizon 2030 :

- Réduire de 40% les émissions de gaz à effet de serre ;
- Porter à 32% la part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie.

Le PCAEM de AMP propose 100 actions qui sont hiérarchisé selon 13 axes :

- Axe 1 : Plaçons l'exemplarité au cœur de l'action publique aux différentes échelles
- Axe 2 : Favorisons un aménagement résilient face aux changements climatiques
- Axe 3 : Offrons de vraies alternatives pour une mobilité durable
- Axe 4 : Accompagnons la transition des moteurs économiques
- Axe 5 : Renforçons les enjeux climat-air-énergie dans les activités portuaires et aéroportuaires
- Axe 6 : Maîtrisons les impacts air, énergie, bruit sur les équipements et le bâti
- Axe 7 : Développons un mix énergétique basé sur des énergies renouvelables et de récupération.
- Axe 8 : Agissons en faveur de la prévention des déchets et optimisons leur valorisation
- Axe 9 : Accompagnons une agriculture et des pratiques alimentaires plus durables
- Axe 10 : Protégeons la ressource en eau et optimisons sa gestion
- Axe 11 : Préservons la biodiversité, les ressources naturelles et les milieux aquatiques et terrestres
- Axe 12 : Mobilisons les acteurs autour des enjeux climat-air-énergie sur le territoire
- Axe 13 : Animons la démarche plan climat métropolitain

IV.2.9. Le Plan National et le Plan Régional Santé-Environnement (PNSE3 et PRSE3)

Ces deux plans définissent des actions pour réduire et éviter l'impact sur la santé des pollutions environnementales.

Le Plan National Santé-Environnement (PNSE) est un plan qui doit être renouvelé tous les cinq ans, conformément à l'article L. 1311 du code de la santé publique.

Le deuxième Plan National Santé-Environnement a été adopté en conseil des Ministres le 24 juin 2009 pour la période 2009-2013. Copiloté par les ministères en charge de la santé et de l'écologie, il a fait l'objet d'une déclinaison en Plans Régionaux Santé-Environnement (PRSE).

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

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

Le PRSE3 de la région PACA, **adopté le 6 décembre 2017**, est la déclinaison régionale du PNSE3, en 9 axes thématiques. Certaines actions sont plus orientées sur la qualité de l'air :

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

IV.3. Qualité de l'air à proximité de la zone d'étude

L'organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime que 42 000 décès prématurés en France sont causés chaque année par la pollution de l'air en milieu urbain. Les polluants, qui étaient auparavant majoritairement émis par l'industrie, ont aujourd'hui pour origine principale le transport puis le chauffage.

Le cumul des sources de pollution atmosphériques implique un « effet cocktail » ayant un effet délétère sur la santé de la population. Ainsi, les sources émettrices locales de la zone d'étude sont étudiées dans cette partie.

IV.3.1. Emissions de polluants atmosphériques par secteur d'activité

Dans cette partie, les calculs des pourcentages d'émission de polluants ont été calculés à partir des données d'inventaire d'émissions¹ sur l'année 2019. Ces données sont issues de l'extraction de la base de données Consultation d'Inventaires Géolocalisés Air CLimat Energie (CIGALE) mise à disposition par AtmoSud : l'Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) de la région PACA.

Les données des émetteurs non inclus², ont été retranchées afin de calculer ces pourcentages. Pour chaque polluant les secteurs d'émission majoritaires sont surlignés en orange.

Région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Au niveau régional, les principaux secteurs d'activités responsables émetteurs sont :

- L'industrie ;
- Le résidentiel ;
- Le transport routier ;

A l'exception de :

- L'ammoniac essentiellement émis par les activités agricoles ;
- Le dioxyde de soufre en grande partie émis par le secteur de l'énergie ;
- Le secteur maritime contribuant de façon non négligeable aux émissions de NOx ;

Tableau 9 : Contribution des différents secteurs émetteurs en région PACA (cigale AtmoSud 2019)

	Industrie	Résidentiel	Tertiaire	Agriculture	Transport routier	Autres transports				Branche énergie	Déchets
						Aériens	Ferroviaire	Fluvial	Maritime		
CO	37%	37%	0%	5%	14%	1%	0%	0%	1%	5%	0%
COVnm*	32%	44%	1%	6%	9%	0%	0%	0%	1%	7%	1%
NH ₃	4%	1%	0%	85%	5%	0%	0%	0%	0%	1%	5%
NOx	17%	3%	1%	5%	48%	1%	0%	0%	18%	6%	0%
PM10	32%	33%	1%	10%	18%	1%	2%	0%	2%	2%	0%
PM2.5	24%	43%	1%	8%	18%	0%	1%	0%	2%	2%	0%
SO ₂	53%	3%	1%	0%	1%	1%	0%	0%	2%	38%	0%
CO ₂ b**	20%	22%	0%	5%	31%	0%	0%	0%	0%	0%	22%
CO ₂ hb***	44%	9%	5%	1%	31%	1%	0%	0%	2%	7%	1%

*COVnm : Composés Organiques Volatils non méthaniques
 **CO₂ b : CO₂ biomasse
 ***CO₂ hb : CO₂ hors biomasse

Région Provence-Alpes-Côte d'Azur 2019

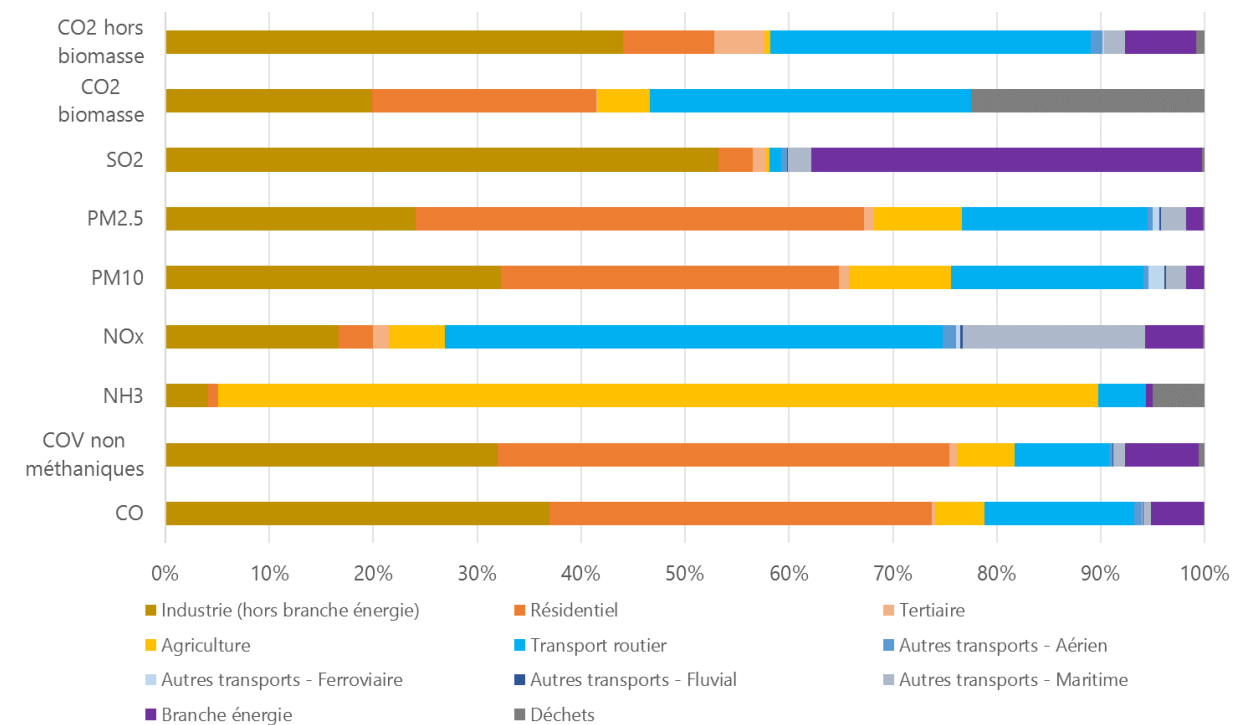


Figure 21 : Contribution des différents secteurs émetteurs en région PACA (cigale AtmoSud 2019)

¹ Extraction de l'outil CIGALE d'AtmoSud- Version 8.1 – Données d'émissions 2019 - Date d'extraction le 25/01/2022.

² Il s'agit des émissions qui ne sont pas imputables aux secteurs d'activités généraux.

Département des Bouches-du-Rhône (13)

A l'échelle départementale, les principaux secteurs d'émission de polluants atmosphériques sont inchangés.

Tableau 10 : Contribution des différents secteurs émetteurs dans les Bouches-du-Rhône (cigale AtmoSud 2019)

	Industrie	Résidentiel	Tertiaire	Agriculture	Transport routier	Autres transports				Branche énergie	Déchets
						Aériens	Ferroviaire	Fluvial	Maritime		
CO	56%	23%	0%	4%	8%	0%	0%	0%	1%	8%	0%
COVnm*	37%	36%	1%	5%	7%	0%	0%	0%	2%	11%	1%
NH ₃	10%	1%	0%	75%	5%	0%	0%	0%	0%	1%	7%
NOx	24%	2%	1%	3%	32%	1%	0%	0%	28%	8%	0%
PM10	42%	21%	1%	11%	16%	0%	2%	0%	4%	4%	0%
PM2.5	33%	29%	1%	11%	16%	0%	1%	0%	5%	4%	0%
SO ₂	51%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	44%	0%
CO ₂ b**	35%	12%	0%	6%	23%	0%	0%	0%	0%	0%	24%
CO ₂ hb***	60%	5%	3%	0%	18%	1%	0%	0%	2%	10%	1%

*COVnm : Composés Organiques Volatils non méthaniques

**CO₂ b : CO₂ biomasse

***CO₂ hb : CO₂ hors biomasse

Bouches-du-Rhône 2019

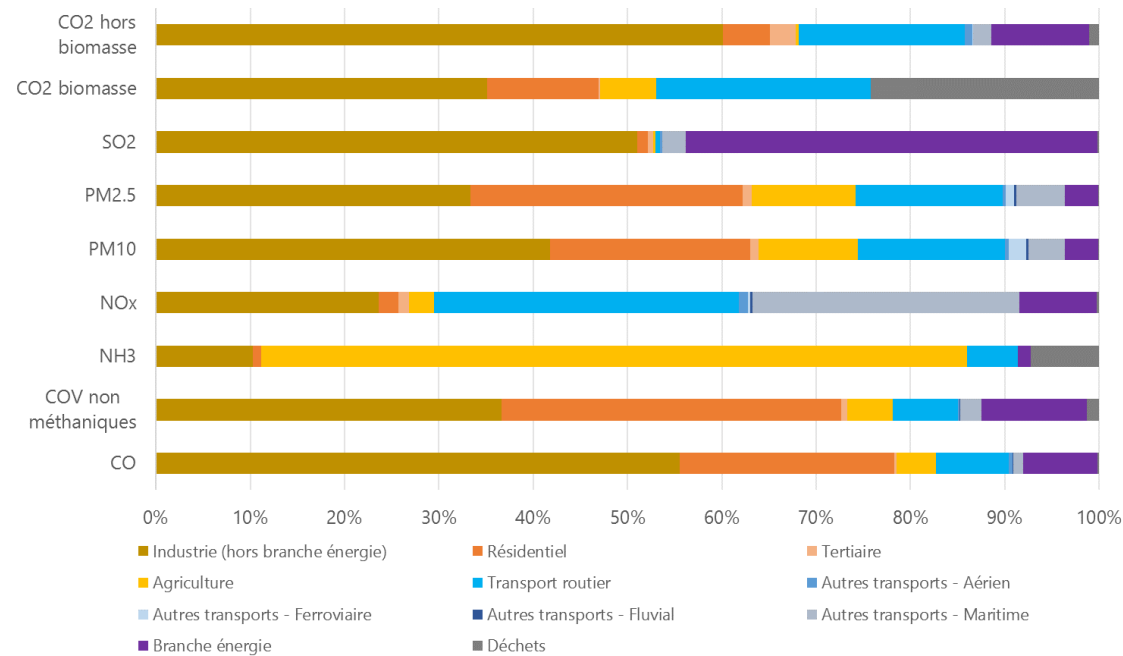


Figure 22 : Contribution des différents secteurs émetteurs dans les Bouches-du-Rhône (cigale AtmoSud 2019)

Commune de Marseille

Localement, au niveau de la commune de Marseille, les principaux secteurs d'activités émetteurs sont le secteur résidentiel ainsi que le transport routier et l'industrie. Le secteur maritime contribue également de manière importante aux émissions de NOx (38%) et est également une source de particules (5 % des émissions de PM10 et 7 % des PM2,5). Le secteur ferroviaire est également une source de particules (6 % des émissions de PM10 et 3 % des PM2,5).

Tableau 11 : Contribution des différents secteurs émetteurs dans la commune de Marseille (cigale AtmoSud 2019)

	Industrie	Résidentiel	Tertiaire	Agriculture	Transport routier	Autres transports				Branche énergie	Déchets
						Aériens	Ferroviaire	Fluvial	Maritime		
CO	2%	82%	1%	0%	13%	0%	0%	0%	2%	0%	0%
COVnm*	30%	58%	1%	0%	5%	0%	0%	0%	2%	4%	0%
NH ₃	74%	3%	0%	1%	22%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
NOx	6%	7%	4%	0%	45%	0%	0%	0%	38%	0%	0%
PM10	38%	25%	3%	0%	23%	0%	6%	0%	5%	0%	0%
PM2.5	27%	36%	3%	0%	24%	0%	3%	0%	7%	0%	0%
SO ₂	78%	5%	4%	0%	1%	0%	0%	0%	9%	4%	0%
CO ₂ b**	20%	21%	1%	0%	59%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
CO ₂ hb***	12%	26%	11%	0%	41%	0%	0%	0%	10%	0%	0%

*COVnm : Composés Organiques Volatils non méthaniques

**CO₂ b : CO₂ biomasse

***CO₂ hb : CO₂ hors biomasse

MARSEILLE (13) 2019

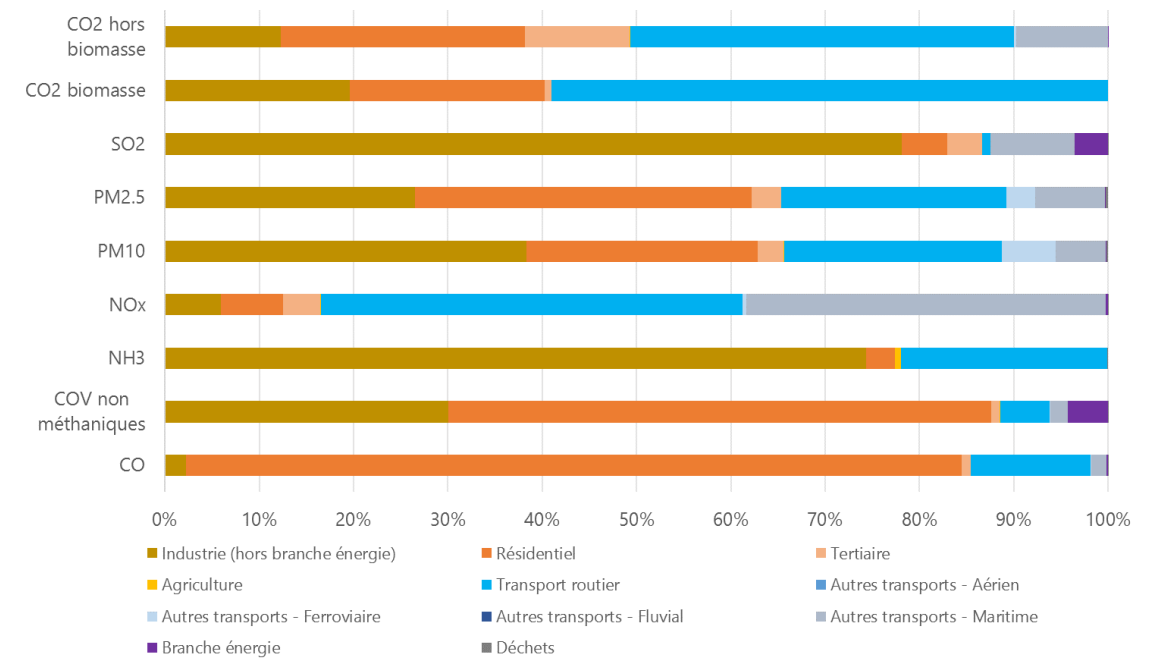
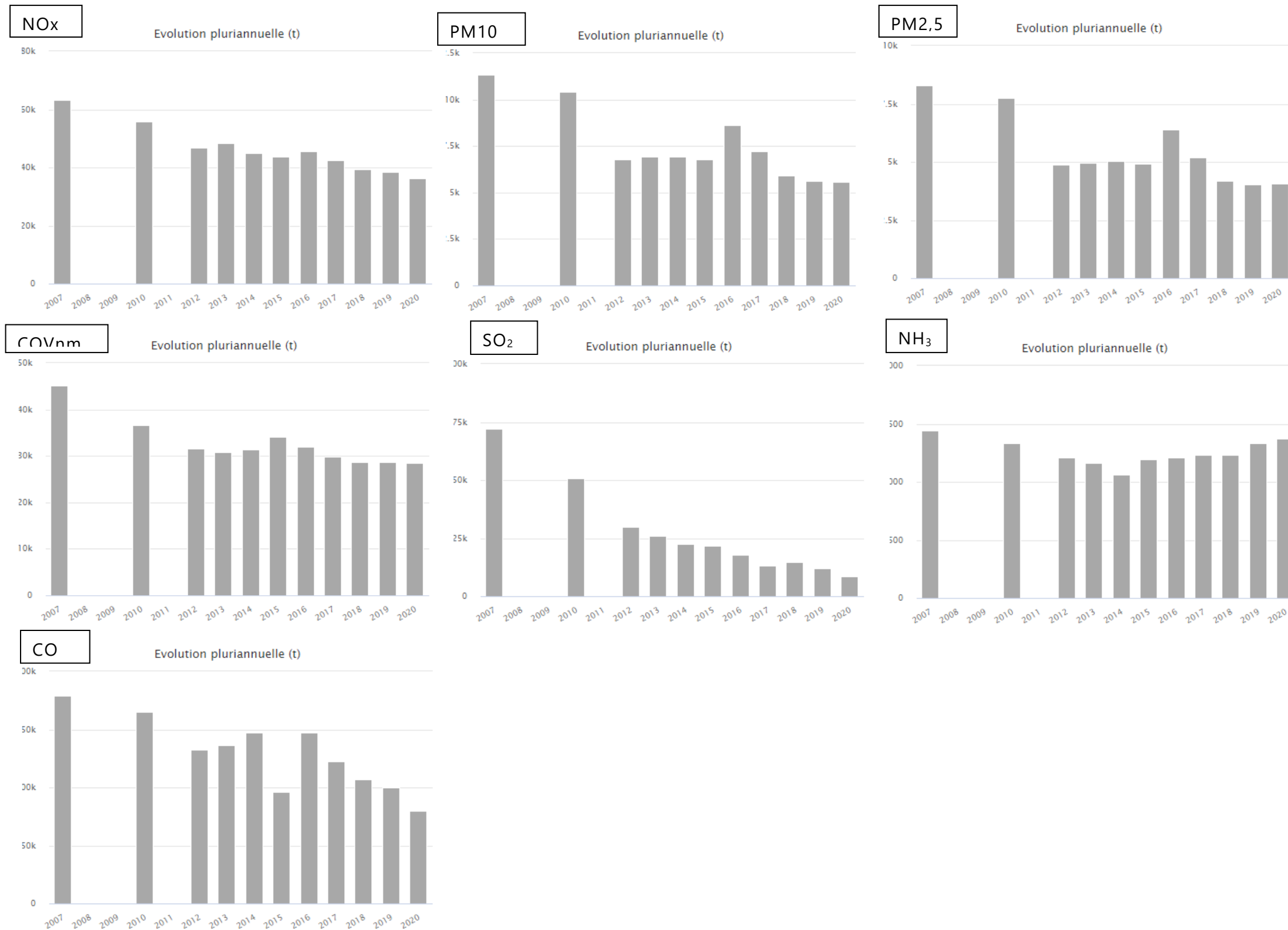


Figure 23 : Contribution des différents secteurs émetteurs dans la commune de Marseille (cigale AtmoSud 2019)

Évolution des émissions au fil du temps : Métropole d'Aix-Marseille Provence



Globalement, il est observé pour la métropole d'Aix-Marseille-Provence une diminution des émissions de polluants atmosphériques depuis 2007.

Figure 24 : Évolution des émissions atmosphériques de la Métropole d'Aix-Marseille Provence – Cigale Inventaires – Visualisation – Consulté le 13/03/2023

IV.3.2. Concentrations mesurées par l'AASQA en air ambiant aux alentours de la zone d'étude

A titre informatif, les concentrations moyennes annuelles des polluants d'intérêt, mesurées par AtmoSud à proximité de la zone d'étude, sont reportées dans le tableau ci-après. Les données des stations de mesures suivantes sont présentées lorsqu'elles sont disponibles :

- La station urbaine trafic : Marseille Rabatau ;
- La station urbaine de fond : Marseille Longchamp, représentative de la pollution de fond à Marseille ;
- Les stations urbaines de fond Marseille Place Verneuil et Marseille Saint-Louis : Les plus proches du projet ;

Le cas échéant, les mesures de stations plus lointaines sont présentées.

En comparant ces concentrations moyennes annuelles, aux critères nationaux de la qualité de l'air et aux valeurs guides de l'OMS (mises à jour en septembre 2021), des dépassements sont observés :

- Des dépassements des valeurs réglementaires françaises sont observés pour les NOx, le NO₂, les particules PM10 et PM2,5 et le benzène ;
- Des dépassements des valeurs guides de l'OMS sont observés concernant le NO₂ et les particules (PM10 et PM2,5) ;

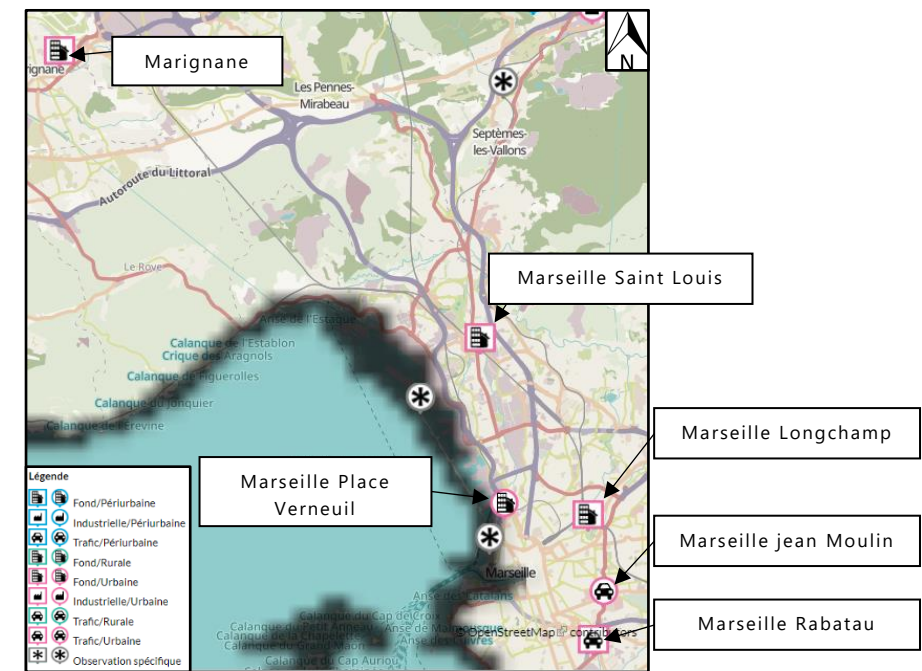


Figure 25 : Cartographie des stations de mesures fixes de qualité de l'air d'AtmoSud

Tableau 12 : Concentrations moyennes annuelles mesurées dans l'air ambiant par AtmoSud et comparaison avec les valeurs réglementaires, objectifs de qualité et valeurs guides de l'OMS

Composé	Station AtmoSud	Typologie de la station	Concentration moyenne annuelle	Nouvelles recommandations de l'OMS (2021)	Règlementation et objectif de qualité	Année	Unité
Dioxyde d'azote (NO ₂)	Marseille Saint Louis	Fond Urbaine	32,8	> 10 µg/m ³	> 40 µg/m ³ (objectif de qualité et valeur seuil réglementaire)	2019	µg/m ³
	Marseille Longchamp	Fond Urbaine	26,1				
	Marseille Rabatau	Trafic Urbaine	44,9				
	Marseille Place Verneuil	Fond Urbaine	32,0				
Monoxyde d'azote (NO)	Marseille Saint Louis	Fond Urbaine	11,3	-	-	2019	µg/m ³
	Marseille Longchamp	Fond Urbaine	5,7				
	Marseille Place Verneuil	Fond Urbaine	10,9				
	Marseille Rabatau	Trafic Urbaine	33,5				
Oxydes d'azote (NOx)	Marseille Saint Louis	Fond Urbaine	50,2	-	> 30 µg/m ³ (protection de la végétation)	2021	µg/m ³
	Marseille Longchamp	Fond Urbaine	34,8				
	Marseille Place Verneuil	Fond Urbaine	48,7				
	Marseille Rabatau	Trafic Urbaine	96,2				
Particules PM2,5	Marseille Longchamp	Fond Urbaine	9,7	> 5 µg/m ³	> 10 µg/m ³ (objectif de qualité)	2021	µg/m ³
	Marseille Saint Louis	Fond Urbaine	10,4			2019	
	Marseille Place Verneuil	Fond Urbaine	12,3			2020	
	Marseille Rabatau	Trafic Urbaine	12,5				
Particules PM10	Marseille Saint Louis	Fond Urbaine	20,5	> 15 µg/m ³	> 30 µg/m ³ (objectif de qualité)	2019	µg/m ³
	Marseille Longchamp	Fond Urbaine	17,9				
	Marseille Rabatau	Trafic Urbaine	33,2				
Arsenic (métal, dans les PM10)	Marseille Longchamp	Fond Urbaine	0,35	-	-	2019	ng/m ³
Nickel (métal, dans les PM10)			2,33	-	-		
Cadmium (métal, dans les PM10)			0,1	-	-		
Benzo(a)pyrène (dans les PM10)			0,15	-	-		
Benzène	Marseille Longchamp	Fond Urbaine	1,08	-	> 2 µg/m ³ (objectif de qualité)	2019	µg/m ³
	Marseille Rabatau	Trafic Urbaine	2,32				
	Marseille Longchamp	Fond Urbaine	1,08				
Monoxyde de carbone (CO)	Marignane	Fond Urbaine	0,263	-	-	2019	Moyenne horaire mg/m ³
Dioxyde de soufre (SO ₂)	Marseille Longchamp	Fond Urbaine	2,3	-	-	2019	µg/m ³
	Marseille Place Verneuil	Fond Urbaine	1,4	-	-		
Ozone (O ₃)	Marseille Longchamp	Fond Urbaine	58,1	-	-	2019	µg/m ³

D'après le document « Porter à connaissance – Qualité de l'air 2021 » d'AtmoSud (Juillet 2022) :

Ces 20 dernières années une baisse des concentrations est observée en région Provence-Alpes-Côte-d'Azur pour le dioxyde d'azote, les particules (PM10 et PM2,5) ainsi que le dioxyde de soufre. Cette évolution est présentée dans le graphique ci-contre¹. Il faut noter que l'ozone tend vers une augmentation des concentrations au fil des ans.

Cette diminution, selon AtmoSud, est due à la réduction des émissions dans tous les secteurs d'activité en raison des changements réglementaires et des initiatives mises en place dans les territoires, telles que les Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA).

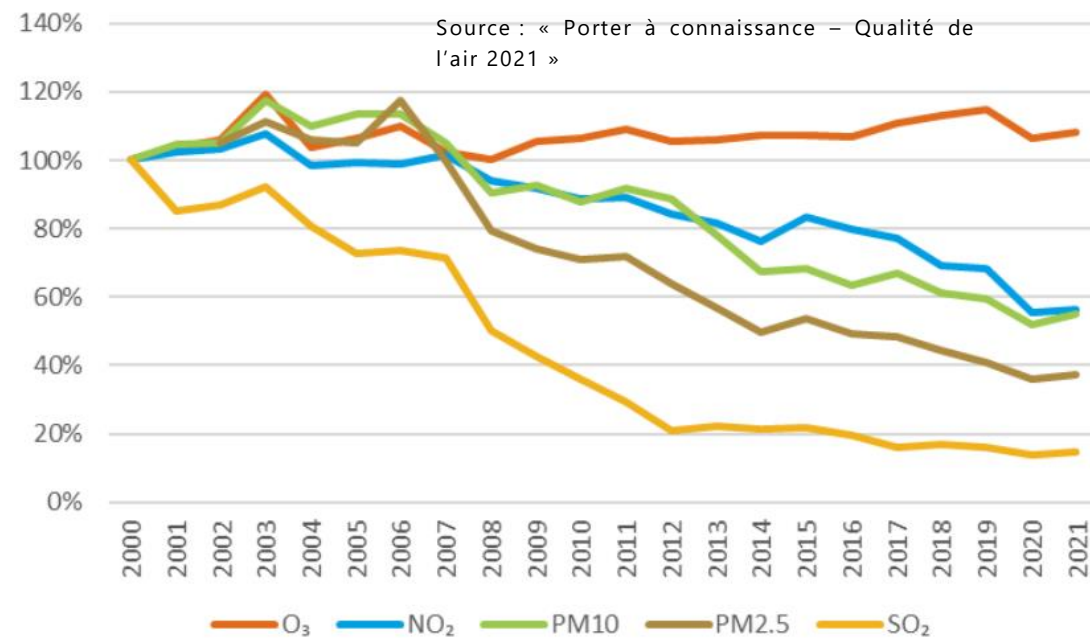


Figure 26 : Évolution des concentrations de polluants réglementés par rapport à l'année de référence 2000 (base 100) en région Provence-Alpes-Côte-d'Azur - AtmoSud

IV.3.3. Concentrations modélisées par l'AASQA dans la zone d'étude

Les cartes ci-après présentent les concentrations moyennes 2019 en particules (PM10 et PM2,5) et en NO₂ modélisées par AtmoSud dans la zone étudiée.

Selon AtmoSud, dans la ville de Marseille, c'est à proximité des axes routiers que les concentrations les plus élevées en dioxyde d'azote sont observées, avec une population d'autant plus exposée dans la ville selon la configuration des bâtiments. En effet, au niveau des grandes agglomérations et des sections interurbaines, le trafic reste important, même si des aménagements et des efforts sont réalisés (L2, augmentation de l'offre des transports en commun, requalification de quartier – Eco quartiers, de voirie, BHNS²).

Ainsi, dans la bande d'étude, il est observé le long des axes des dépassements de la valeur limite réglementaire en NO₂ (40 µg/m³) ainsi que des dépassements de l'objectif de qualité des particules PM10 (30 µg/m³) et des PM2,5 (10 µg/m³).

Il faut noter que globalement sur le territoire modélisé par AtmoSud, les concentrations dépassent les valeurs seuils mises à jour de l'OMS pour le dioxyde d'azote et les particules.

¹ D'après le document « Porter à connaissance – Qualité de l'air 2021 » d'AtmoSud (Juillet 2022) : « Le graphe est construit à partir des données d'observations dans les stations de mesures. Le point annuel est obtenu à partir des mesures du polluant considéré, moyennées sur l'ensemble des stations. La moyenne de l'année 2000 est ramenée à une base de 100%. Les évolutions sur les années suivantes sont construites en calculant les moyennes des pentes pour éviter l'influence des arrêts et démarrage de mesures et rendre compte de la tendance générale pour l'ensemble de la région. »

² BHNS : Bus à Haut Niveau de Service.



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet
 Dioxyde d'azote - Concentrations annuelles 2019 modélisées par AtmoSud

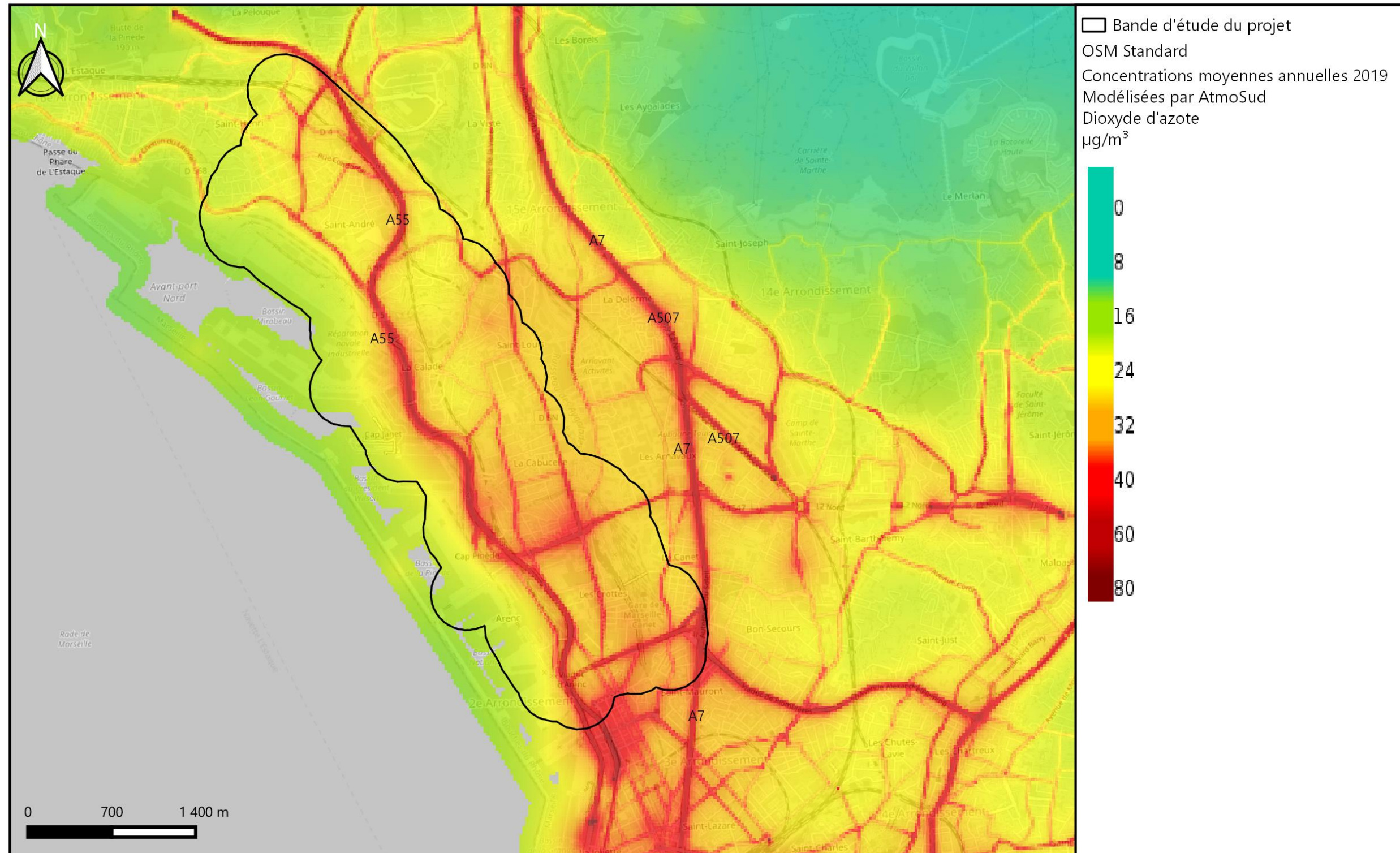


Figure 27 : Concentrations moyennes annuelles 2019 en dioxyde d'azote dans la zone étudiée – Modélisées par AtmoSud



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet
 Particules PM10 - Concentrations annuelles 2019 modélisées par AtmoSud

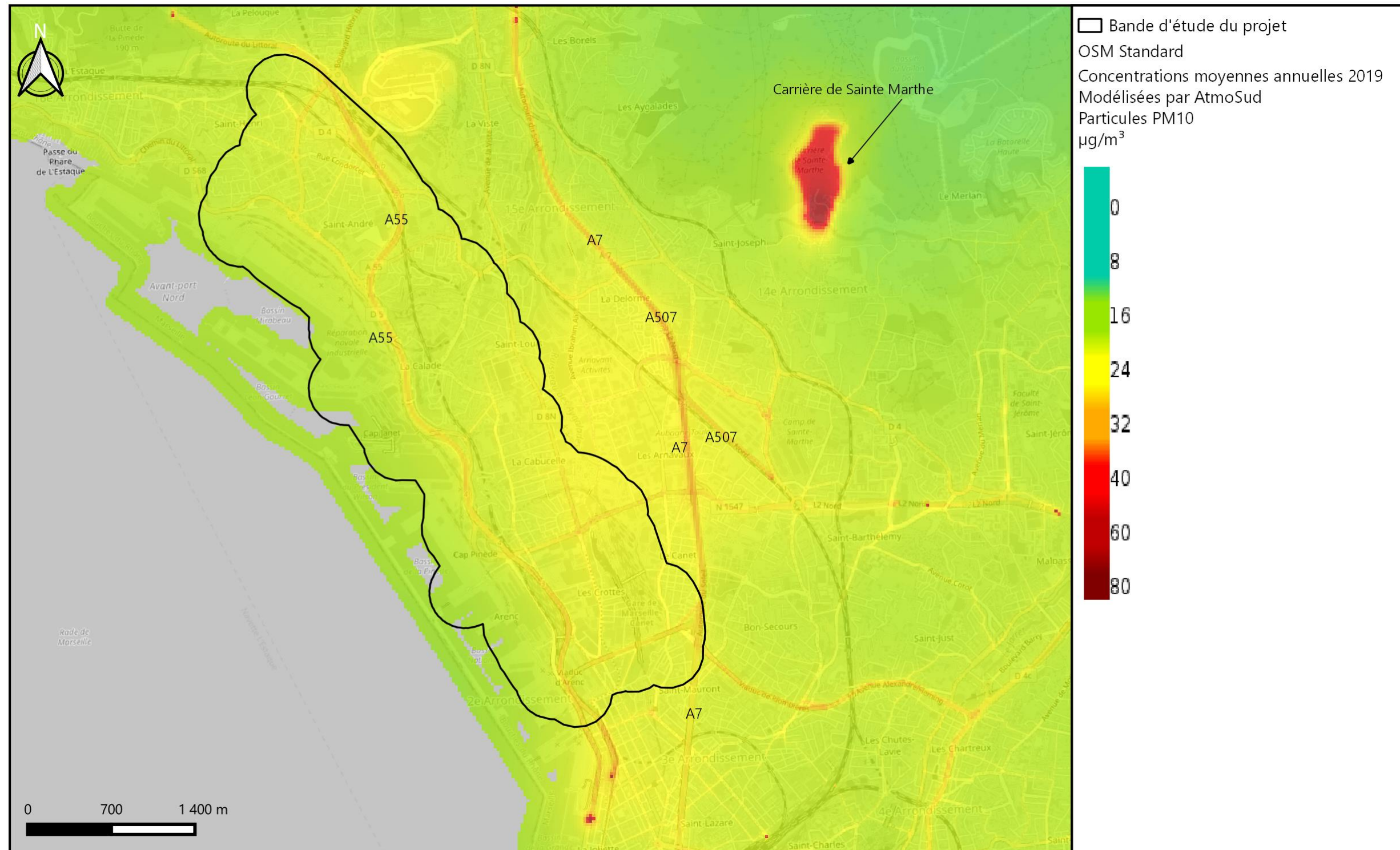


Figure 28 : Concentrations moyennes annuelles 2019 en particules PM10 dans la zone étudiée – Modélisées par AtmoSud



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet
 Particules PM2,5 - Concentrations annuelles 2019 modélisées par AtmoSud

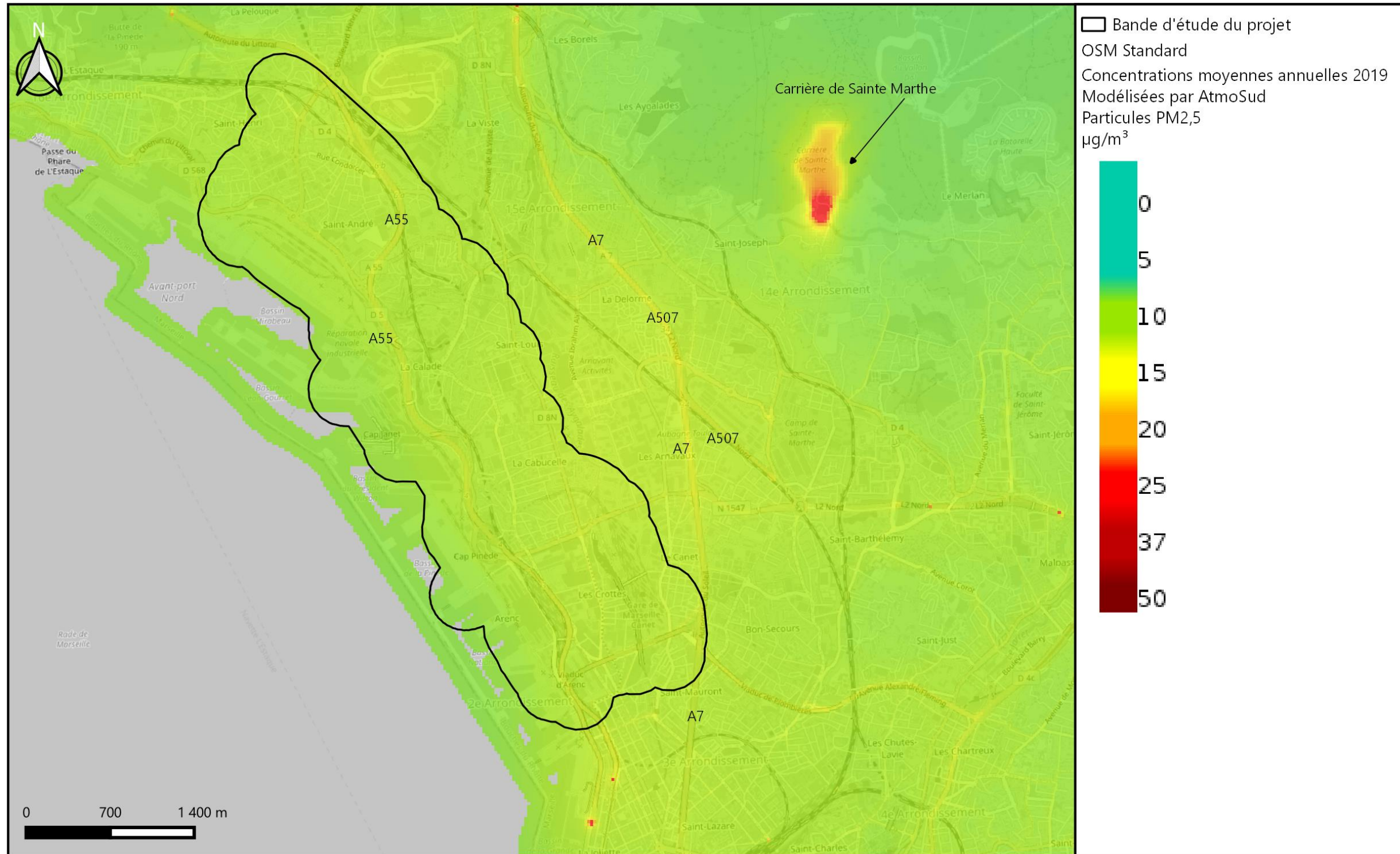


Figure 29 : Concentrations moyennes annuelles 2019 en particules PM2,5 dans la zone étudiée – Modélisées par AtmoSud

IV.4. Mesures réalisées *in situ*- hors période COVID-19

Des campagnes de mesures ont été réalisées en été 2020 et en hiver 2021, et donc sont susceptibles de ne pas être représentatives des conditions normales de trafic routier : Celles-ci ont eu lieu dans le contexte de la pandémie de la COVID-19 qui a impacté les habitudes des usagers de véhicules (télétravail, restriction de déplacement, destination de vacances privilégiée dans le sud de la France...). Ainsi le MOA a décidé de réaliser deux nouvelles campagnes de mesures, afin d'actualiser l'état initial de la qualité de l'air.

Ce rapport fait état des deux campagnes réalisées en période chaude 2022 et en période froide 2023.

Tableau 13 : Campagne de mesures réalisées hors COVID-19 – État initial de la qualité de l'air

Période froide	Période chaude	Méthode de prélèvement	Composés et paramètres mesurés	Nombre de sites
12/01/23 -	20/07/22 -	Tubes passifs PASSAM	NO ₂	25
13/02/23 -	17/08/22 -	Capteur passif de particules PASSAM	Particules PM10	3
12/01/23 -	20/07/22 -			
26/01/23	03/08/22			

IV.4.1. Méthodologie d'étude

Ces campagnes de mesures se sont intéressées aux principaux polluants d'origine automobile que sont le dioxyde d'azote (NO₂) ainsi que les particules (PM10). Ces polluants ont été mesurés sur deux périodes de :

- 4 semaines à l'aide d'échantillonneurs passifs pour les composés gazeux,
- 15 jours pour les particules (PM10).

Cette technique de mesure permet d'obtenir une évaluation de la concentration atmosphérique moyenne sur cette durée.

La méthodologie d'échantillonnage consiste à la suspension des échantillonneurs passifs dans une boîte qui les protège des intempéries. Ces boîtes sont placées à une hauteur de 2 à 2,5 mètres du sol, en suspension libre, aux endroits de mesures choisis.

Au total, 25 points de mesures ont été équipés. Les points ont été répartis sur l'ensemble de la zone d'étude afin de caractériser au mieux la qualité de l'air du secteur.

Ainsi lors de cette étude, plusieurs types de sites sont représentés :

- Périurbain fond : 1 site de mesures ;
- Urbain fond : 2 sites de mesures ;
- Urbain trafic : 17 sites de mesures ;
- Périurbain trafic : 5 sites de mesures

Le détail des sites de mesures, leur typologie ainsi que les polluants mesurés sont présentés dans le tableau ci-après et seront détaillés plus amplement en Annexe XVIII.2.

Tableau 14 : Typologie et influence des sites de mesures et polluants d'intérêts

Numéro du point de mesures	Typologie et influence	Polluants mesurés
1	Urbain Trafic	NO ₂ + PM10
2	Urbain Trafic	NO ₂
3	Urbain Trafic	NO ₂
4	Urbain Trafic	NO ₂
5	Urbain Trafic	NO ₂
6	Périurbain Trafic	NO ₂
7	Périurbain Trafic	NO ₂ + PM10
8	Urbain Fond	NO ₂
9	Urbain Trafic	NO ₂
10	Urbain Trafic	NO ₂
11	Urbain Trafic	NO ₂
12	Urbain Trafic	NO ₂
13	Urbain Trafic	NO ₂
14	Périurbain Trafic	NO ₂
15	Périurbain Trafic	NO ₂
16	Urbain Trafic	NO ₂
17	Urbain Trafic	NO ₂
18	Périurbain Fond	NO ₂ + PM10
19	Urbain Trafic	NO ₂
20	Urbain Trafic	NO ₂
21	Urbain Trafic	NO ₂
22	Urbain Trafic	NO ₂
23	Périurbain Trafic	NO ₂
24	Urbain Trafic	NO ₂
25	Urbain Fond	NO ₂

Le long des axes routiers, des transects ont été installés : c'est à dire plusieurs points de mesures rapprochés s'éloignant progressivement de l'axe. Le but est d'étudier l'influence de la route sur la dispersion atmosphérique.

Ainsi, dans cette étude, 2 demi-transects ont été installés pour étudier l'influence de la route sur les concentrations en dioxyde d'azote locales :

- Transect 1 : 4 points de mesures perpendiculaires au chemin du littoral (partie ouest de la RD568 : points de mesures numéros 1, 2, 3 et 4) ;
- Transect 2 : 3 points de mesures perpendiculaires à la partie est du chemin du littoral (RD568 : points de mesures numéros 9, 10 et 11) ;

IV.4.2. Localisation des points de mesures

La cartographie ci-dessous présente les points de prélèvements passifs déployés lors des campagnes de mesures, ainsi que les polluants qui y sont mesurés.

Les fiches de mesures en Annexe XVIII.2XVIII détaillent plus amplement les caractéristiques de chaque point de mesures.

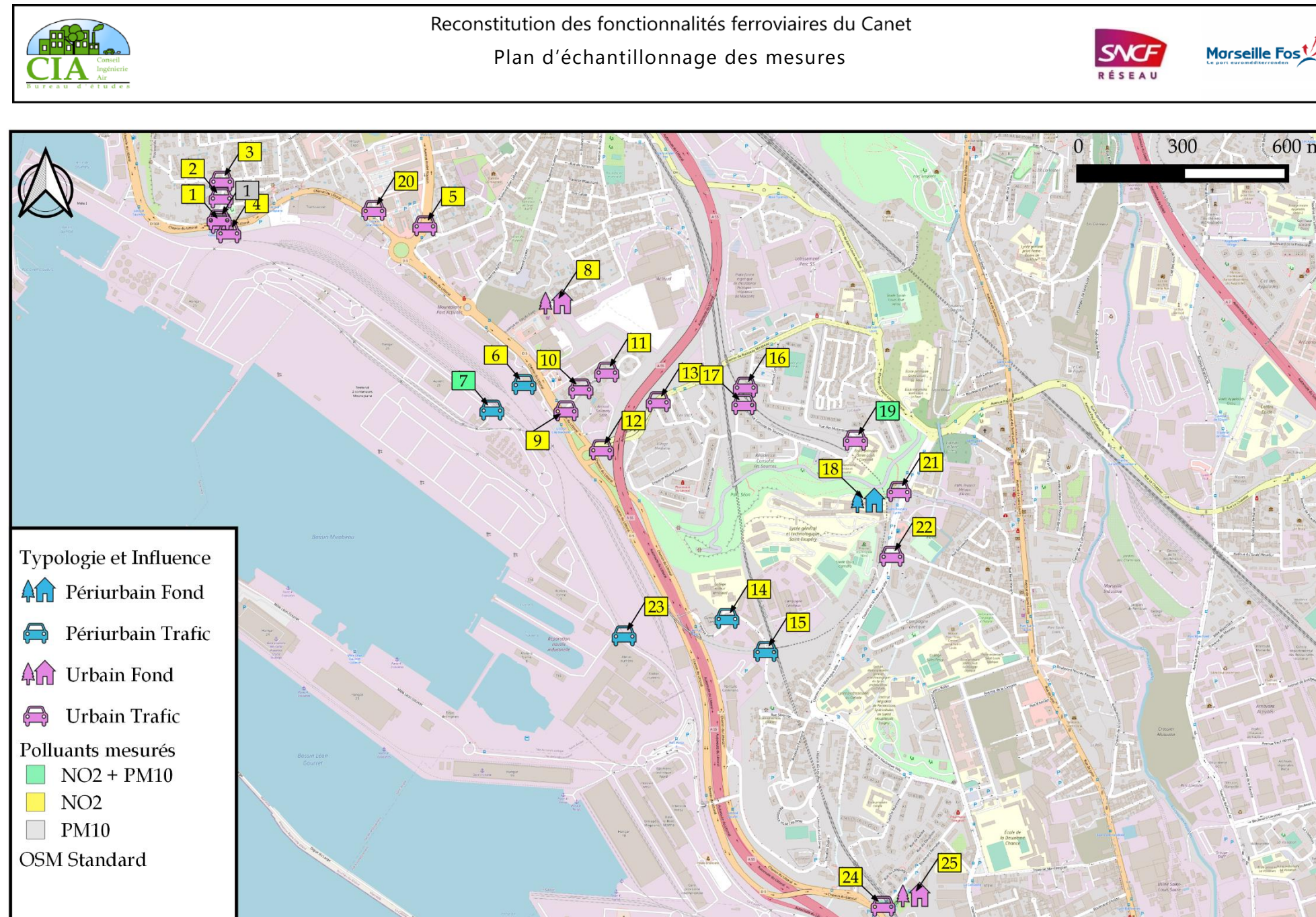


Figure 30 : Cartographie de la position des sites de prélèvements passifs, détail des composés mesurés

IV.4.3. Conditions météorologiques

La qualité de l'air dépend de l'émission de substances polluantes par différentes sources comme les industries, les transports, les sources tertiaires et domestiques mais dépend également des conditions météorologiques. En effet, la climatologie (vitesse et direction du vent, température, rayonnement, pression atmosphérique...) influence le transport, la transformation et la dispersion des polluants.

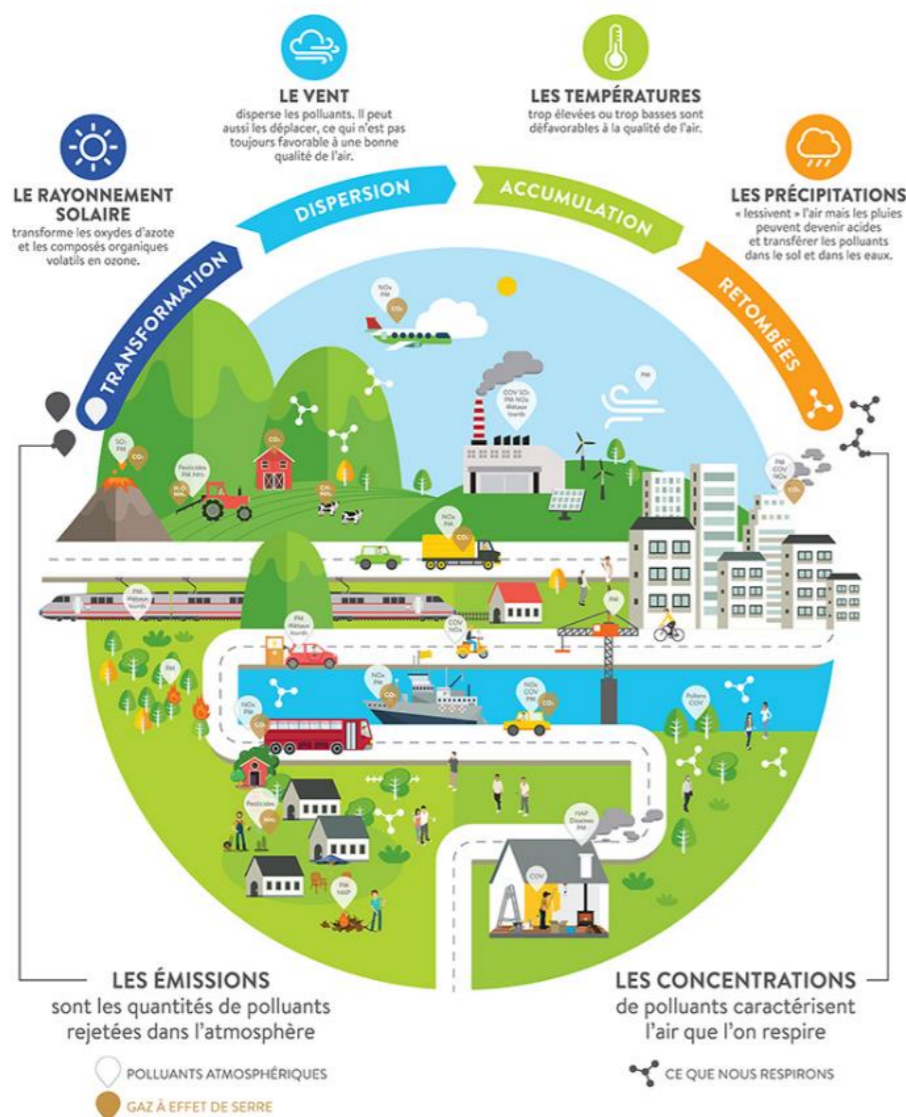


Figure 31 : Influence des conditions météorologiques sur la dispersion des polluants –
Source : ATMO Auvergne Rhône Alpes

La pluie et les vents forts sont généralement bénéfiques pour la qualité de l'air puisque les précipitations « lessivent » l'atmosphère et que les vents « balayent » la pollution en éloignant les polluants, ce qui mène en général à une diminution des concentrations des polluants émis localement.

Les températures, trop élevées ou trop basses sont défavorables à la qualité de l'air. La température agit à la fois sur la chimie et les émissions des polluants. Ainsi certains composés voient leur volatilité augmenter avec la température, c'est le cas des composés organiques volatils. **Le froid, lui, augmente les rejets automobiles** du fait d'une moins bonne combustion. **La chaleur estivale et l'ensoleillement favorisent les processus photochimiques, comme la formation d'ozone.**

Des phénomènes de masses d'air chaudes bloquées sous des masses d'air froides, appelé phénomène d'inversion de température, vont favoriser la stagnation des polluants émis localement (également soumis aux réactions photochimiques en cas de fort ensoleillement) et contribuer à la dégradation de la qualité de l'air.

Les données météorologiques tri horaires mesurées en continu à la station Météo France de Marignane (13), ont été analysées sur la période du 20/07/2022 au 17/08/2022 ainsi que sur la période du 12/01/2023 au 13/02/2023, pour les paramètres suivants :

- Températures,
- Pluviométrie,
- Force et direction du vent.

Dans l'ensemble, les conditions météorologiques ont été différentes des conditions moyennes d'expositions de la zone d'étude pour les périodes de mesures, avec des précipitations moins importantes, des températures plus élevées et des vents dominants habituellement minoritaires (uniquement en période chaude).

Les conséquences de ces différences météorologiques par rapport aux normales sont :

- De par les températures plus élevées en période chaude : Des concentrations plus élevées (photochimie) ;
- De par les températures plus élevées en période froide : Des concentrations moins élevées (moins de chauffage, moins d'émissions automobiles, meilleure dispersion atmosphérique) ;
- De par les précipitations moins récurrentes : Des concentrations plus élevées (le phénomène de lessivage de l'atmosphère n'ayant pas lieu) ;
- De par les conditions de vents différentes (uniquement en période chaude) : Cela peut avoir un impact sur la qualité de l'air locale suite à l'apport de polluants atmosphériques de différentes sources. En revanche il n'est pas possible d'estimer cet impact sur des données mensuelles ;

Campagne période chaude

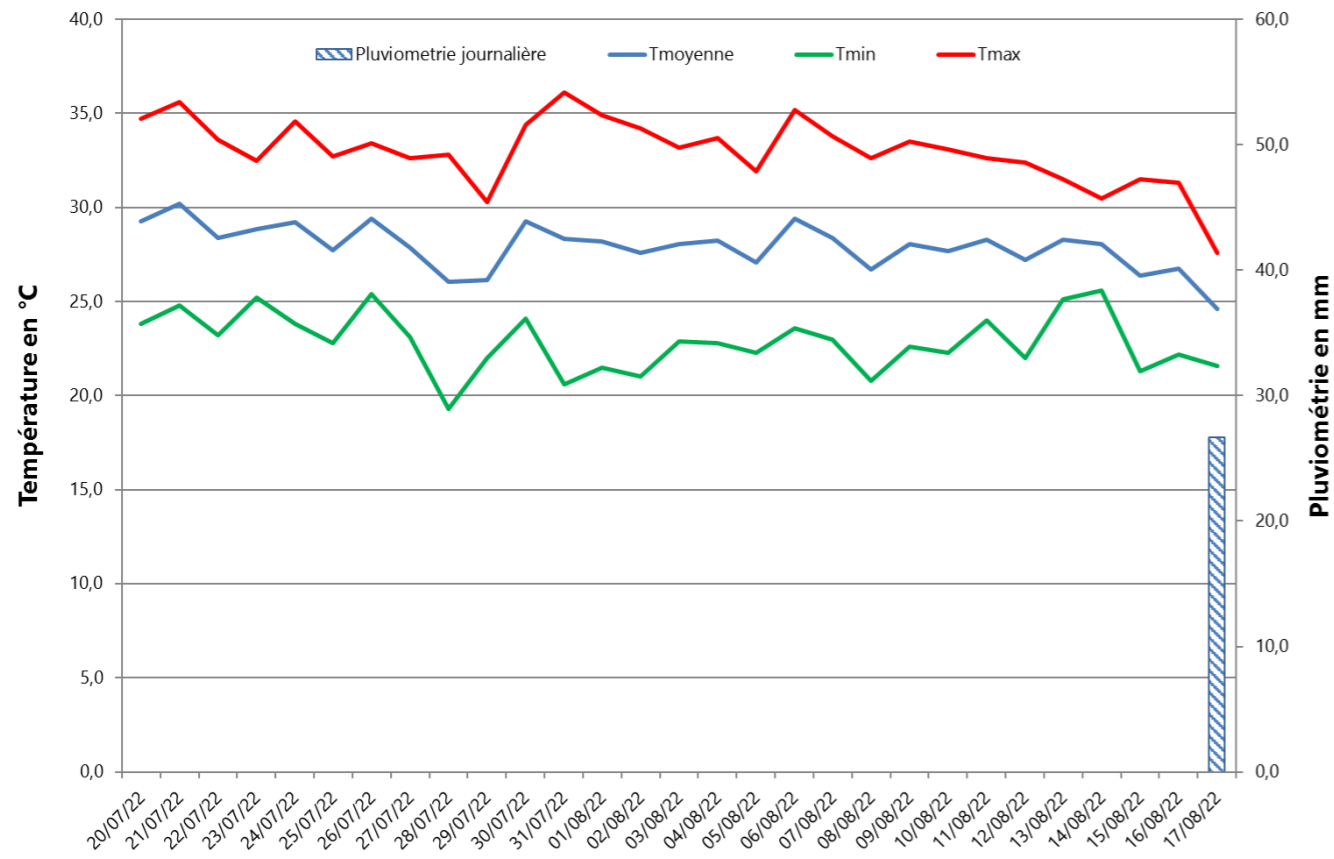


Figure 32 : Variations de températures et précipitations durant la campagne de mesures

Source : Météo France – Station Marignane (13)

Tableau 15 : Comparaison des données météo durant la campagne de mesure aux normales mensuelles de juillet-août à la station Météo France Marignane (13)

	Campagne	Normales mensuelles juillet-août
Température moyenne (°C)	27,9	25,1
Moyenne des températures maximales (°C)	33,0	30,6
Moyenne des températures minimale (°C)	22,9	19,6
Température quotidienne la plus élevée (°C)	36,1	39,5
Température quotidienne la plus basse (°C)	18,9	8,0
Hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm)	26,7	68,6
Hauteur des précipitations (moyenne en mm)	26,7	18,3
Nombre de jours de pluie	1,0	2,1

Source : Météo France – Données climatologiques - Station – Marignane (13)

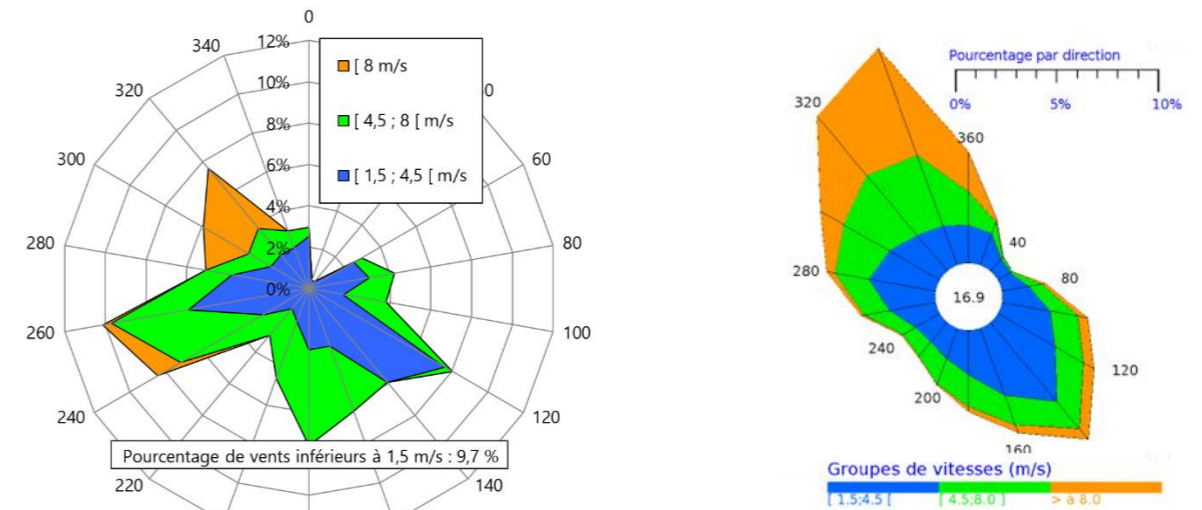


Figure 33 : Rose des vents observés durant la campagne de mesure période chaude du 20/07/2022 au 17/08/2022 à la station Météo France Marignane (13)

Figure 34 : Rose des vents normales de la station Marignane - Période 1991-2010

Source : Météo France

Source Météo France

Les moyennes journalières des températures s'échelonnent entre 24,6°C et 30,2°C. La température moyenne durant la campagne de mesure est de 27,9°C, et la température normale moyenne en juillet-août est de 25,1°C. **Les températures observées durant la campagne sont donc supérieures aux moyennes mensuelles habituelles. En conséquence du réchauffement climatique les températures augmentent globalement sur le territoire. Cette augmentation des températures et épisodes caniculaires peuvent favoriser des concentrations atmosphériques plus élevées.**

Concernant les précipitations, il n'y a eu qu'un jour de pluie durant la campagne avec une hauteur de précipitations de 26,7 mm. **Ainsi, on peut conclure que les précipitations durant la campagne de mesures étaient moins récurrentes que la normale. Cela peut engendrer un lessivage moindre de l'atmosphère et des concentrations en particules fines plus importantes notamment.**

Des vents modérés de secteur Ouest ainsi que des vents modérés du Sud ont majoritairement soufflé durant la campagne. Des vents plus fort du Nord-Ouest ont également été observés (Mistral) mais moins fréquemment, ainsi que des vents faibles du Sud-Est. Les vents dominants sur la période de la campagne ne sont donc pas les vents dominants de rose des vents normale moyennés sur 20 ans de la station Météo France Marignane. **Les vents observés durant la campagne sont peu représentatifs des conditions de vent habituelles locales.**

Campagne période froide

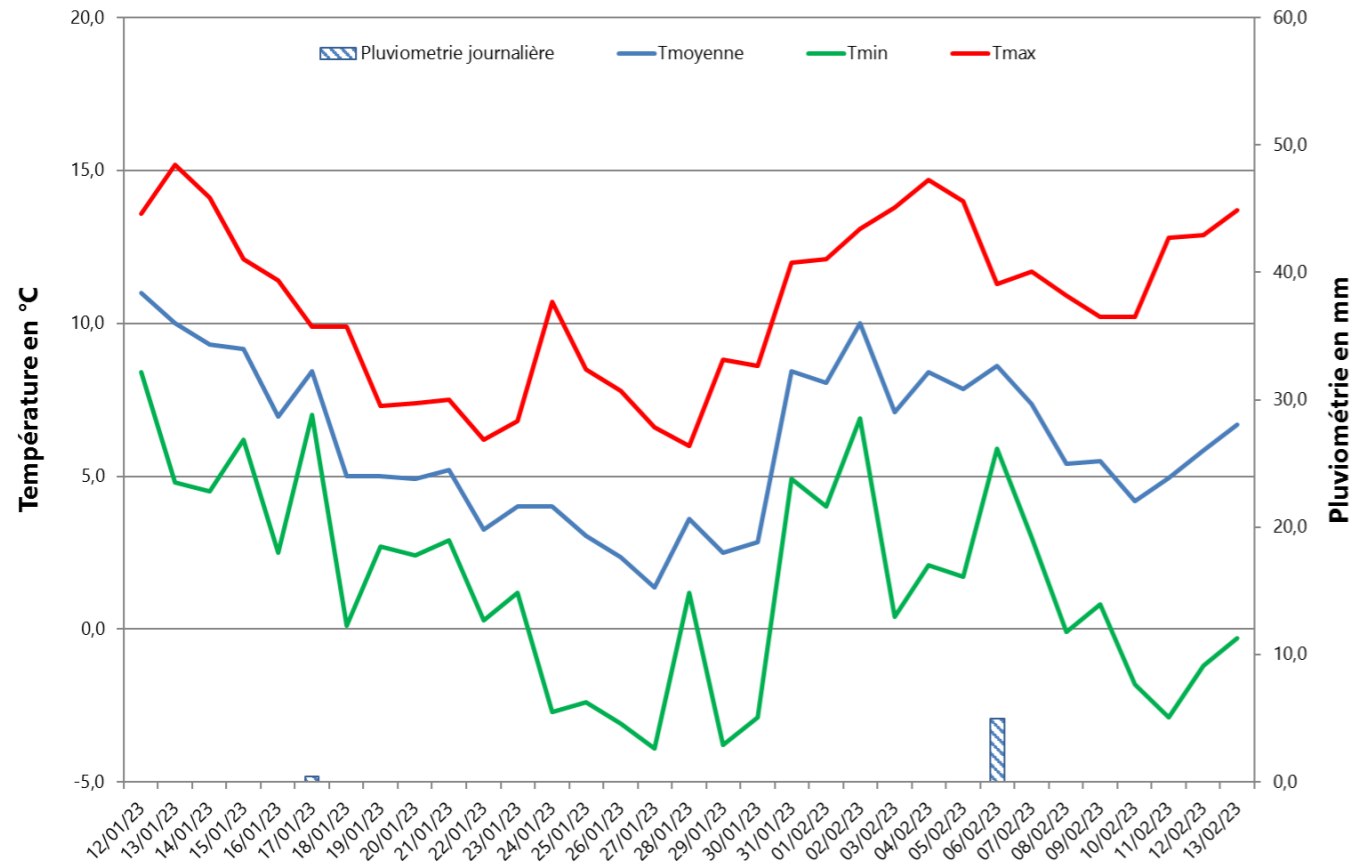


Figure 35 : Variations de températures et précipitations durant la campagne de mesures

Source : Météo France – Station Marignane (13)

Tableau 16 : Comparaison des données météo durant la campagne de mesure aux normales mensuelles de janvier-février à la station Météo France Marignane (13)

	Campagne	Normales mensuelles Janvier-février
Température moyenne (°C)	6,1	2,5
Moyenne des températures maximales (°C)	10,7	7,6
Moyenne des températures minimale (°C)	1,5	-2,7
Température quotidienne la plus élevée (°C)	15,2	20,3
Température quotidienne la plus basse (°C)	-3,9	-19,0
Hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm)	5,0	55,8
Hauteur des précipitations (moyenne en mm)	5,4	48,5
Nombre de jours de pluie	2,0	5,4

Source : Météo France – Données climatologiques - Station – Marignane (13)

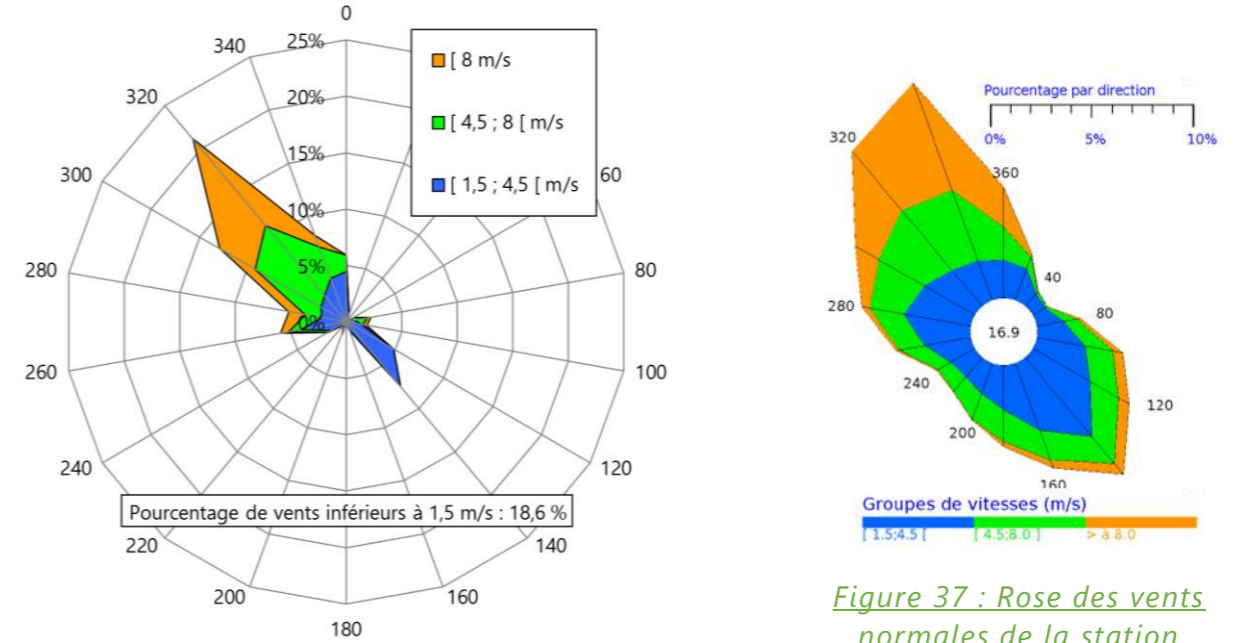


Figure 36 : Rose des vents observés durant la campagne de mesure période froide du 12/01/2023 au 13/02/2023 à la station Météo France Marignane (13)

Source : Météo France

Figure 37 : Rose des vents normales de la station Marignane - Période 1991-2010

Source Météo France

Les moyennes journalières des températures s'échelonnent entre 1,4°C et 11,0°C. La température moyenne durant la campagne de mesure est de 6,1°C, et la température normale moyenne en janvier-février est de 2,5°C. **Les températures observées durant la campagne sont donc supérieures aux moyennes mensuelles habituelles. En conséquence du réchauffement climatique les températures augmentent globalement sur le territoire. Des températures plus élevées en période froide peuvent favoriser des concentrations atmosphériques plus faibles que la normale.**

Concernant les précipitations, il n'y a eu que deux jours de pluie durant la campagne avec une hauteur de précipitations de 5,4 mm seulement, contre 48,5mm habituellement pour 5,4 jours de pluie. **Les précipitations durant la campagne de mesures étaient moins récurrentes et moins abondantes que la normale. Cela peut engendrer un lessivage moindre de l'atmosphère et des concentrations en particules fines plus importantes.**

Des vents modérés et forts de secteur Nord-Ouest ont majoritairement soufflé durant la campagne. Des vents plus faibles et moins récurrents du Sud-Est ont également été observés. Les conditions de vents lors de la campagne sont conformes à la rose des vents normale moyennés sur 20 ans de la station Météo France Marignane. **Les vents observés durant la campagne sont représentatifs des conditions de vent habituelles locales.**

IV.4.4. Interprétation des résultats

Cette partie présentant la moyenne des résultats des deux campagnes de mesures (période chaude et période froide : saisons contrastées), sur une durée équivalente à 16% d'une année : la concentration calculée est pas représentative de la concentration moyenne annuelle.

Les résultats détaillés sont présentés en Annexe XVIII.1.

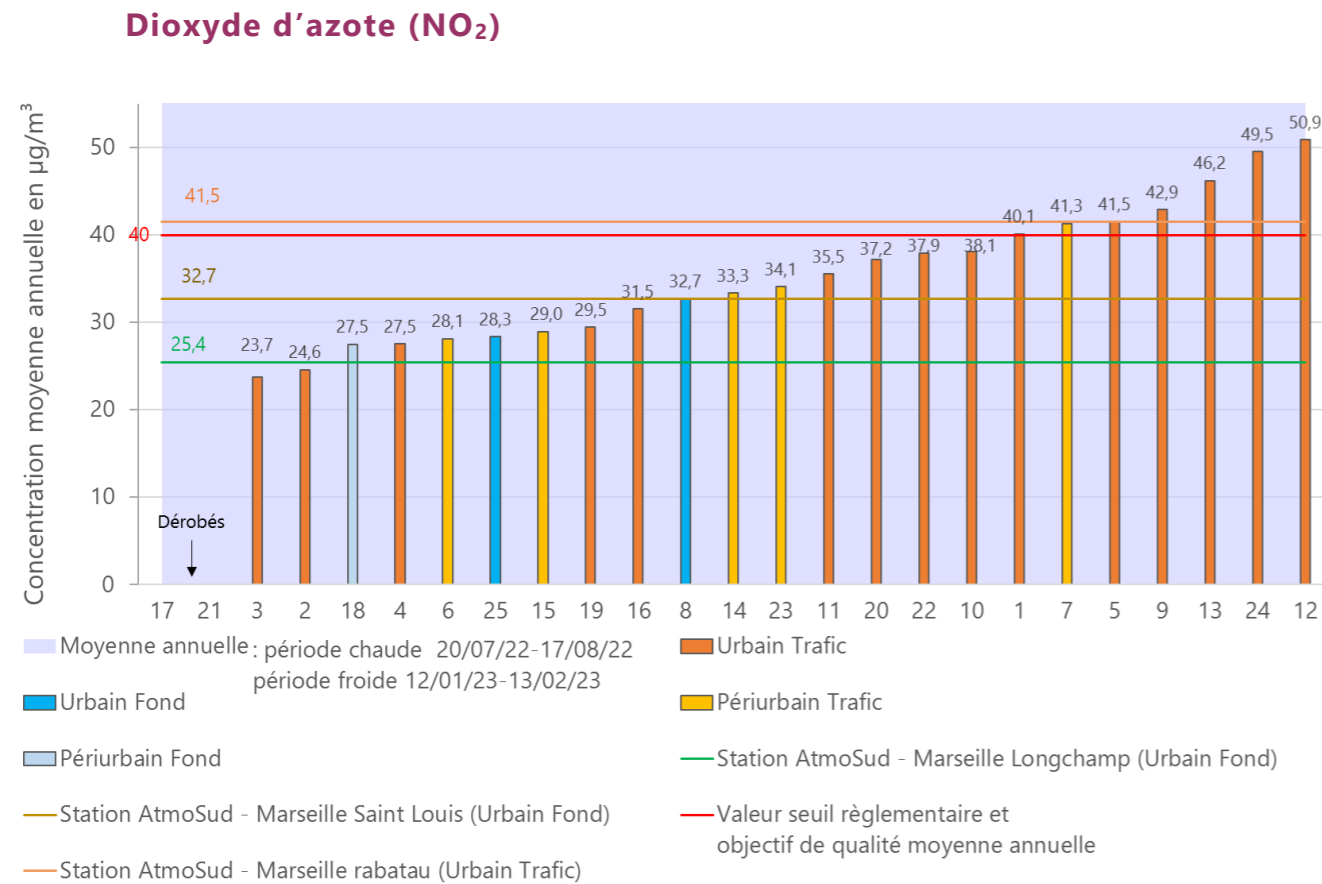


Figure 38 : Concentrations moyennes annuelles en NO₂ mesurées par tubes passifs

Les concentrations issues de l'analyse brute du laboratoire PASSAM ont été corrigées comme préconisé dans le guide de référence « Échantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote » de l'ADEME (2002) : les résultats bruts ont été multipliés par un coefficient de 0,901 afin d'être représentatifs des concentrations réelles.

Les concentrations moyennes annuelles les plus élevées en dioxyde d'azote sont mesurées sur les sites urbains trafic. Avec des concentrations annuelles atteignant un maximum de 50,9 µg/m³ au point de mesures numéro 12.

La concentration moyenne annuelle la plus faible est observée au site urbain trafic numéro 3 avec 23,7 µg/m³.

Toutes les concentrations moyennes annuelles mesurées, à l'exception de celles du point 3 et du point 2, sont supérieures à la concentration sur la même période à la station de fond Marseille Longchamp (AtmoSud : 25,4 µg/m³).

En revanche, il faut noter que la concentration moyenne sur la période des campagnes à la station de fond Marseille Saint-Louis est également élevée avec 32,7 µg/m³. La station Saint-Louis étant situé à proximité de la bande d'étude elle est représentative des concentrations de fond locales. La présence de nombreux axes routiers très fréquentés dans la zone étudiée, impactant également les concentrations des points de fond.

Le site de fond numéro 8 relève une concentration moyenne annuelle (32,7 µg/m³) égale à la moyenne sur la période des campagnes à la station de fond Marseille Saint-Louis (AtmoSud : 32,7 µg/m³).

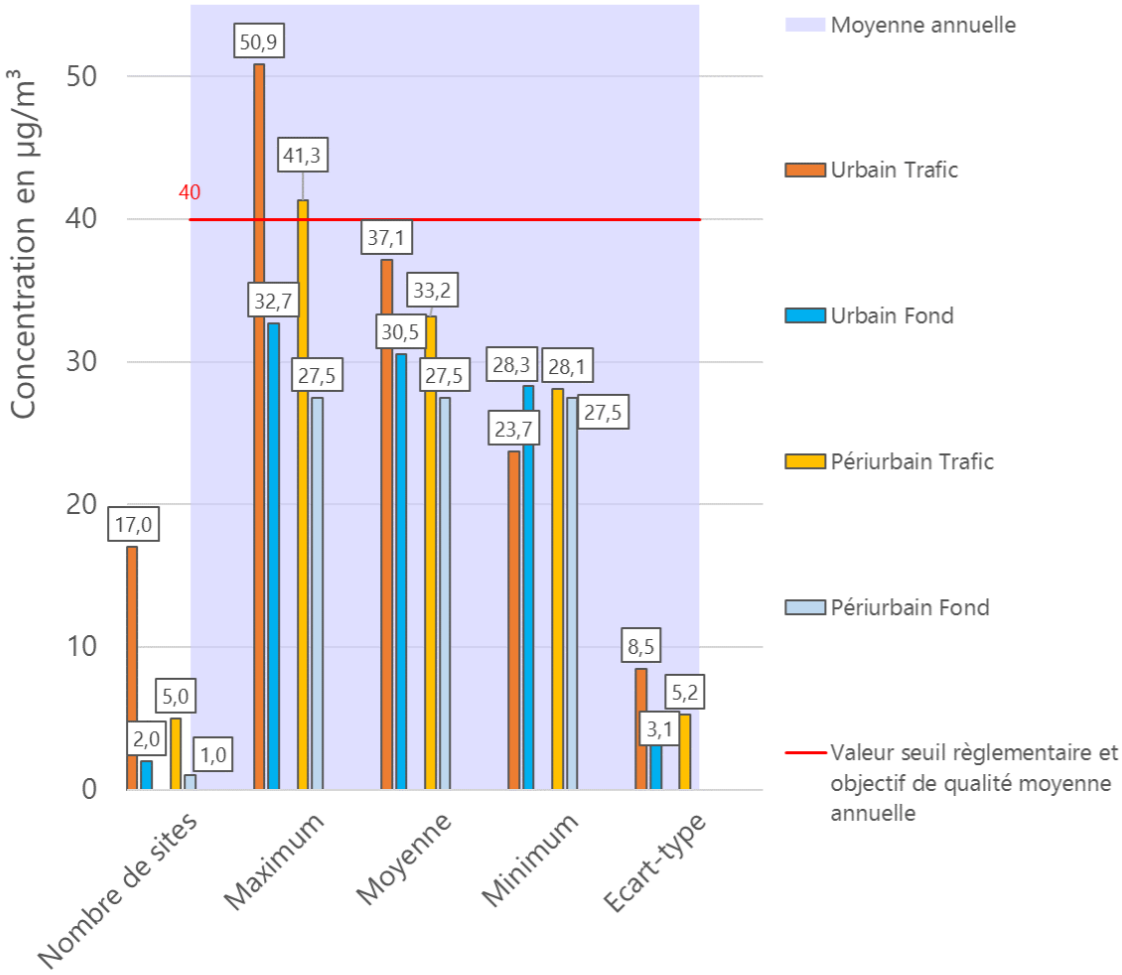
Sept des sites de mesures relèvent une concentration supérieure à 40 µg/m³ : la valeur seuil réglementaire annuelle et l'objectif de qualité (tous deux de 40 µg/m³ sont dépassés en ces points. Il s'agit des points numéros 1, 7, 5, 9, 13, 24, 12. Tous ces points sont sous l'influence du trafic routier.

Il faut noter que la valeur seuil réglementaire est également dépassée sur la moyenne relevée à la station d'AtmoSud Marseille Rabatau (station urbaine trafic : 41,5 µg/m³). Quatre des sites trafics (numéros 9, 13, 24 et 12) ont des concentrations supérieures à la concentration moyenne à Marseille Rabatau sur la même période. Cela démontre une grande influence du trafic routier en ces sites de mesures.

Tableau 17 : NO₂ : Statistiques par sites de différentes typologies sur les concentrations moyennes annuelles mesurées

µg/m ³	Urbain Trafic	Périurbain Trafic	Urbain Fond	Périurbain Fond
Nombre de sites	17	5	2	1
Maximum	50,9	41,3	39,1	
Moyenne	37,1	33,2	34,1	27,5
Minimum	23,7	28,1	29,2	
Ecart-type	8,5	5,2	7,0	-

Remarque : Uniquement deux sites urbain de fond et un seul site périurbain de fond – ce ne sont donc pas des statistiques représentatives dans ce cas mais des valeurs présentées à titre informatif



Statistiques sur les concentrations moyennes annuelles

Figure 39 : NO₂ : Statistiques par sites de différentes typologies sur les concentrations moyennes annuelles

Il est observé que la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale des sites trafics est importante, avec environ 27 µg/m³ de différence pour les sites urbains ;

La cartographie ci-après met en avant par un système de code couleur les gammes de concentrations moyennes annuelles mesurées sur chaque site de mesure.

Elle met en évidence que les concentrations en dioxyde d’azote sont globalement élevées, y compris en site de fond. Les concentrations les plus élevées dépassant la valeur seuil réglementaire sont localisées à proximité des axes routiers les plus fréquentés, à savoir :

- Chemin du littoral ;
- Avenue André Roussin ;
- Chemin du Ruisseau Mirabeau ;
- Autoroute A55 ;
- Voie interne du port ;

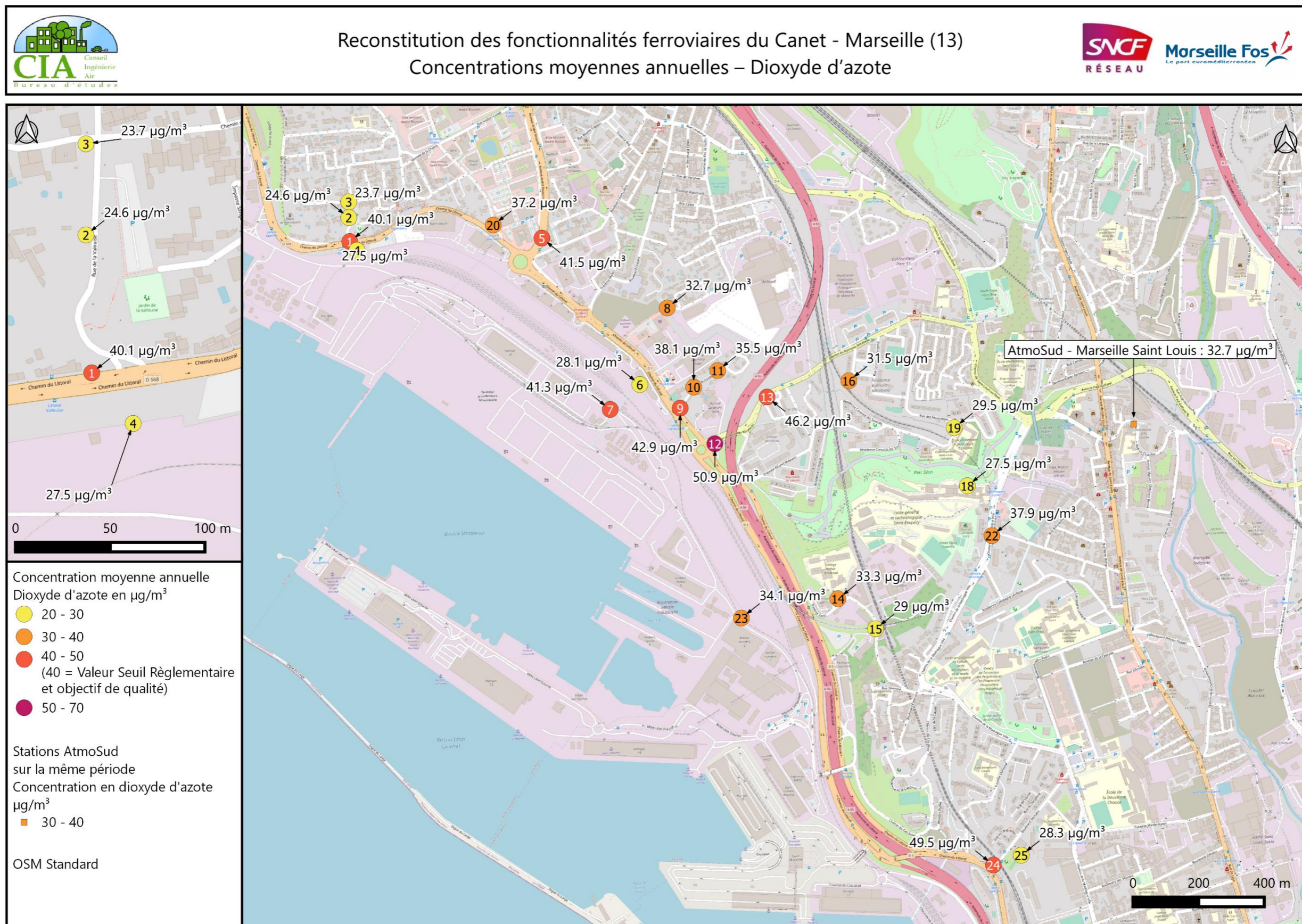


Figure 40 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles mesurées en dioxyde d'azote



Étude des transects

Le long des axes routiers, deux demi-transects ont été installés : c'est à dire plusieurs points de mesures rapprochés s'éloignant progressivement de l'axe.

Le but est d'étudier l'influence de la route sur la dispersion atmosphérique.

Les différents transects installés lors de cette étude sont détaillés dans le tableau ci-après et les résultats de ces mesures sont rassemblés graphiquement.

Tableau 18 : Transects installés le long des axes routiers, position, axe étudié et concentrations mesurées en NO₂

	Point	Concentration en µg/m ³			Distance (m)	Position des points
		Période froide	Période chaude	Moyenne annuelle calculée		
Transect 1 : Chemin du Littoral (RD568) Partie Ouest	4	24,9	30,1	27,5	-19,9	
	1	34,1	46,2	40,1	1	
	2	22,7	26,5	24,6	74,4	
	3	21,6	25,9	23,7	118,7	
Transect 2 : Chemin du Littoral (RD568) Partie Est	9	35,2	50,5	42,9	7,5	
	10	32,1	44,1	38,1	82	
	11	32,0	39,1	35,5	168	

Transect 1 : Placé de manière à étudier l'influence de la partie Ouest du chemin du Littoral (RD568), il est bien observé une diminution des concentrations en s'éloignant de l'axe, du point 1 jusqu'au point 3. Le point 4, de l'autre côté de la route, a une concentration supérieure à celles du point 2 et 3, car situé plus près de l'axe. Cette décroissance témoigne de l'influence de l'axe sur les concentrations locales, qui ne semble pas dépasser 115 mètres.

Transect 2 : Placé de manière à étudier l'influence de la partie Est du chemin du Littoral (RD568), il est bien observé une diminution des concentrations en s'éloignant de l'axe, du point 9 au point 10, puis jusqu'au point 11. Cette décroissance témoigne de l'influence de l'axe sur les concentrations locales. Toutefois, la concentration au point le plus éloigné reste élevée : il est possible que l'influence de l'axe continue au-delà de 160 mètres.

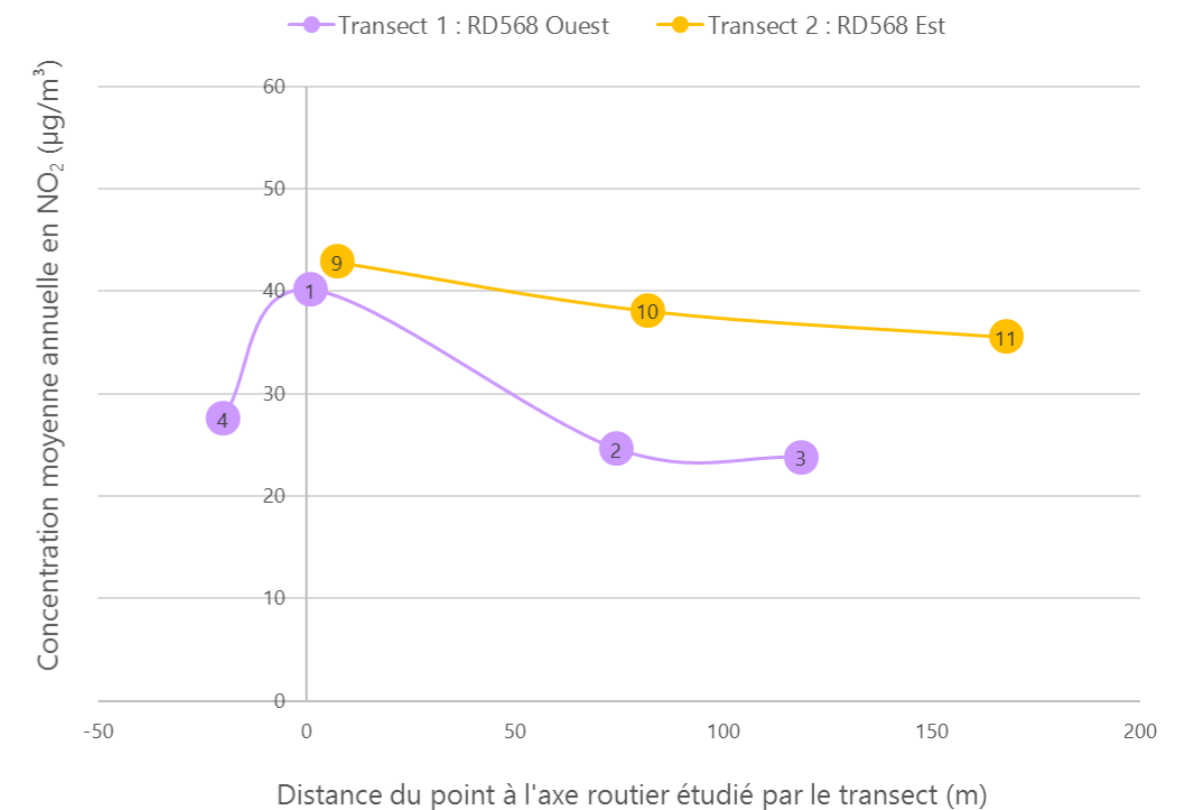


Figure 41 : Transects : Concentrations moyennes annuelles en NO₂ mesurées en fonction de la distance des points de mesure par rapport à l'axe routier étudié

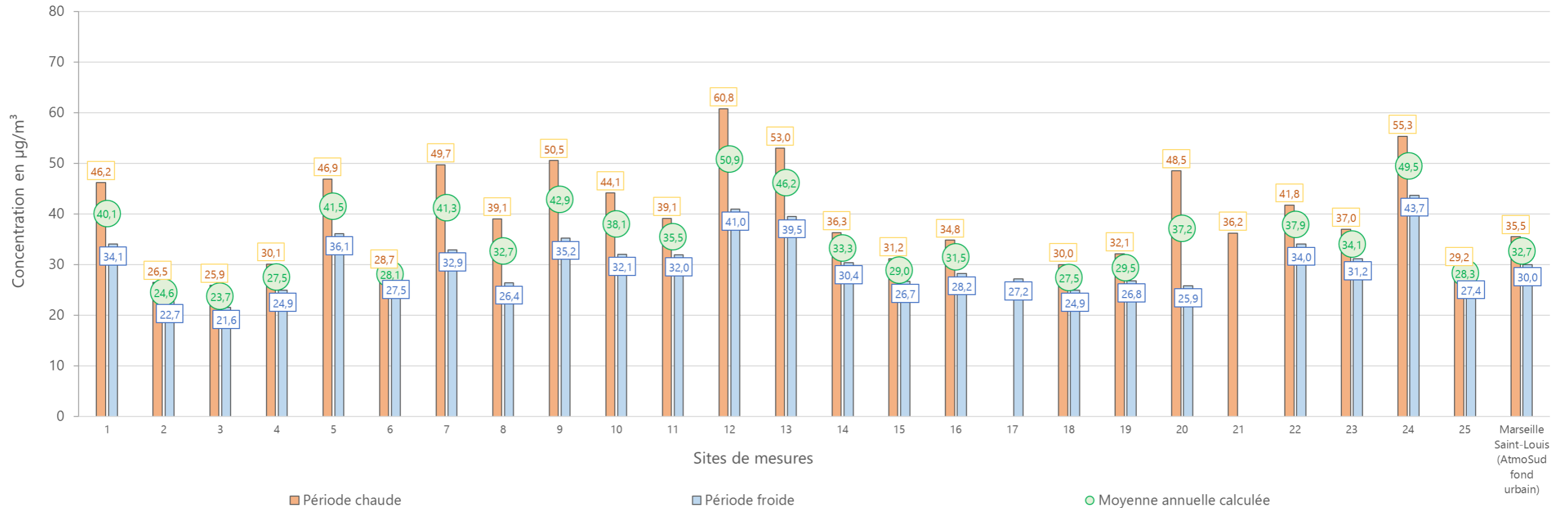


Figure 42 : Étude de la saisonnalité des concentrations en dioxyde d'azote

Le détail des concentrations mesurées et la moyenne annuelle calculée sont présentés dans le graphique ci-dessus.

Il est observé une saisonnalité inversée des concentrations en dioxyde d'azote, avec des concentrations en période chaudes plus élevées qu'en période froide à l'inverse de la saisonnalité habituelle des concentrations.

En effet, en période froide les concentrations sont habituellement plus élevées :

- Les émissions du trafic routier sont exacerbées par le froid ;
- Une nouvelle source émettrice s'ajoute (chauffage) ;
- Les conditions atmosphériques favorisent la stagnation des polluants émis localement (phénomène d'inversion de température) ;

Le même phénomène est observé à la station Marseille Saint-Louis d'AtmoSud.

L'étude des conditions météorologiques révèle en période chaude des températures plus élevées (favorisant la photochimie) favorisant des concentrations atmosphériques plus élevées. Tandis qu'en période froide, des températures plus élevées entraînent moins de chauffage, moins d'émissions routières et une meilleure dispersion des émissions locales.

Particules PM10



Figure 43 : Concentrations en PM10 mesurées par capteurs passifs pendant les campagnes réalisées en période chaude et en période froide et moyenne annuelle calculée

Les concentrations moyennes annuelles s'élèvent à 34,9 µg/m³ au site trafic numéro 1 et à 39,7 µg/m³ au site trafic numéro 7.

Pour des raisons logistiques le point 18 n'a pas pu être placé en période froide, la mesure a été effectuée au point 19 à proximité. Aucune moyenne annuelle ne peut être établie en ces points.

Ces concentrations moyennes annuelles sont inférieures à la valeur seuil réglementaire annuelle (40 µg/m³). Toutefois celles-ci sont supérieures à l'objectif de qualité annuel (30 µg/m³) et au seuil de recommandation annuel de l'OMS (15 µg/m³).

Sur les mêmes périodes de mesures, la concentration moyenne en PM10 aux stations d'AtmoSud est de :

- 24,6 µg/m³ au site de fond Marseille Longchamp ;
- 28,2 µg/m³ au site de fond Marseille Saint Louis ;
- 35,6 µg/m³ au site trafic Marseille Rabatau ;

La concentration mesurée au site trafic numéro 1 s'approche de la concentration à Marseille rabatau, tandis que la concentration au point 7 dépasse celle de Marseille rabatau.

La cartographie ci-après met en avant par un système de code couleur les gammes de concentrations mesurées sur chaque site de mesure.

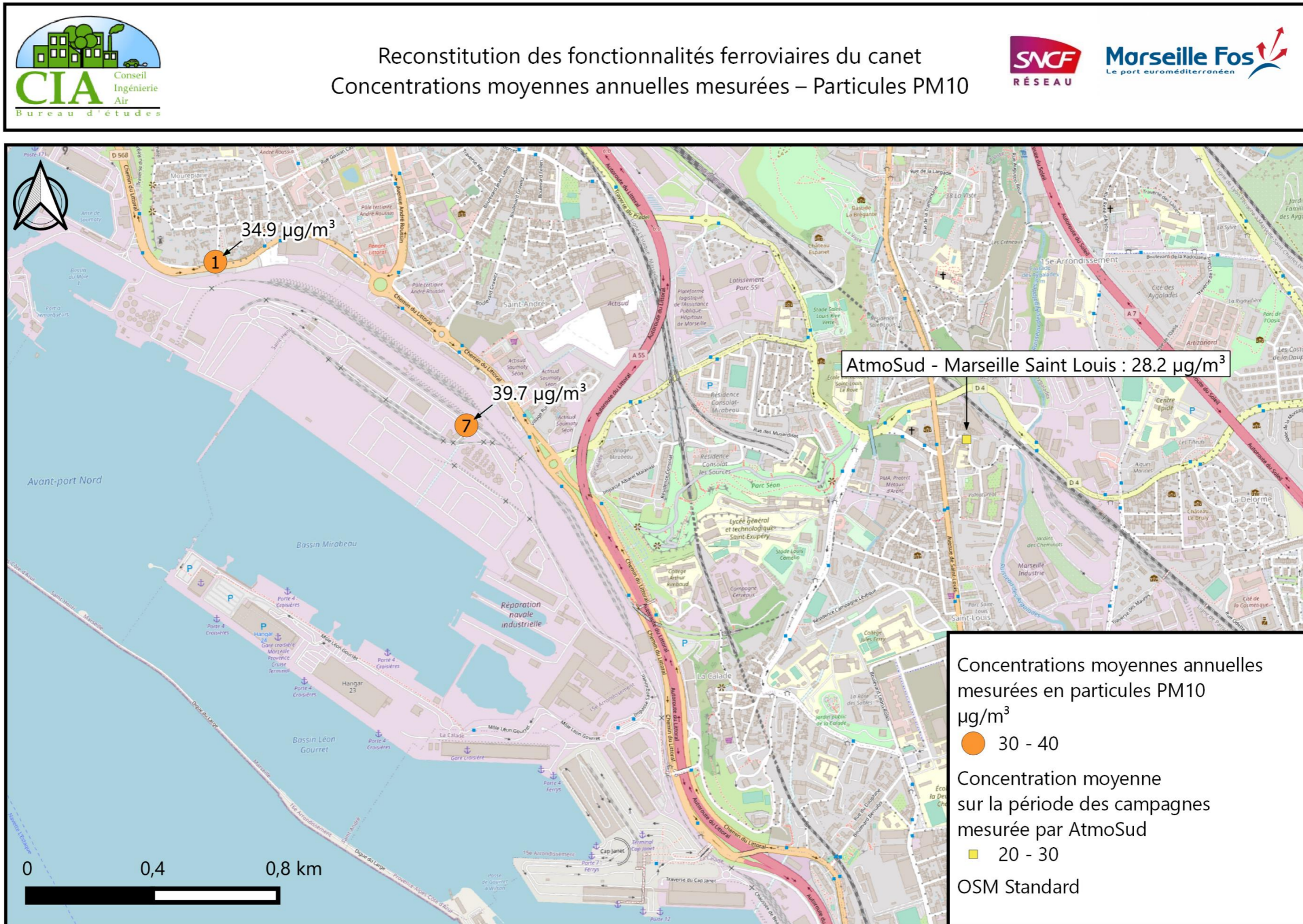


Figure 44 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles mesurées en particules PM10

La saisonnalité des concentrations en PM10 est ici inversée, avec des concentrations en période chaude plus élevées qu'en période froide. Habituellement le phénomène inverse est observé ?

Les concentrations en dioxyde d'azote étant relativement élevées en ces points en période chaude (entre $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $49,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$), l'impact du trafic routier en ces points est démontré et ne peut être écarté pour expliquer en partie ces concentrations de PM10 élevées.

Cependant, alors qu'entre le site de fond numéro 18 et les sites trafics numéros 7 et 1 une différence importante est notée sur les concentrations de dioxyde d'azote, les concentrations en particules sont équivalentes.

Le même phénomène est observé sur les concentrations mesurées par les stations AtmoSud en période chaude : le site de fond Marseille Saint Louis ($37,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a une concentration très proche du site trafic Marseille Rabatau ($38,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Ainsi une source extérieure au trafic routier contribue aux concentrations de particules lors de la période de la campagne.

Il faut noter également que :

- Les conditions météorologiques lors de cette campagne étaient favorables à l'accumulation de particules dans l'atmosphère (peu de lessivage par la pluie) ;
- De nombreux incendies ont eu lieu sur cette période dans les bouches du Rhône (47 feux de forêts, 46 ha brûlés au total) ;

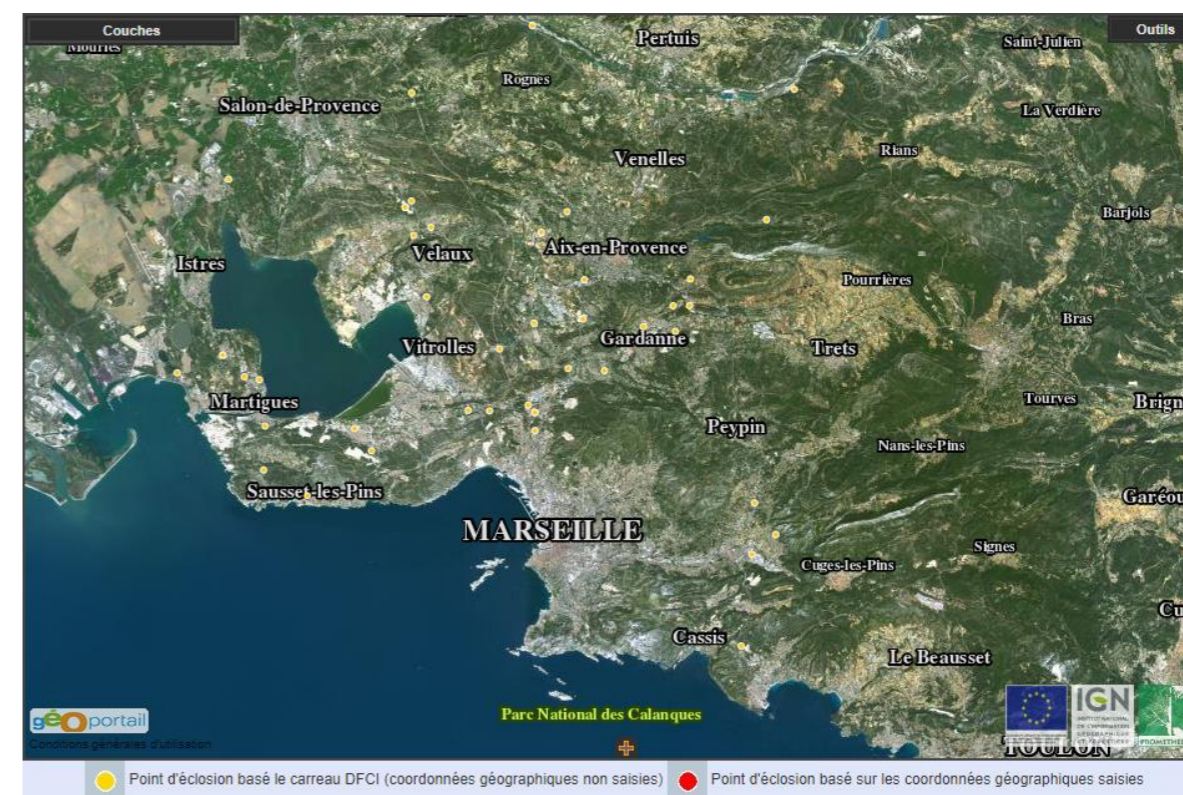


Figure 45 : Incendies (feu de forêt) sur la période de mesure des particules PM10 dans les Bouches-du-Rhône – Source PROMETHEE La banque de données sur les incendies de forêts en région Méditerranéenne en France – consultée le 12/10/2022

IV.4.5. Comparaison des mesures in situ : campagne 2020 et 2022

Afin d'établir un état initial de la qualité de l'air le plus précis possible, le MOA a décidé de renouveler les campagnes de mesures in situ : les précédentes ayant été réalisées dans une période teintée de restrictions liée à la COVID-19 ayant pu impacter les habitudes des usagers de la route et de ce fait les concentrations atmosphériques.

Les résultats des campagnes précédentes sont présentés en annexe XIX.2.

IV.4.5.1. Période chaude

Le graphique ci-dessous présente les concentrations en dioxyde d'azote mesurées lors des deux campagnes réalisées en période chaude : 2022 (hors restrictions liées à la COVID-19) et 2020 (possiblement impacté par la situation de crise sanitaire de la COVID-19). La comparaison est effectuée sur le dioxyde d'azote, traceur de la pollution du trafic routier.

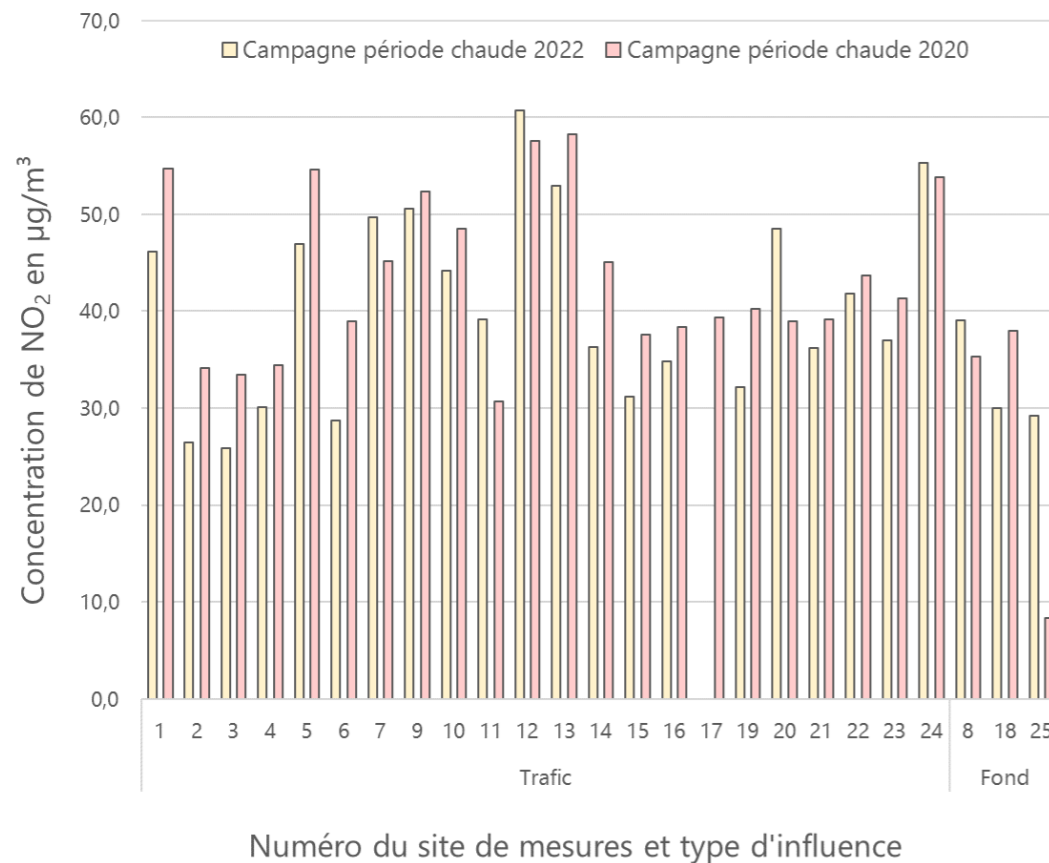


Figure 46 : Comparaison entre les concentrations mesurées en période chaude : Campagne 2022 (hors restrictions liées à la COVID-19) et 2020 (possiblement impacté par la situation de crise sanitaire de la COVID-19)

Tableau 19 : Comparaison entre les concentrations mesurées en période chaude : Campagne 2022 (hors restrictions liées à la COVID-19) et 2020 (possiblement impacté par la situation de crise sanitaire de la COVID-19)

Influence	N°	Concentrations en NO ₂ (µg/m ³) : Campagnes en période chaude		Comparaison	
		2022	2020		
Trafic	1	46,2	54,7	2020 >2022	
	2	26,5	34,1	2020 >2022	
	3	25,9	33,4	2020 >2022	
	4	30,1	34,4	2020 >2022	
	5	46,9	54,6	2020 >2022	
	6	28,7	39,0	2020 >2022	
	7	49,7	45,1	2020 <2022	
	9	50,5	52,4	2020 >2022	
	10	44,1	48,5	2020 >2022	
	11	39,1	30,7	2020 <2022	
	12	60,8	57,6	2020 <2022	
	13	53,0	58,3	2020 >2022	
	14	36,3	45,0	2020 >2022	
	15	31,2	37,6	2020 >2022	
	16	34,8	38,4	2020 >2022	
	17	-	39,4	-	
	19	32,1	40,2	2020 >2022	
	20	48,5	39,0	2020 <2022	
	21	36,2	39,2	2020 >2022	
	22	41,8	43,7	2020 >2022	
	23	37,0	41,3	2020 >2022	
	24	55,3	53,8	2020 <2022	
	Fond	8	39,1	35,3	2020 <2022
		18	30,0	38,0	2020 >2022
25		29,2	8,4	2020 <2022	

Aucune tendance uniforme n'est mise en évidence en comparant les deux campagnes : Les concentrations mesurées en 2020 sont plus élevées pour 16 sites trafic sur 21, tandis qu'en site de fond les concentrations mesurées en 2022 sont plus élevées sur 2 sites sur 3.

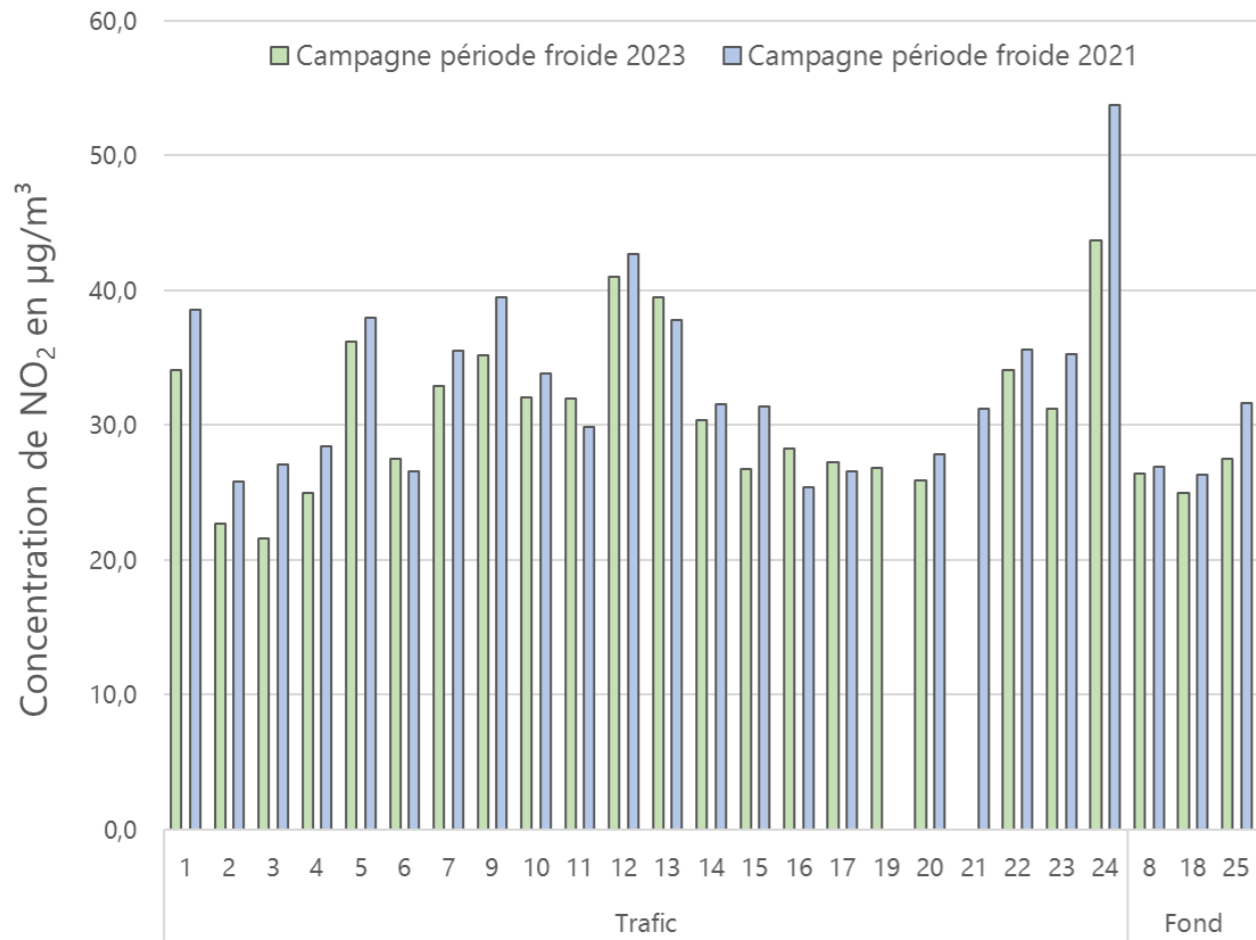
L'été 2020, suivant le premier confinement a été marqué par un fort tourisme national, tourné vers le Sud, qui pourrait avoir augmenté le trafic estival et ainsi les concentrations de dioxyde d'azote.

Toutefois, les conditions météorologiques étant différentes entre les campagnes et n'ayant pas le détail du trafic routier sur ces périodes, il n'est pas possible de conclure sur la validité de cette hypothèse.

La campagne en période chaude 2022 ayant été réalisée en dehors de la situation de crise sanitaire de la COVID-19, celle-ci est considérée comme étant la plus représentative des conditions normales de circulation routière.

IV.4.5.1. Période froide

Le graphique ci-dessous présente les concentrations en dioxyde d'azote mesurées lors des deux campagnes réalisées en période froide : 2023 (hors restrictions liées à la COVID-19) et 2021 (possiblement impacté par la situation de crise sanitaire de la COVID-19). La comparaison est effectuée sur le dioxyde d'azote, traceur de la pollution du trafic routier.



Numéro du site de mesures et type d'influence

Figure 47 : Comparaison entre les concentrations mesurées en période froide : Campagne 2023 (hors restrictions liées à la COVID-19) et 2021 (possiblement impacté par la situation de crise sanitaire de la COVID-19)

Tableau 20 : Comparaison entre les concentrations mesurées en période chaude : Campagne 2022 (hors restrictions liées à la COVID-19) et 2021 (possiblement impacté par la situation de crise sanitaire de la COVID-19)

Influence	N°	Concentrations en NO ₂ (µg/m ³) : Campagnes en période froide		Comparaison	
		2023	2021		
Trafic	1	34,1	38,6	2021 >2023	
	2	22,7	25,8	2021 >2023	
	3	21,6	27,1	2021 >2023	
	4	24,9	28,4	2021 >2023	
	5	36,1	37,9	2021 >2023	
	6	27,5	26,5	2021 <2023	
	7	32,9	35,5	2021 >2023	
	9	35,2	39,4	2021 >2023	
	10	32,1	33,8	2021 >2023	
	11	32,0	29,9	2021 <2023	
	12	41,0	42,7	2021 >2023	
	13	39,5	37,8	2021 <2023	
	14	30,4	31,5	2021 >2023	
	15	26,7	31,4	2021 >2023	
	16	28,2	25,4	2021 <2023	
	17	27,2	26,5	2021 <2023	
	19	26,8	-	-	
	20	25,9	27,8	2021 >2023	
	21	-	31,2	-	
	22	34,0	35,6	2021 >2023	
	23	31,2	35,3	2021 >2023	
	24	43,7	53,7	2021 >2023	
	Fond	8	26,4	26,9	2021 >2023
		18	24,9	26,3	2021 >2023
25		27,4	31,6	2021 >2023	

Aucune tendance uniforme n'est mise en évidence en comparant les deux campagnes : Les concentrations mesurées en 2021 sont plus élevées pour 12 sites trafic sur 17, tandis qu'en site de fond les concentrations mesurées en 2023 sont plus élevées sur tous les sites.

L'hiver 2021, a été marqué par des restrictions liées à la COVID-19 notamment un couvre-feu qui ont impacté les habitudes de circulation et sont supposés avoir réduit le trafic routier. De ce fait il aurait été attendu des concentrations plus faibles en 2021 qu'en 2023.

Toutefois, les conditions météorologiques étant différentes entre les campagnes et n'ayant pas le détail du trafic routier sur ces périodes, il n'est pas possible de conclure et de savoir pourquoi le phénomène inverse à celui attendu est observé.

La campagne en période froide 2023 ayant été réalisée en dehors de la situation de crise sanitaire de la COVID-19, celle-ci est considérée comme étant la plus représentative des conditions normales de circulation routière.

IV.4.6. Mesures réalisées dans le cadre de l'étude Cap-Janet par AtmoSud

Les mesures réalisées par AtmoSud dans le cadre du projet « GPMM : Projet de restructuration du terminal international Cap Janet & Joliette » sont étudiées dans cette partie. En effet celles-ci ont été réalisées au sein de la bande d'étude (au sud) et d'autres polluants d'intérêt ont été mesurés (1,3-butadiène, SO₂, Benzène, évolution journalière des particules PM10).

Il faut noter que cet état initial de la qualité de l'air est basé sur des mesures réalisées en 2017 : les sources émettrices peuvent avoir évoluées depuis.

Les résultats de la campagne en période chaude (réalisée lors de la période d'activité maritime la plus élevée du 02/08/2017 au 20/09/2017) sont présentés dans cette partie, le rapport complet est disponible sur le site internet d'AtmoSud⁸.

Le plan d'échantillonnage de la campagne ainsi que les méthodes de mesures utilisées par points sont présentées dans la cartographie ci-dessous.



Figure 48 : Plan d'échantillonnage des mesures réalisées par AtmoSud

⁸ Consulté le 25/10/2022 : https://www.atmosud.org/sites/sud/files/medias/documents/2022-06/181228_capjanet_bilan2017.pdf

Dioxyde d'azote

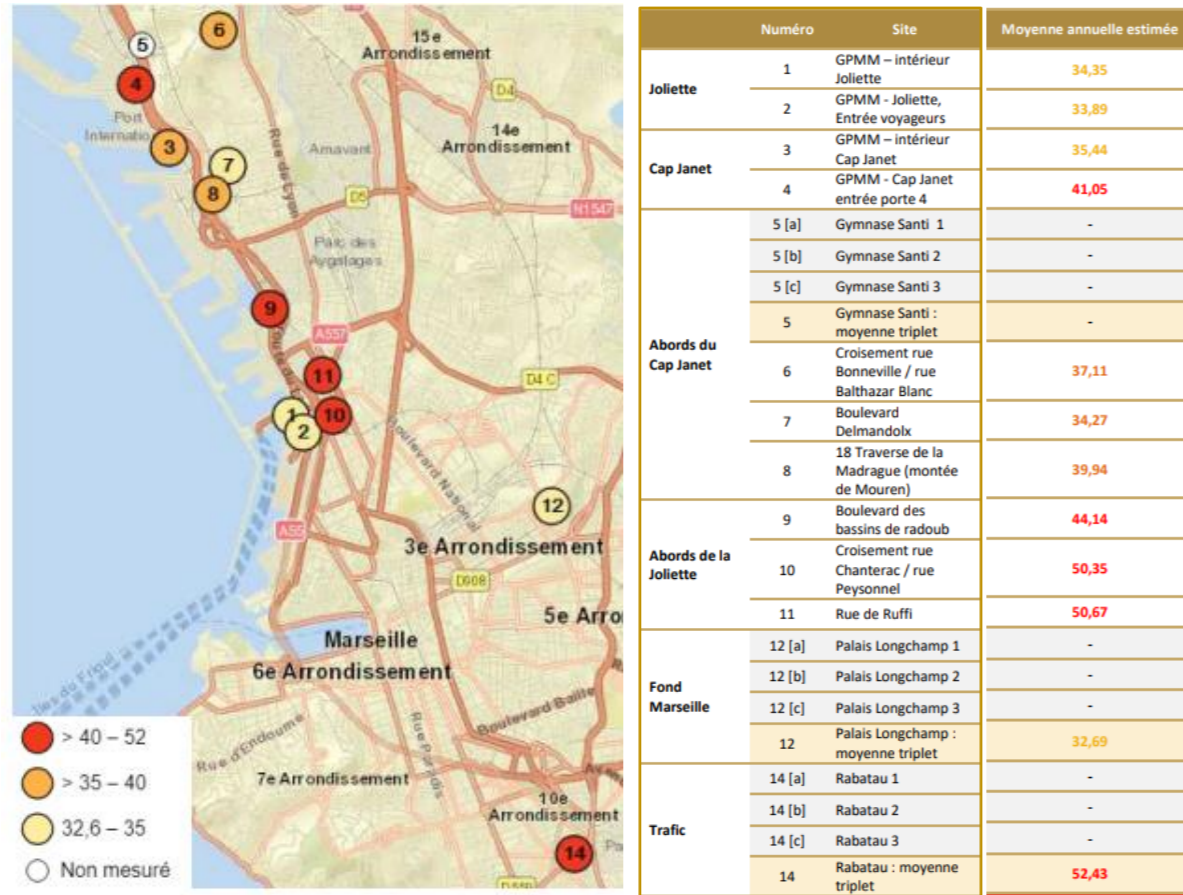


Figure 49 : Concentrations moyennes annuelles 2017 en dioxyde d'azote mesurées par tubes passifs - AtmoSud

Les concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote calculées à partir des deux campagnes de mesures réalisées par tubes passifs sont présentées dans la figure précédente. Les concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote dans la zone d'étude sont comprises entre 33,8 µg/m³ (Point 2 : GPMM Joliette entrée voyageurs) et 50,7 µg/m³ (point 11 : abords de la Joliette).

La concentration moyennes annuelle mesurée au point 2 (33,8 µg/m³) étant comparable à un site de fond, car équivalente à la concentration sur la même période au Palais Longchamp (32,7 µg/m³). Tandis que la concentration au point 11 (50,7 µg/m³) est comparable (même si légèrement inférieure) au site trafic Rabatau (52,4 µg/m³ sur la période).

Des mesures dynamiques (analyseurs en temps réel) ont également été réalisées au Gymnase Santi, au point 5. Ces mesures ont eu lieu lors de la période estivale uniquement, aucune moyenne annuelle n'est établie en ce point. Ces mesures sont présentées dans la figure ci-dessous.

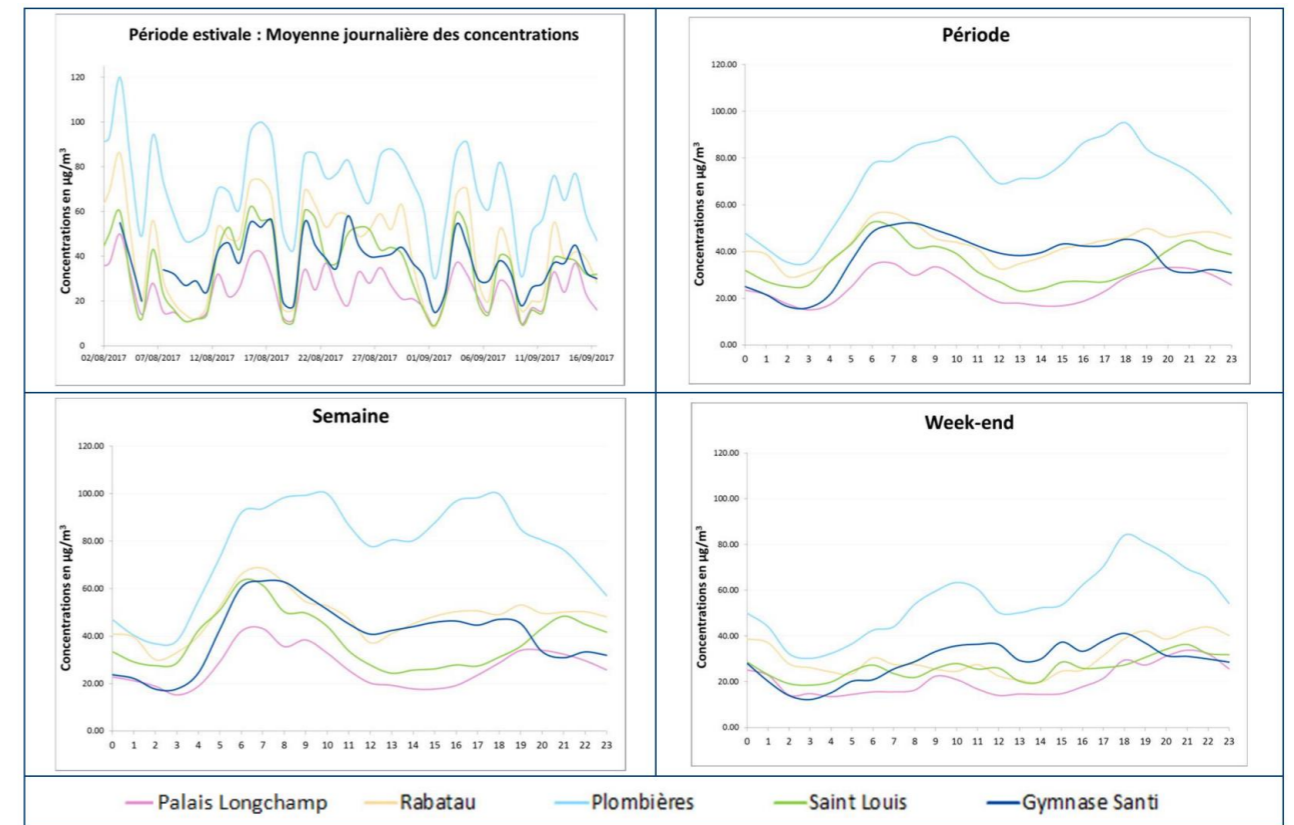


Figure 50 : Mesures de dioxyde d'azote en dynamique en période estivale 2017 - AtmoSud

Ces mesures révèlent que les concentrations en dioxyde d'azote dans la zone étudiée serait comparables aux niveaux mesurés à la station fixe de Marseille Saint Louis sur la période.

Il faut noter qu'AtmoSud met en évidence l'évolution des concentrations horaires : tôt le matin les concentrations sont caractéristiques de sites de fond tandis qu'entre 8h et 19h elles sont comparables aux concentrations du site trafic Marseille Rabatau (voire supérieures le week-end).

La valeur limite horaire de 200 µg/m³ a été respectée lors de cette campagne estivale.

Dioxyde de soufre

Tableau 21 : Concentrations moyennes annuelles en SO₂ mesurées par tubes passifs - AtmoSud

	Numéro de site	Site	Moyenne annuelle estimée
Joliette	1	GPMM – intérieur Joliette	3,53
	2	GPMM - Joliette, Entrée voyageurs	3,10
Cap Janet	3	GPMM – intérieur Cap Janet	2,88
	4	GPMM - Cap Janet porte 4	6,73
	5	Gymnase Santi	-
Abords du Cap Janet	6	Croisement rue Bonneville / rue Balthazar Blanc	5,15
	7	Boulevard Delmandolx	2,23
	8	18 traverse de la Madrague (montée de Mouren)	3,20
Abords de la Joliette	9	Boulevard des bassins de radoub	5,18
	10	Croisement rue Chanterac / rue Peysonnel	4,28
	11	Rue de Ruffi, proche arrêt de bus	4,92
Fond Marseille	12	Station Palais Longchamp	5,86

Les concentrations moyennes annuelles calculées à partir des deux campagnes de mesures réalisées par tubes passifs sont faibles ($< 7 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

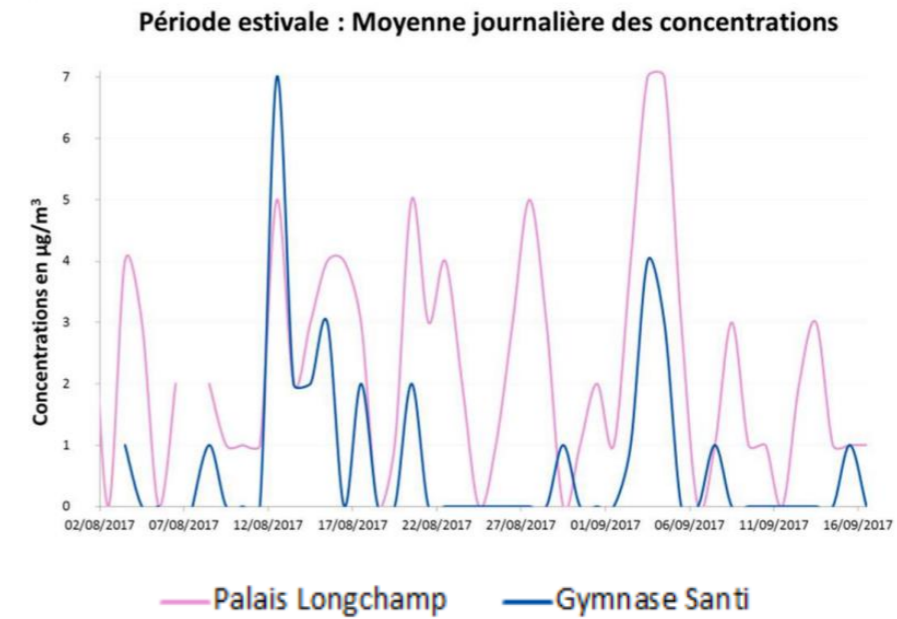


Figure 51 : Mesures de dioxyde de soufre en dynamique en période estivale 2017 - AtmoSud

Le suivi dynamique des concentrations (analyseur en ligne) lors de la période estivale met en évidence des valeurs plus faibles qu'au site de fond Marseille Longchamp (nommé Palais Longchamp dans le rapport d'AtmoSud) : la topographie du lieu semble protéger le gymnase des panaches des bateaux.

Il faut noter le respect de la réglementation en vigueur sur la période estivale :

- La valeur limite journalière de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an, n'a pas été dépassée ;
- La valeur limite horaire de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$, à ne pas dépasser plus de 24 heures par an, n'a pas été dépassée ;

Benzène

Tableau 22 : Concentrations moyennes annuelles en benzène mesurées par tubes passifs - AtmoSud

	Numéro de site	Site	Moyenne annuelle estimée
Joliette	1	GPM - intérieur Joliette	0,84
	2	GPM - Joliette, Entrée voyageurs	0,92
Cap Janet	3	GPM - intérieur Cap Janet	0,76
	4	GPM - Cap Janet porte 4	0,76
	5	Gymnase Santi	-
Abords du Cap Janet	6	Croisement rue Bonneville / rue Balthazar Blanc	1,08
	7	Boulevard Delmandolx	0,94
	8	18 traverse de la Madrague	1,19
Abords de la Joliette	9	Boulevard des bassins de radoub	1,15
	10	Croisement rue Chanterac / rue Peysonnel	1,20
	11	Rue de Ruffi	1,43
Fond Marseille	12	Palais Longchamp	1,09



Figure 52 : Concentrations moyennes annuelles en benzène mesurées par tubes passifs - AtmoSud

Les concentrations moyennes annuelles calculées à partir des deux campagnes de mesures réalisées par tubes passifs sont comprises entre 0,8 et 1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations les plus élevées sont situées dans le tissu urbain mais ne sont pas toujours à proximité des axes routiers les plus fréquentés : Suite à l'amélioration des carburants type essence sans plomb, le benzène semble être un moins bon traceur qu'auparavant pour suivre les émissions liées au trafic routier.

1,3-butadiène

Tableau 23 : Concentrations moyennes annuelles en 1,3-butadiène mesurées par tubes passifs - AtmoSud

	Numéro de site	Site	Moyenne annuelle estimée
Joliette	1	GPMM –intérieur Joliette	0,60
	2	GPMM - Joliette, Entrée voyageurs	0,58
Cap Janet	3	GPMM – intérieur Cap Janet	0,55
	4	GPMM - Cap Janet porte 4	0,34
	5	Gymnase Santi	-
Abords du Cap Janet	6	Croisement rue Bonneville / rue Balthazar Blanc	0,59
	7	Boulevard Delmandolx	0,63
	8	18 Traverse de la Madrague	0,56
Abords de la Joliette	9	Boulevard des bassins de radoub	0,48
	10	Croisement rue Chanterac / rue Peysonnel	0,67
	11	Rue de Ruffi	0,60
Fond Marseill e	12	Palais Longchamp	0,63

Les concentrations moyennes annuelles en 1,3-butadiène sont assez homogènes sur le domaine d'étude : Peu d'écart est observé entre les concentrations avec un minimum de 0,3 µg/m³ et un maximum de 0,7 µg/m³.

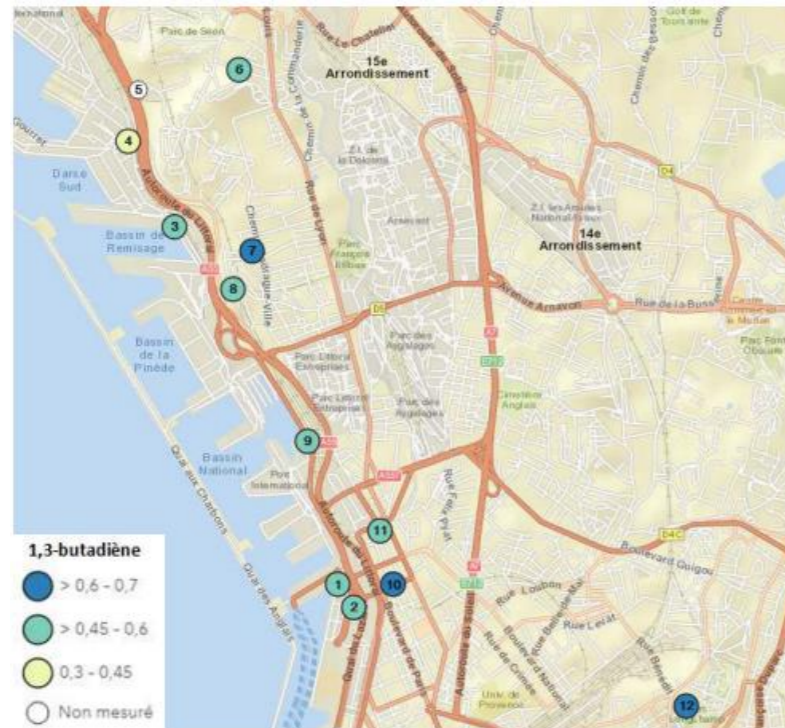


Figure 53 : Concentrations moyennes annuelles en 1,3-butadiène mesurées par tubes passifs - AtmoSud

Métaux et Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP dans la fraction PM10)

	Métaux lourds							HAP
	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	BaP
Moyenne	0,31	17,38	0,19	3,58	-	4,91	4,01	0,07
Médiane	0,28	17,41	0,08	3,23	-	4,94	2,99	0,03
Minimum	0,14	5,71	0,03	1,48	-	0,37	1,23	0,01
Percentile 25	0,22	13,04	0,06	2,40	-	1,25	2,21	0,02
Percentile 75	0,39	20,42	0,18	4,49	-	7,61	5,07	0,05
Percentile 95	0,57	25,87	0,57	5,99	-	11,92	9,34	0,15
Maximum	0,62	29,97	1,27	7,76	-	12,48	13,92	0,79
Moyenne annuelle Palais Longchamp (2015) *	0,34	8,15	0,14	1,94	NM	2,53	7,96	0,16
Valeur référence air ambiant **	6 (VC)	-	5 (VC)	-	-	20 (VC)	500 (VL)	1 (VC)
Valeur référence santé ***	15,6	1000	300	-	-	61	1944	-

En violet : Valeur moyenne au gymnase Santi supérieure à celle obtenue en 2015 à Marseille Longchamp (niveau deux fois plus important).

NM Non mesuré

* : Valeur issue du rapport d'AtmoSud "Etude des métaux lourds et des HAP à Marseille, Nice et Port-de-Bouc en 2015", mis en ligne sur le site d'AtmoSud en septembre 2017.

** : Les références « air ambiant » correspondent aux valeurs cibles (VC), valeurs limites (VL) ou valeurs guide (VG) existantes.

*** : Les références « santé » correspondent aux concentrations minimales pour lesquelles un effet ou une probabilité d'effet supérieure à 1 pour 100 000 est susceptible d'apparaître et ce pour une exposition chronique 100% du temps. Ces concentrations ont été déterminées sur la base des Valeurs Toxicologiques de Référence établies avant le 31/12/2016 et sélectionnées selon la méthodologie décrite par la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

Figure 54 : Concentrations mesurées dans la fraction PM10 : métaux et HAP en ng/m³ - Période estivale 2017 - AtmoSud

Sur la période de mesure estivale, les concentrations mesurées au gymnase Santi, pour tous les composés, sont inférieures aux valeurs cibles et valeurs limites de la réglementation ainsi qu'aux valeurs de référence santé.

Les concentrations moyennes sur la période sont comparables à celles obtenues au Palais Longchamp en 2015. Le baryum (Ba) fait exception : la concentration moyenne au gymnase Santi est significativement supérieure au Palais Longchamp. Cela pourrait s'expliquer par la proximité de l'importante source du trafic routier.

V. CONCLUSION DE L'ETAT INITIAL

Le Projet

Le présent rapport d'étude s'inscrit dans le cadre du projet de restructuration des fonctionnalités ferroviaires du Canet. Le projet est situé en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, dans le département des Bouches-du-Rhône (13), à Marseille, pour partie des emprises dans la circonscription portuaire au Nord des bassins Est et pour partie sur le réseau ferré national traversant le quartier de Mourepiane.

Ce projet comprend deux volets :

- La réouverture du raccordement ferroviaire existant de Mourepiane, sous maîtrise d'ouvrage de SNCF Réseau,
- La modernisation du terminal existant de transport de fret ferroviaire (Terminal à conteneurs Med Europe) ainsi que la réalisation d'un faisceau de réception électrifié, portées par le Port de Marseille Fos.

Il vise à répondre aux besoins de compétitivité de l'activité de fret des bassins Est du Port de Marseille Fos, tout en s'adaptant aux besoins logistiques spécifiques liés à l'agglomération marseillaise.

Le trafic routier étant une source de pollution atmosphérique, un changement des conditions de trafic locales peut impacter, de façon positive ou négative, la qualité de l'air et donc la santé des populations avoisinant ces axes.

Cette étude traite le volet air et santé de l'étude d'impact pour le compte du Port de Marseille Fos et est réalisée en tenant compte 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'impact des infrastructures routières.

Le volet air de cette étude d'impact, vise à étudier l'incidence de la réalisation de ce projet sur les émissions dues au trafic, la qualité de l'air et la santé de la population locale.

Étude bibliographique

L'étude de l'inventaire des émissions de 2019 de Marseille (AtmoSud), a permis d'identifier le trafic routier comme une des principales sources émettrices d'oxydes d'azote (45%) et également une source de particules dans l'atmosphère (23 % des émissions de PM10 et 24 % des PM2,5).

Ainsi, des modifications de trafic routier découlant du projet pourraient avoir un impact (positif ou négatif) sur la qualité de l'air locale.

Il faut noter que les principales sources de particules de la commune sont l'industrie (38 % des PM10 et 27 % des PM2,5) et le secteur résidentiel (25 % des PM10 et 36 % des PM2,5). Le secteur maritime (38 % des NOx, 5% des PM10 et 7 % des PM2,5) et le secteur ferroviaire (6% des PM10 et 3 % des PM2,5) contribuent également aux émissions atmosphériques.

Globalement, les émissions de polluants atmosphériques tendent à diminuer ces dernières années.

Les concentrations des principaux polluants émis par le trafic routier, mesurées par l'AASQA AtmoSud en 2019 dans les environs de la zone d'étude ainsi que les concentrations modélisées en 2019, ont été étudiées.

En comparant les concentrations moyennes annuelles mesurées en 2019 à Marseille, aux critères nationaux de la qualité de l'air et aux valeurs guides de l'OMS (mises à jour en septembre 2021), des dépassements sont observés :

- Des dépassements des valeurs réglementaires françaises sont observés pour les NOx, le NO₂, les particules PM10 et PM2,5 et le benzène ;
- Des dépassements des valeurs guides de l'OMS sont observés concernant le NO₂ et les particules (PM10 et PM2,5) ;

Il faut noter que les concentrations mesurées par AtmoSud, tendent vers une diminution ces dernières années.

L'analyse des données modélisées met également en évidence des dépassements de la valeur limite réglementaire en NO₂ (40 µg/m³) ainsi que des dépassements de l'objectif de qualité des particules PM10 (30 µg/m³) : situés le long des axes routiers fréquentés. Il faut également noter que le dépassement de l'objectif de qualité des particules PM2,5 (10 µg/m³) et des valeurs recommandées par l'OMS (mises à jours en 202) pour le dioxyde d'azote et les particules, concerne la globalité du territoire modélisé par AtmoSud.

Localement, les facteurs pouvant favoriser des niveaux de pollution élevés sont les suivants :

- La présence de nombreux axes routiers au trafic élevé ;
- Un climat ensoleillé favorisant les réactions photochimiques ;
- Des sources d'émissions multiples ;
- Une densité de population importante ;
- La configuration du bâti.

Ainsi, des mesures ont été réalisées pour qualifier les niveaux de concentrations locales.

Mesures in situ

Les campagnes de mesures réalisées en été 2020 et en hiver 2021, sont susceptibles de ne pas être représentatives des conditions normales de trafic routier : Celles-ci ont eu lieu dans le contexte de la pandémie de la COVID-19 qui a impacté les habitudes des usagers de véhicules (télétravail, restriction de déplacement, destination de vacances privilégiée dans le sud de la France...). Ainsi le MOA a décidé de réaliser deux nouvelles campagnes de mesures, afin d'actualiser l'état initial de la qualité de l'air.

Le présent rapport traite des résultats des deux campagnes réalisées en période chaude 2022 et en période froide 2023.

Conditions météorologiques

Dans l'ensemble, les conditions météorologiques ont été différentes des conditions moyennes d'expositions de la zone d'étude pour les périodes de mesures, avec des précipitations moins importantes, des températures plus élevées et des vents dominants habituellement minoritaires (uniquement en période chaude).

Les conséquences de ces différences météorologiques par rapport aux normales sont :

- De par les températures plus élevées en période chaude : Des concentrations plus élevées (photochimie) ;
- De par les températures plus élevées en période froide : Des concentrations moins élevées (moins de chauffage, moins d'émissions automobiles, meilleure dispersion atmosphérique) ;
- De par les précipitations moins récurrentes : Des concentrations plus élevées (le phénomène de lessivage de l'atmosphère n'ayant pas lieu) ;
- De par les conditions de vents différentes (uniquement en période chaude) : Cela peut avoir un impact sur la qualité de l'air locale suite à l'apport de polluants atmosphériques de différentes sources. En revanche il n'est pas possible d'estimer cet impact sur des données mensuelles ;

Dioxyde d'azote

Cette partie présentant la moyenne des résultats des deux campagnes de mesures (période chaude et période froide : saisons contrastées), sur une durée équivalente à 16% d'une année : la concentration calculée est pas représentative de la concentration moyenne annuelle.

Les concentrations moyennes annuelles les plus élevées en dioxyde d'azote sont mesurées sur les sites urbains trafic. Avec des concentrations annuelles atteignant un maximum de 50,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au point de mesures numéro 12.

La concentration moyenne annuelle la plus faible est observée au site urbain trafic numéro 3 avec 23,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Toutes les concentrations moyennes annuelles mesurées, à l'exception de celles du point 3 et du point 2, sont supérieures à la concentration sur la même période à la station de fond Marseille Longchamp (AtmoSud : 25,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

En revanche, il faut noter que la concentration moyenne sur la période des campagnes à la station de fond Marseille Saint-Louis est également élevée avec 32,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La station Saint-Louis étant situé à proximité de la bande d'étude elle est représentative des concentrations de fond locales. La présence de nombreux axes routiers très fréquentés dans la zone étudiée, impactant également les concentrations des points de fond.

Le site de fond numéro 8 relève une concentration moyenne annuelle (32,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) égale à la moyenne sur la période des campagnes à la station de fond Marseille Saint-Louis (AtmoSud : 32,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Sept des sites de mesures relèvent une concentration supérieure à 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: la valeur seuil réglementaire annuelle et l'objectif de qualité (tous deux de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sont dépassés en ces points. Il s'agit des points numéros 1, 7, 5, 9, 13, 24, 12. Tous ces points sont sous l'influence du trafic routier.

Il faut noter que la valeur seuil réglementaire est également dépassée sur la moyenne relevée à la station d'AtmoSud Marseille Rabatau (station urbaine trafic : 41,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Quatre des sites trafics (numéros 9, 13, 24 et 12) ont des concentrations supérieures à la concentration moyenne à Marseille Rabatau sur la même période. Cela démontre une grande influence du trafic routier en ces sites de mesures.

Il est observé que la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale des sites trafics est importante, avec environ 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de différence pour les sites urbains.

L'étude de la répartition spatiale des concentrations moyennes annuelles en NO₂ met en évidence que les concentrations annuelles sont globalement élevées, y compris en site de fond. Les concentrations les plus élevées dépassant la valeur seuil réglementaire sont localisées à proximité des axes routiers les plus fréquentés, à savoir :

- Chemin du littoral ;
- Avenue André Roussin ;
- Chemin du Ruisseau Mirabeau ;
- Autoroute A55 ;
- Voie interne du port ;

Il est observé une saisonnalité inversée des concentrations en dioxyde d'azote, avec des concentrations en période chaudes plus élevées qu'en période froide à l'inverse de la saisonnalité habituelle des concentrations.

En effet, en période froide les concentrations sont habituellement plus élevées :

- Les émissions du trafic routier sont exacerbées par le froid ;
- Une nouvelle source émettrice s'ajoute (chauffage) ;
- Les conditions atmosphériques favorisent la stagnation des polluants émis localement (phénomène d'inversion de température) ;

Le même phénomène est observé à la station Marseille Saint-Louis d'AtmoSud.

L'étude des conditions météorologiques révèle en période chaude des températures plus élevées (favorisant la photochimie) favorisant des concentrations atmosphériques plus élevées. Tandis qu'en période froide, des températures plus élevées entraînent moins de chauffage, moins d'émissions routières et une meilleure dispersion des émissions locales.

Le long des axes routiers, deux demi-transects ont été installés : c'est à dire plusieurs points de mesures rapprochés s'éloignant progressivement de l'axe. Le but est d'étudier l'influence de la route sur la dispersion atmosphérique :

- Transect 1 : Chemin du Littoral (RD568) Partie Ouest ;
- Transect 2 : Chemin du Littoral (RD568) Partie Est ;

L'étude de ces transects permet d'observer une décroissance des concentrations en dioxyde d'azote (traceur du trafic routier) en s'éloignant de l'axe, témoignant ainsi de l'influence de la route sur les concentrations locales. Ainsi l'influence de RD568 Partie Ouest ne semble pas dépasser 115 mètres, tandis que pour la RD568 Partie Est, il est possible que l'influence de l'axe continue au-delà de 160 mètres.

Particules PM10

Les concentrations moyennes annuelles s'élèvent à 34,9 µg/m³ au site trafic numéro 1 et à 39,7 µg/m³ au site trafic numéro 7.

Pour des raisons logistiques le point 18 n'a pas pu être placé en période froide, la mesure a été effectuée au point 19 à proximité. Aucune moyenne annuelle ne peut être établie en ces points.

Ces concentrations moyennes annuelles sont inférieures à la valeur seuil réglementaire annuelle (40 µg/m³). Toutefois celles-ci sont supérieures à l'objectif de qualité annuel (30 µg/m³) et au seuil de recommandation annuel de l'OMS (15 µg/m³).

Sur les mêmes périodes de mesures, la concentration moyenne en PM10 aux stations d'AtmoSud est de :

- 24,6 µg/m³ au site de fond Marseille Longchamp ;
- 28,2 µg/m³ au site de fond Marseille Saint Louis ;
- 35,6 µg/m³ au site trafic Marseille Rabatau ;

La concentration mesurée au site trafic numéro 1 s'approche de la concentration à Marseille rabatau, tandis que la concentration au point 7 dépasse celle de Marseille rabatau.

La saisonnalité des concentrations en PM10 est ici inversée, avec des concentrations en période chaude plus élevées qu'en période froide. Habituellement le phénomène inverse est observé ?

Les concentrations en dioxyde d'azote étant relativement élevées en ces points en période chaude (entre 30 µg/m³ et 49,7 µg/m³), l'impact du trafic routier en ces points est démontré et ne peut être écarté pour expliquer en partie ces concentrations de PM10 élevées.

Cependant, alors qu'entre le site de fond numéro 18 et les sites trafics numéros 7 et 1 une différence importante est notée sur les concentrations de dioxyde d'azote, les concentrations en particules sont équivalentes.

Le même phénomène est observé sur les concentrations mesurées par les stations AtmoSud en période chaude : le site de fond Marseille Saint Louis (37,8 µg/m³) a une concentration très proche du site trafic Marseille Rabatau (38,5 µg/m³).

Ainsi une source extérieure au trafic routier contribue aux concentrations de particules lors de la période de la campagne.

Il faut noter également que :

- Les conditions météorologiques lors de cette campagne étaient favorables à l'accumulation de particules dans l'atmosphère (peu de lessivage par la pluie) ;
- De nombreux incendies ont eu lieu sur cette période dans les bouches du Rhône (47 feux de forêts, 46 ha brûlés au total) ;

Comparaison des concentrations en période chaude 2022 avec la campagne réalisée en 2020

Aucune tendance uniforme n'est mise en évidence en comparant les deux campagnes (période chaude, dioxyde d'azote) : Les concentrations mesurées en 2020 sont plus élevées pour 16 sites trafic sur 21, tandis qu'en site de fond les concentrations mesurées en 2022 sont plus élevées sur 2 sites sur 3.

L'été 2020, suivant le premier confinement a été marqué par un fort tourisme national, tourné vers le Sud, qui pourrait avoir augmenté le trafic estival et ainsi les concentrations de dioxyde d'azote.

Toutefois, les conditions météorologiques étant différentes entre les campagnes et n'ayant pas le détail du trafic routier sur ces périodes, il n'est pas possible de conclure sur la validité de cette hypothèse.

La campagne en période chaude 2022 ayant été réalisée en dehors de la situation de crise sanitaire de la COVID-19, celle-ci est considérée comme étant la plus représentative des conditions normales de circulation routière.

Comparaison des concentrations en période froide 2023 avec la campagne réalisée en 2021

Aucune tendance uniforme n'est mise en évidence en comparant les deux campagnes : Les concentrations mesurées en 2021 sont plus élevées pour 12 sites trafic sur 17, tandis qu'en site de fond les concentrations mesurées en 2023 sont plus élevées sur tous les sites.

L'hiver 2021, a été marqué par des restrictions liées à la COVID-19 notamment un couvre-feu qui ont impacté les habitudes de circulation et sont supposés avoir réduit le trafic routier. De ce fait il aurait été attendu des concentrations plus faibles en 2021 qu'en 2023.

Toutefois, les conditions météorologiques étant différentes entre les campagnes et n'ayant pas le détail du trafic routier sur ces périodes, il n'est pas possible de conclure et de savoir pourquoi le phénomène inverse à celui attendu est observé.

La campagne en période froide 2023 ayant été réalisée en dehors de la situation de crise sanitaire de la COVID-19, celle-ci est considérée comme étant la plus représentative des conditions normales de circulation routière.

PARTIE 3. IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITÉ DE L'AIR

VI. TRAFIC ROUTIER : CALCUL D'ÉMISSIONS DE POLLUANTS ET DE LA CONSOMMATION ÉNERGETIQUE

VI.1. Données d'entrée : Trafic routier

VI.1.1. Données

Les entrants indispensables à la réalisation de l'étude prévisionnelle sont les données issues de modélisations de trafic réalisées dans la zone d'étude du projet. Il s'agit du Trafic Moyen Journalier Annuel, de la vitesse réglementaire des véhicules, ainsi que de la part de poids-lourds, et ce pour chacun des tronçons routiers considérés. Les données sont issues de l'étude de trafic réalisée par Trafalgare (mise à jour : version 6 du 01/03/2023). Les différents scénarios ont été étudiés aux horizons suivants :

- Actuel 2021 ;
- 2026 :
 - Mise en service ;
 - Situation de référence sans projet : au fil de l'eau ;
- 2046 :
 - Mise en service sur le long terme (+20 ans) ;
 - Situation de référence sans projet : au fil de l'eau ;

VI.1.2. Répartition du parc automobile

Le parc automobile donne la distribution par type de voie (urbain, route et autoroute) des différentes catégories de véhicules (VP, VUL, PL, 2R), par combustible (essence ou diesel), par motorisation et par norme (EURO). La répartition du parc roulant, à l'horizon étudié, est extraite des statistiques disponibles du parc français. Pour la répartition des véhicules utilitaires légers, il a été fait le choix de considérer un pourcentage moyen national de 23 % des véhicules légers.

Le parc roulant utilisé est celui issu de COPERT V et des données actualisées de l'IFSTTAR avec un parc roulant allant jusqu'à 2050.

VI.1.3. Définition du domaine d'étude

En termes de qualité de l'air, le domaine d'étude est composé du projet lui-même et de l'ensemble du réseau routier subissant, du fait de la réalisation du projet, une modification (augmentation ou réduction) des flux de trafic significative.

Ces variations sont considérées comme significatives si elles sont supérieures à :

- ± 500 véhicules/jours, pour les TMJA < 5000 véhicules/jour ;
- ± 10 % d'impact sur les TMJA, pour des TMJA > 5000 véhicules/jour ;

Pour une question de cohérence du domaine d'étude, certains brins subissant des variations de trafics non significatives ont pu être retenus.

L'ensemble des brins retenus permet de définir une bande d'étude pour les polluants étudiés : il s'agit d'une zone tampon entourant les axes pris en compte. La largeur de la bande d'étude est définie selon les trafics routiers, conformément au guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières de février 2019.

Ici, la largeur de la bande d'étude du NO₂ est de 600 mètres et celle des particules (PM10 et PM2,5) est de 200 mètres, toutes deux sont centrées sur le réseau routier.

Le domaine d'étude et les bandes d'études sont présentés dans la Figure 55.



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet



Présentation du domaine d'étude, de la bande d'étude du dioxyde d'azote et de la bande d'étude des particules

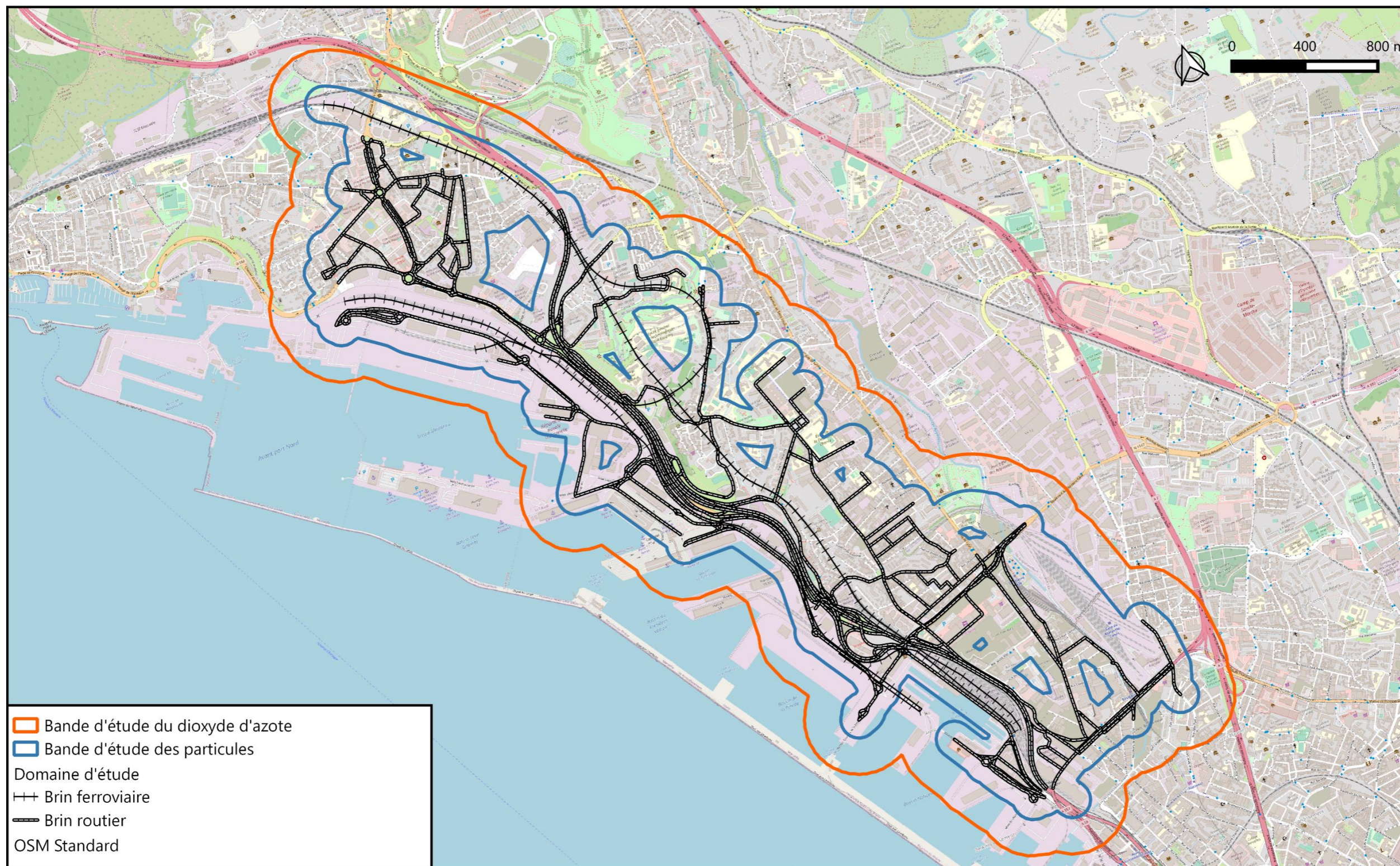


Figure 55 : Présentation du domaine d'étude pris en compte dans le calcul des émissions atmosphériques de polluants ainsi que des bandes d'études (dioxyde d'azote et particules)

VI.2. Evolution du trafic routier dans la bande d'étude

Tableau 24 : Évolution du trafic dans la bande d'étude

Scénario	Année	Véh.Km parcourus		Impact
Actuel	2021	661 677		-
Référence : « au fil de l'eau »	2026	636 147	-3,9%	/ Actuel
Projet		635 555	-0,1%	/ Référence
Référence : « au fil de l'eau »	2046	558 041	-15,7%	/ Actuel
Projet		556 762	-0,2%	/ Référence

Au fil de l'eau, le trafic routier du domaine d'étude diminue par rapport à la situation actuelle 2021, diminuant de -3,9 % en 2026 et de -15,7 % en 2046.

L'impact global du projet sur le nombre de véhicules.kilomètres parcourus du domaine d'étude est de -0,1 % par rapport à la situation de référence en 2026 et de -0,2 % en 2046. Globalement le projet a peu d'impact sur le trafic routier du domaine d'étude.

L'impact du projet porte sur le trafic des poids lourds (cf Tableau 25) : En 2026 le projet permet de diminuer le nombre de PL.kilomètres parcourus de -2,6 % en 2026 et de -5,1 % en 2046 par rapport à la situation de référence.

Il faut noter que même si au fil de l'eau le trafic global a tendance à diminuer, le trafic des PL augmente : de +4,0 % en 2026 et de +14,6 % en 2046 par rapport à la situation actuelle 2021. Ceci est dû à la fermeture de la gare du Canet en situation de référence : le trafic des frets est reporté sur les PL.

Tableau 25 : Évolution du trafic des poids lourds (PL) dans la bande d'étude

Scénario	Année	PL.Km parcourus		Impact
Actuel	2021	21 772		-
Référence : « au fil de l'eau »	2026	22 652	+4,0%	/ Actuel
Projet		22 061	-2,6%	/ Référence
Référence : « au fil de l'eau »	2046	24 956	+14,6%	/ Actuel
Projet		23 677	-5,1%	/ Référence

Le projet permet de diminuer le nombre de PL.parcourus du domaine d'étude.

VI.3. Bilan de la consommation énergétique

Le bilan énergétique du projet prend en compte la consommation de carburant liée au trafic routier.

Le graphique suivant présente les résultats de la consommation énergétique journalière sur le domaine d'étude. Le total est exprimé en tonnes équivalent pétrole (TEP).

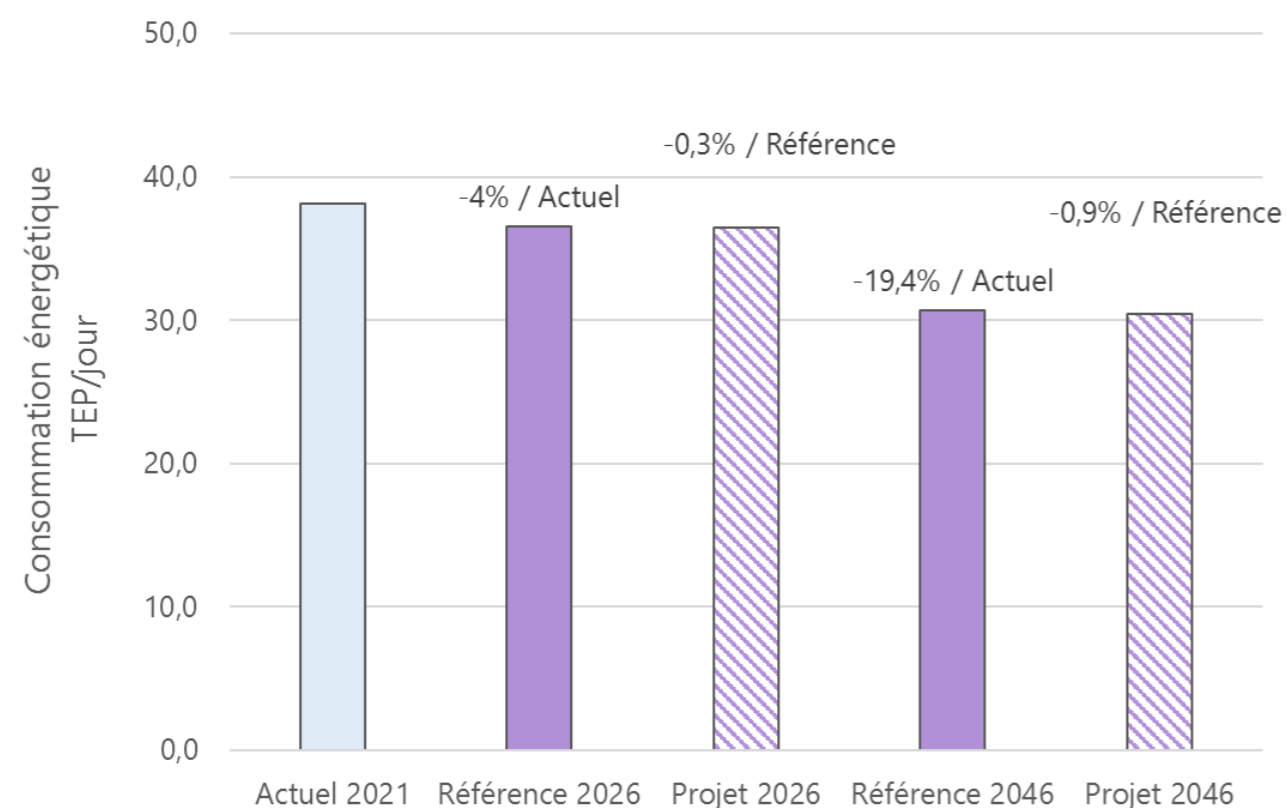


Figure 56 : Consommation énergétique totale sur le domaine d'étude

Au fil de l'eau, la consommation énergétique (TEP/jour) diminue par rapport à la situation actuelle de -4,0% en 2026 et de -19,4 % en 2046. Ceci est dû à la diminution du trafic routier au fil de l'eau à ces horizons.

L'impact du projet sur la consommation énergétique totale du domaine d'étude tend vers une diminution par rapport à la situation de référence : -0,3 % en 2026 et de -0,9 % en 2046. Globalement, le projet a peu d'impact sur la consommation de TEP/jour, en cohérence avec l'évolution du nombre de véhicules.kilomètres parcourus du domaine d'étude, présentée précédemment.

En étudiant la consommation énergétique des poids lourds (PL) uniquement, l'impact du projet est mis en évidence dans la Figure 57.

Au fil de l'eau, la consommation énergétique augmente de +4,7 % entre 2021 et 2026 et de +18,4 % entre 2021 et 2046.

Ainsi le projet entraîne une diminution de la consommation énergétique des poids lourds de -2,6 % en 2026 et de -5,1 % en 2046 par rapport à la situation de référence.

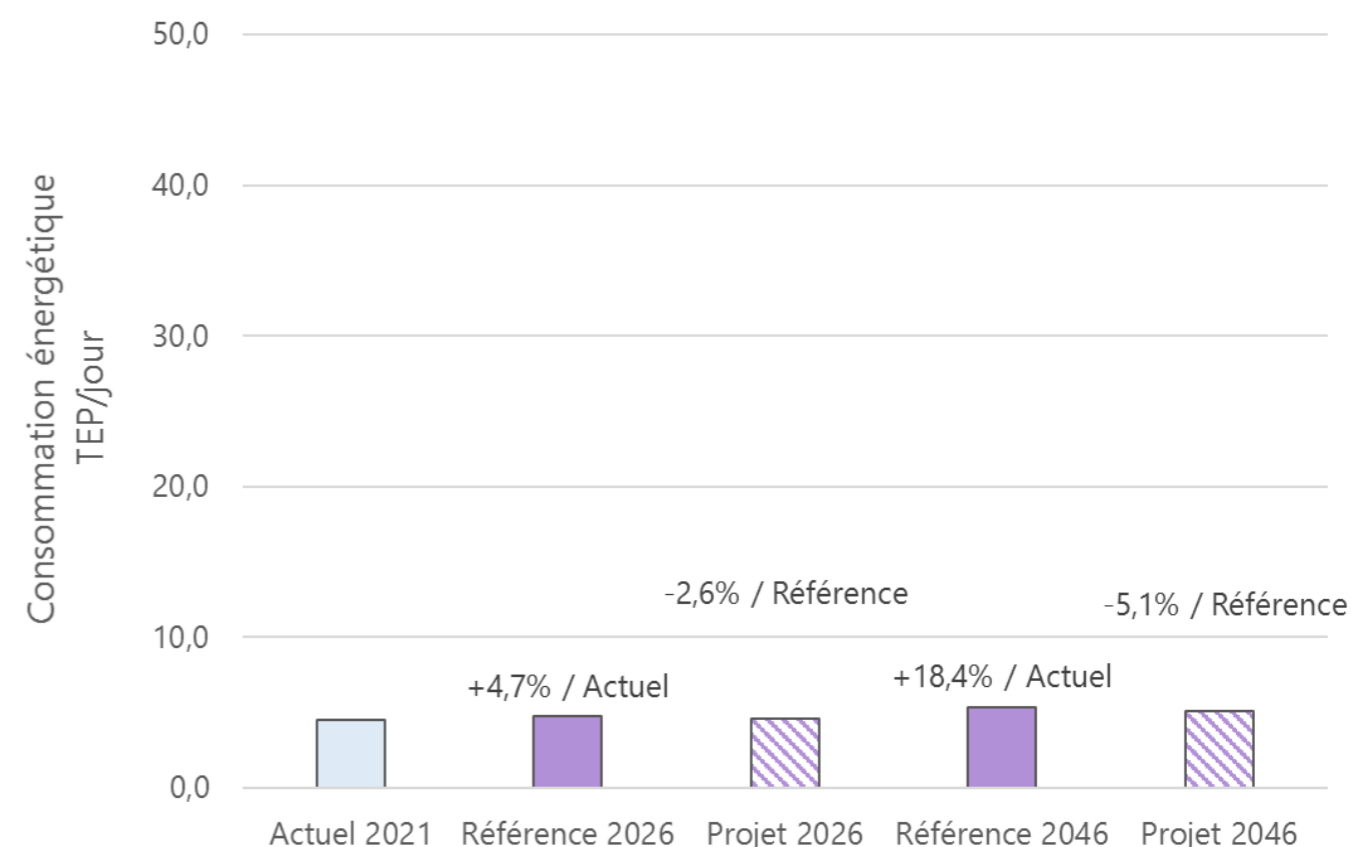


Figure 57 : Consommation énergétique totale des Poids lourds sur le domaine d'étude

VI.4. Bilan des émissions en polluants

Le bilan des émissions en polluants (et leurs variations), pour l'ensemble du domaine d'étude aux horizons étudiés pour tous les types de véhicules est présenté dans le Tableau 26.

Au cours du temps des diminutions des émissions des polluants, liée à l'amélioration technologique du parc roulant au fil du temps. Le nickel et l'arsenic font exception : étant davantage émis par les surémissions (usure, entretien des voies), ceux-ci sont peu concernés par l'évolution du parc roulant au fil de l'eau. Dans le cas des poids lourds, le trafic augmentant au fil de l'eau, les améliorations technologiques ne permettent pas de compenser cette augmentation.

En situation de projet par rapport à la situation de référence, les émissions des polluants (tous types de véhicules) diminuent jusqu'à -0,8 % en 2026 et jusqu'à -3,2 % en 2046, en cohérence avec la diminution du trafic routier en situation de projet.

L'évolution des émissions des poids lourds (PL) dans la bande d'étude est étudiée dans le Tableau 27. Le projet a un impact plus important sur les émissions des PL du domaine d'étude : Les émissions diminuent globalement d'environ -2,5 % en 2026 et d'environ -5,0 % en 2046.

Le projet a un impact bénéfique sur les émissions des Poids Lourds du domaine d'étude.

Tableau 26 : Émissions moyennes journalières sur le domaine d'étude

Bande d'étude tous types de véhicules confondus	CO	NOx	COVnM	SO ₂	PM10	PM2,5	Benzène	B(a)P	Nickel	Arsenic
	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	g/j	g/j	g/j
Actuel 2021	156,9	315,0	8,1	1,3	22,6	15,8	0,3	0,8	23,8	4,3
Référence 2026	103,2	212,4	3,9	1,3	18,6	12,0	0,1	0,7	23,7	4,3
Variation au « Fil de l'eau » 2026	-34,2%	-32,6%	-52,1%	0,6%	-17,6%	-23,9%	-62,7%	-16,0%	-0,5%	0,0%
Projet 2026	102,9	211,8	3,8	1,3	18,6	12,0	0,1	0,7	23,7	4,3
Impact du Projet 2026	-0,2%	-0,3%	-0,8%	-0,1%	-0,3%	-0,3%	0,0%	-0,1%	0,0%	0,0%
Référence 2046	71,0	64,8	3,2	1,4	14,3	8,4	0,04	0,4	23,3	4,3
Variation au « Fil de l'eau » 2046	-54,8%	-79,4%	-60,6%	8,1%	-36,6%	-46,8%	-84,8%	-55,3%	-2,0%	0,0%
Projet 2046	70,8	64,2	3,1	1,4	14,2	8,3	0,04	0,4	23,3	4,3
Impact du Projet 2046	-0,3%	-0,8%	-3,2%	-0,3%	-0,8%	-0,8%	-0,1%	-0,3%	0,0%	0,0%

Tableau 27 : Émissions moyennes journalières sur les poids lourds (PL) du domaine d'étude

Bande d'étude PL uniquement	CO	NOx	COVnM	SO ₂	PM10	PM2,5	Benzène	B(a)P	Nickel	Arsenic
	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	g/j	g/j	g/j
Actuel 2021	13,8	49,1	1,3	0,1	2,6	1,8	0,001	0,02	20,7	4,3
Référence 2026	8,4	23,6	1,2	0,1	2,4	1,5	0,001	0,02	20,7	4,3
Variation au « Fil de l'eau » 2026	-39,2%	-52,0%	-10,0%	1,6%	-10,8%	-18,0%	-37,3%	4,1%	0,0%	0,0%
Projet 2026	8,2	23,0	1,1	0,1	2,3	1,4	0,001	0,02	20,7	4,3
Impact du Projet 2026	-2,6%	-2,5%	-2,5%	-2,6%	-2,6%	-2,6%	-2,5%	-2,6%	0,0%	0,0%
Référence 2046	4,3	10,9	2,1	0,1	2,3	1,4	0,001	0,02	20,7	4,3
Variation au « Fil de l'eau » 2046	-69,0%	-77,7%	60,8%	-3,1%	-11,7%	-23,5%	-36,6%	14,7%	0,1%	0,0%
Projet 2046	4,1	10,4	2,0	0,1	2,2	1,3	0,001	0,02	20,7	4,3
Impact du Projet 2046	-5,0%	-4,9%	-5,0%	-5,2%	-5,0%	-5,1%	-5,0%	-5,1%	0,0%	0,0%

Le même constat est effectué concernant les gaz à effet de serre (GES) : Le projet entraîne une faible diminution des émissions de GES en 2026 (entre -0,3 % et -0,4 %) et entraîne une diminution en 2046 jusqu'à -1,2 %.

Tableau 28 : Émissions moyennes journalières en gaz à effet de serre sur le domaine d'étude

Bande d'étude tous types de véhicules confondus	CO ₂ T/j	N ₂ O kg/j	CH ₄ kg/j
Actuel 2021	120,7	5,8	2,1
Référence 2026	115,8	5,4	1,4
Variation au « Fil de l'eau » 2026	-4,1%	-7,2%	-35,7%
Projet 2026	115,4	5,3	1,4
Impact du Projet 2026	-0,3%	-0,4%	-0,3%
Référence 2046	96,9	3,8	0,9
Variation au « Fil de l'eau » 2046	-19,7%	-33,8%	-55,6%
Projet 2046	96,1	3,8	0,9
Impact du Projet 2046	-0,9%	-1,2%	-0,9%

L'évolution des émissions des poids lourds (PL) dans la bande d'étude est étudiée dans le Tableau 29. Le projet a un impact plus important sur les émissions de GES des PL du domaine d'étude : Les émissions diminuent globalement d'environ -2,5 % en 2026 et d'environ -5 % en 2046.

Le projet a un impact bénéfique et significatif sur les émissions de GES des Poids Lourds du domaine d'étude.

Tableau 29 : Émissions moyennes journalières en gaz à effet de serre sur les poids lourds (PL) du domaine d'étude

Bande d'étude PL uniquement	CO ₂ T/j	N ₂ O kg/j	CH ₄ kg/j
Actuel 2021	14,3	0,7	0,4
Référence 2026	14,9	0,8	0,2
Variation au « Fil de l'eau » 2026	4,4%	23,3%	-56,7%
Projet 2026	14,5	0,8	0,2
Impact du Projet 2026	-2,6%	-2,6%	-2,5%
Référence 2046	16,7	0,9	0,2
Variation au « Fil de l'eau » 2046	16,9%	35,5%	-57,2%
Projet 2046	15,8	0,8	0,2
Impact du Projet 2046	-5,1%	-5,1%	-5,0%

VI.5. Analyse des coûts collectifs

VI.5.1. Coûts liés à la pollution de l'air

Tableau 30 : Coûts liés à la pollution de l'air – Tous types de véhicules confondus

€ 2 015	Coût journalier en €		Impact
Actuel 2021	21 228,70 €		-
Référence 2026	17 580,70 €	-17,2%	/ Actuel
Projet 2026	17 549,40 €	-0,2%	/ Référence
Référence 2046	14 276,70 €	-32,7%	/ Actuel
Projet 2046	14 215,20 €	-0,4%	/ Référence

Par rapport à la situation actuelle, en situation de référence, les coûts collectifs évoluent en diminuant de -17,2 % en 2026 et de -32,7 % en 2046. Cette différence est due aux améliorations technologiques du parc roulant entraînant une diminution des émissions au fil du temps.

En situation de projet, les coûts liés à la pollution de l'air diminuent de -0,2 % en 2026 et de -0,4 % en 2046. Cette diminution est liée à l'évolution du trafic routier en situation de projet.

VI.5.2. Coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel

Tableau 31 : Coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel – Tous types de véhicules confondus

€ 2 015	Coût journalier en €		Impact
Actuel 2021	12 217,44 €		-
Référence 2026	21 029,39 €	+72,1%	/ Actuel
Projet 2026	20 958,73 €	-0,3%	/ Référence
Référence 2046	61 974,34 €	+407,3%	/ Actuel
Projet 2046	61 427,52 €	-0,9%	/ Référence

On observe une augmentation de +72,1 % entre la situation actuelle et la situation de référence 2026 et de +407,3 % en 2046. Cela s'explique par la hausse annuelle du prix de la tonne de CO₂ : en 2021 son coût s'élève à 101,25 € alors qu'en 2046, il atteint 639,41 €.

En situation de projet, les coûts collectifs liés à l'effet de serre additionnel diminuent de -0,3 % en 2026 et de -0,9 % en 2046, en cohérence avec l'évolution du trafic routier liée au projet.

VI.5.3. Coûts collectifs globaux

Tableau 32 : Coûts collectifs globaux du domaine d'étude – Tous types de véhicules confondus

€ 2 015	Coût journalier en €		Impact
Actuel 2021	33 446,14 €		-
Référence 2026	38 610,09 €	+15,4%	/ Actuel
Projet 2026	38 508,13 €	-0,3%	/ Référence
Référence 2046	76 251,04 €	+128,0%	/ Actuel
Projet 2046	75 642,72 €	-0,8%	/ Référence

Les coûts collectifs globaux augmentent au fil de l'eau par rapport à la situation actuelle en 2026 de +15,4 % et de +128,0 % en 2046. Ceci s'explique par l'augmentation du trafic à ces horizons ainsi qu'à l'augmentation du prix de la tonne de CO₂ par rapport à la situation actuelle. Les améliorations technologiques du parc roulant et la diminution du trafic au fil de l'eau ne sont pas suffisantes pour contrebalancer ces augmentations.

En situation de projet, les coûts collectifs globaux du domaine d'étude diminuent faiblement avec -0,3% en 2026 et -0,8 % en 2046, en cohérence avec l'évolution du trafic routier liée au projet.

Le tableau suivant présente les coûts collectifs globaux du domaine d'étude liés aux Poids Lourds (PL) uniquement. Ainsi le projet entraîne une diminution des coûts collectifs globaux liés aux poids lourds significatives avec -1,5 % en 2026 et -4,2% en 2046.

Tableau 33 : Coûts collectifs globaux des PL uniquement du domaine d'étude

€ 2 015	Coût journalier en €		Impact
Actuel 2021	6 184,82 €		-
Référence 2026	7 023,83 €	+13,6%	/ Actuel
Projet 2026	6 921,87 €	-1,5%	/ Référence
Référence 2046	14 585,41 €	+135,8%	/ Actuel
Projet 2046	13 977,10 €	-4,2%	/ Référence

Le projet entraîne une diminution des coûts collectifs globaux, suite à la diminution du trafic routier du domaine d'étude. Cette diminution est concentrée principalement sur les coûts liés aux poids lourds.

VII. TRAFIC FERROVIAIRE : CALCUL DES EMISSIONS DE POLLUANTS

VII.1. Données d'entrée trafic ferroviaire

Les données d'entrée ont été fournies par SNCF Réseau (v10.1) concernant les frets circulant sur le réseau ferroviaire national (RFN) et le réseau ferroviaire portuaire (RFP). Il a été considéré 1 motrices diesel par fret ayant une consommation de 3L/km. Les trajets empruntés et le nombre de train pour chaque horizon (2021, 2026 et 2046) et scénario (actuel, situation de référence et situation avec projet) sont présentées en annexe au paragraphe XX.

Il faut noter qu'à partir de 2035 en situation de projet, les trains seront équipés de motrices « faibles émissions ».

Concernant les frets thermiques, une diminution des frets.km parcourus est observée au fil de l'eau, avec -44,5 % en 2026 et -40,1 % en 2046 par rapport à la situation actuelle 2021. Ceci est dû à la fermeture de la gare du Canet en situation de référence : le trafic des frets est reporté sur les PL.

Le projet entraîne une variation des frets.km parcourus par rapport à la situation de référence : de +170,6 % en 2026 et de -100 % en 2046. Cette augmentation des frets en 2026 permet en réalité de diminuer de façon importante le nombre de PL.

En 2046 en situation de projet, les motrices deviennent non polluantes, celles-ci sont considérées comme à faible émission.

Il faut noter que les frets électriques sont également pris en compte dans le calcul des émissions des particules totales en suspension (TSP). L'évolution du trafic de ces frets électriques est présentée ci-après. Au fil de l'eau et en situation de projet, le même constat est effectué que sur les frets thermiques.

L'impact du projet sur les frets électriques.km parcourus, par rapport à la situation de référence est de +202,6 % en 2026 et de -100 % en 2046. En effet en 2046 le projet intègre des motrices à faible émission dans le but d'améliorer la qualité de l'air locale.

Tableau 34 : Évolution du trafic ferroviaire des frets thermique dans la bande d'étude

Scénario	Année	frets.km parcourus (thermiques)	Impact
Actuel	2021	73	-
Référence : « au fil de l'eau »	2026	41	-44,5% / Actuel
Projet		110	+170,6% / Référence
Référence : « au fil de l'eau »	2046	44	-40,1% / Actuel
Projet		0	-100% / Référence

Tableau 35 : Évolution du trafic ferroviaire des frets électriques dans la bande d'étude

Scénario	Année	frets.km parcourus (électriques)	Impact
Actuel	2021	46	-
Référence : « au fil de l'eau »	2026	13	-71,1% / Actuel
Projet		40	+202,6% / Référence
Référence : « au fil de l'eau »	2046	15	-67,7% / Actuel
Projet		0	-100% / Référence

Tableau 36 : Évolution du trafic ferroviaire des frets à faible émission dans la bande d'étude

Scénario	Année	frets.km parcourus (électriques)	Impact
Actuel	2021	0	-
Référence : « au fil de l'eau »	2026	0	0% / Actuel
Projet		0	0% / Référence
Référence : « au fil de l'eau »	2046	0	0% / Actuel
Projet		268	+100% / Référence

VII.1. Consommation des trains

Selon les informations fournies par la SNCF Réseau, il a été considéré une consommation de 3L/km par motrice diesel. La consommation des trains a été considérée comme constante dans le temps, faute d'information à ce sujet.

Ainsi, un train fret (avec 1 motrice diesel) a une consommation d'environ 0,12 GJ/km.

VII.2. Facteurs d'émission du transport ferroviaire

Les émissions sont essentiellement dues à l'utilisation de combustible fossile (gazole) par les locomotives et autres engins à moteurs Diesel tels que les locotracteurs. Les émissions issues de l'abrasion des freins, des rails et des caténaires par les engins à moteur Diesel et électriques sont aussi prises en compte. Les émissions des sources fixes (gares, locaux, etc.) ne sont pas considérées dans cette étude.

Les facteurs d'émissions sont issus de la 19^{ème} édition du rapport de l'Organisation et Méthode des Inventaires Nationaux des Emissions Atmosphériques en France (OMINEA), de Mars 2022.

Emissions des Gaz à Effets de Serre :

- CO₂ : 2 650 g/km ;
- CH₄ : 10,6 g/GJ¹ ;
- N₂O : 2,93 g/GJ ;

Emissions de polluants :

Combustion

Les émissions des polluants des appareils de Phase III B ont été retenus et ceux déterminés pour les locomotives et autorails.

- NO_x : 1 373 g/GJ ;
- COVNM : 105 g/GJ ;
- CO : 423 g/GJ ;
- NH₃ : 0,164 g/GJ ;
- TSP (Particules poussières totales en suspension) : 3,7 g/GJ ;
- PM₁₀ : 3,5 g/GJ ;
- PM_{2,5} : 3,4 g/GJ ;
- HAP :
 - Benzo[a]Pyrène (BAP) : 1,1 mg/GJ ;
 - Benzo[b]Fluorenthène (BbF) : 1,28 mg/GJ ;
 - Benzo[k]fluorenthène (BkF) : 1,11 mg/GJ ;
 - Indéno(1,2,3)Pyrène (IndPy) : 0,99 mg/GJ ;
 - Benzo(ghi)Pérylène (BghiPe) : 2,33 mg/GJ ;
 - Benzo(a)Anthracène (BaA) : 1,05 mg/GJ ;
 - Dibenzo(ah)Anthracène (BahA) : 0,22 mg/GJ ;
 - Fluoranthène (FluorA) : 14,9mg/GJ ;

Abrasion (particules totales en suspension TSP)

- Abrasion des freins : 15,6 g/km ;
- Abrasion des rails et roues : 6,76 g/km ;
- Abrasion des caténaires : 0,16 g/km ;

Les frets utilisant une motrice thermique émettent des polluants issus de la combustion et de l'abrasion. Tandis qu'un fret électrique n'est pas émetteur de polluants liés à la combustion, il ne sera considéré que les émissions liées à l'abrasion ainsi que l'émission du CO₂.

A partir de 2035, le MOA a décidé d'inclure dans le projet des trains à motrice à faible émission pour lesquelles ne seront considérées que les émissions liées à l'abrasion.

¹ Le Joule (J) est une unité pour quantifier l'énergie, le travail et la quantité de chaleur. 1 kW.h vaut 0,0036 GJ.

VII.3. Bilan des émissions de polluants atmosphériques liées au trafic ferroviaire

Tableau 37 : Émissions de polluants atmosphériques par les frets

Emissions en kg/jour	Horizon	Combustion														Abrasion			
		Composés gazeux				Composés particuliers : TSP			HAP dans les particules							Freins (TSP)	Rails et roues	Usure des caténaires (TSP)	
		NOx	COVnM	CO	NH ₃	TSP	PM10	PM2,5	BAP	BbF	BkF	IndPy	BghiPe	BaA	BahA				FluorA
Situation actuelle	2021	12,0	0,9	3,7	0,001	0,03	0,03	0,03	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00002	0,00001	0,000002	0,0001	1,9	0,8	0,02
Situation de référence		6,7	0,5	2,1	0,001	0,02	0,02	0,02	0,000005	0,000006	0,000005	0,000005	0,00001	0,000005	0,000001	0,0001	0,8	0,4	0,01
Impact au fil de l'eau par rapport à la situation actuelle		-44%	-44%	-44%	-44%	-44%	-44%	-44%	-44%	-44%	-44%	-44%	-44%	-44%	-44%	-44%	-55%	-55%	-55%
Situation de projet	2026	10,8	0,8	3,3	0,001	0,03	0,03	0,03	0,000009	0,000010	0,000009	0,000008	0,000018	0,000008	0,000002	0,0001	1,0	0,4	0,01
Impact du projet par rapport à la situation de référence en %		61%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	21%	21%	21%
Situation de référence		7,2	0,6	2,2	0,001	0,02	0,02	0,02	0,000006	0,000007	0,000006	0,000005	0,000012	0,000006	0,000001	0,0001	0,9	0,4	0,009
Impact au fil de l'eau par rapport à la situation actuelle		-40%	-40%	-40%	-40%	-40%	-40%	-40%	-40%	-40%	-40%	-40%	-40%	-40%	-40%	-40%	-51%	-51%	-51%
Situation de projet	2046	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8	0,8	0,02
Impact du projet par rapport à la situation de référence en %		-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	-100%	98%	98%	98%

Tableau 38 : Émissions de GES par les frets

	Horizon	CO ₂ (kg/j)	CH ₄ (kg/j)	N ₂ O (kg/j)
Situation actuelle	2021	193,9	0,1	0,03
Situation de référence		107,7	0,1	0,01
Impact au fil de l'eau par rapport à la situation actuelle		-44%	-44%	-44%
Situation de projet	2026	291,3	0,1	0,04
Impact du projet par rapport à la situation de référence en %		171%	171%	171%
Situation de référence		116,1	0,1	0,02
Impact au fil de l'eau par rapport à la situation actuelle		-40%	-40%	-40%
Situation de projet	2046	0	0	0
Impact du projet par rapport à la situation de référence en %		-100%	-100%	-100%

Il faut noter qu'en situation de référence le trafic ferroviaire diminue au fil de l'eau par rapport à la situation de référence : le scénario de référence prend en compte la fermeture du Canet, la diminution des trains est en revanche suivie d'une augmentation du nombre de poids lourds (PL) pour compenser.

En situation de projet, grâce au Raccordement de Mourepiane, les frets sont à nouveau en activité et permettent de diminuer le nombre de PL.

La situation de projet induit une variation des émissions atmosphériques issues du trafic ferroviaire jusqu'à +61 % en 2026 puis une diminution de la majorité des polluants de -100 % en 2046. Cela s'explique par la mise en place en projet de motrices non polluantes dès 2035, permettant la diminution des émissions à l'horizon 2046 par rapport à la situation de référence.

Il faut rappeler que l'augmentation du nombre de frets en 2026 en situation de projet permet de diminuer la circulation de PL. A partir de 2035, les frets thermiques sont remplacés en situation de projet par des motrices à faible émission.

VIII. BILAN GLOBAL DES EMISSIONS (FERROVIAIRE + TRAFIC ROUTIER)

Le tableau ci-dessous présente la somme des émissions ferroviaires et routières du domaine d'étude (en kg/jour).

Le projet entraîne une augmentation des émissions (routier + ferroviaire) entre la situation de référence et la situation de projet en 2026. Cela est dû à la prise en compte de la fermeture de la gare du Canet dans la situation de référence et également aux améliorations du parc roulant routier et à l'inverse aucune amélioration dans le temps des émissions ferroviaires.

Le graphique ci-contre met en avant la consommation dans le temps d'un PL.km, d'un (VL+PL).km et d'un fret.km dans cette étude. On remarque donc que la consommation d'un PL.km est beaucoup plus basse qu'un fret.km.

En revanche la mise en place de locomotives à faible émission en 2035 en situation de projet permet d'avoir des émissions de train plus avantageuses que celle des PL dès 2035.

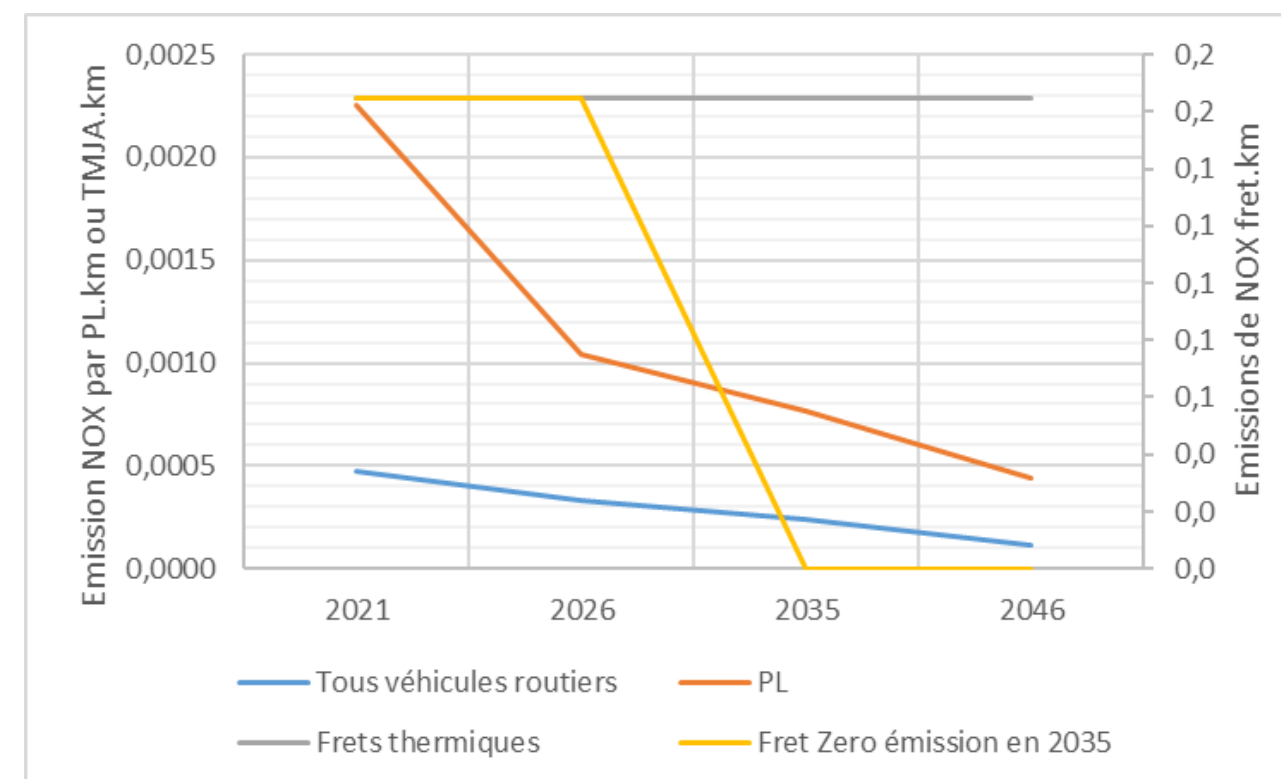


Figure 58 : Émissions de NOx/km parcourus par type de véhicules émetteur

Tableau 39 : Émissions de polluants atmosphériques par le trafic routier et les frets

Emissions routières + Emissions ferroviaires	NOx	NM VOC	CO	PM10	PM2,5	Benzo(a)pyrène	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j
Situation actuelle 2021	327,1	9,0	160,6	22,6	15,8	0,001	314,5	5,8	2,2
Situation de référence 2026	219,1	4,4	105,2	18,6	12,0	0,001	223,4	5,4	1,4
Variation au « Fil de l'eau » 2026	-33%	-51%	-34%	-18%	-24%	-16%	-29%	-7%	-36%
Situation de projet 2026	222,6	4,7	106,3	18,6	12,0	0,001	406,6	5,4	1,5
Impact du projet en 2026 par rapport à la situation de référence en %	2%	6%	1%	-0,3%	-0,2%	0,4%	82%	0,1%	6%
Situation de référence 2046	72,0	3,7	73,2	14,3	8,4	0,0004	213,0	3,8	1,0
Variation au « Fil de l'eau » 2046	-78%	-59%	-54%	-37%	-47%	-55%	-32%	-34%	-55%
Situation de projet 2046	64,2	3,1	70,8	14,2	8,3	0,0004	96,1	3,8	0,9
Impact du projet en 2046 par rapport à la situation de référence en %	-11%	-18%	-3%	-1%	-1,0%	-1,9%	-55%	-1,6%	-6%

Les émissions en situation de projet 2026 sont comparées à la situation actuelle, sur la même année du parc roulant (afin de s'affranchir des améliorations du parc roulant au fil de l'eau), dans le tableau ci-dessous.

Il est observé une diminution des émissions pour la majorité des polluants : entre -1 % et -4 %.

Contrairement au parc roulant routier, les différents guides et documents cadre ne prennent pas en compte d'évolution du parc ferroviaire en matière de réduction des polluants émis dans les années à venir.

Face à ce constat, le Port de Marseille Fos a décidé de restreindre l'accès à ces emprises, uniquement aux trains fret équipés de motrices à faible émission dès l'horizon 2035.

Le projet en 2026 permet de réduire les émissions du domaine d'étude par rapport à la situation actuelle de la majorité des polluants.

Tableau 40 : Impact du projet en 2026 sur les émissions de polluants atmosphériques (trafic routier et frets) par rapport à la situation actuelle 2021 – Comparaison sur le même parc roulant routier

Emissions routières (parc roulant 2021) + Emissions ferroviaires	NOx	NMVOG	CO	PM10	PM2,5	Benzo(a)pyrène	CO₂	N₂O	CH₄
	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j	kg/j
Situation actuelle 2021	327,1	9,0	160,6	22,6	15,8	0,001	314,5	5,8	2,2
Situation de projet 2026	315,7	8,6	154,6	21,8	15,3	0,001	407,8	5,6	2,2
Impact du projet en 2026 par rapport à la situation actuelle (en conservant le parc roulant 2021)	-3%	-4%	-4%	-3%	-3%	-4%	30%	-3%	-1%

IX. EFFET DU PROJET SUR LES NAVIRES ET SUR LA POLLUTION DES ENGINs DE MANUTENTION

IX.1. Effets du projet sur les navires

Le port de Marseille Fos a déjà engagé des actions importantes de branchement des navires à quai. On peut considérer qu'en 2026 les ferries Corse et Maghreb seront branchés à quai. Des navires de croisières sont d'ores et déjà passé au GNL. En effet :

- 4 navires Corses sont branchés depuis 2019/2020
- 4 postes à quais seront équipés pour les navires du Maghreb
- Branchement des navires de croisière programmé et en cours d'étude dans le cadre d'un cofinancement de la Région
- Développement d'un système d'avitaillement des navires en GNL; 12% des navires de croisières sont propulsés par du GNL (pas de SOx, pas de particules, et NOx et CO₂ réduits)

Depuis 2017, le port de Marseille Fos a instauré les prix de l'Environmental Ship Index (ESI) dans le but de soutenir l'initiative mondiale World Port Climate Initiative (WPCI). Cette initiative récompense les navires des entreprises qui dépassent les normes réglementaires en matière de performance environnementale. En pratique, les entreprises maritimes qui utilisent les navires les plus respectueux de l'environnement en termes d'émissions atmosphériques sont mises en valeur et bénéficient d'une gratification environnementale sous forme de réduction des frais portuaires.

Sans débouché ferroviaire, le scénario de référence conduit à un tassement des marchandises diverses sur les bassins Est. A contrario, l'amélioration des accès ferroviaires favorisera la fixation de certains flux sur le port. Le différentiel entre ces deux scénarios est évalué à 30 000 conteneurs par an au bout de 20 ans.

Ce différentiel se traduira surtout par des taux de remplissage plus important ou par des navires plus gros. Néanmoins, ce différentiel pourrait également se traduire par un différentiel en 2046 de 1 ou 2 escales par semaine, soit au maximum 100 escales par an.

D'autre part, pour les navires la directive SECA s'appliquera à partir de 2025 et imposera du carburant désulfuré sur la méditerranée avec un impact immédiat sur les émissions de soufre. Par ailleurs, le port s'inscrit dans la directive européenne « fit for 55 » qui impose une réduction des émissions de 55% des émissions pour le maritime en 2030 pour tendre vers la neutralité carbone en 2050. Le port de Marseille Fos va préciser sa trajectoire de réduction au cours de l'année 2023.

IX.2. Effets du projet sur les engins de manutention

Les conteneurs sont actuellement chargés sur les PL par des reachstckers. Le temps de chargement est de 5 min avec une consommation de 40L/h. On peut donc considérer une consommation de 3,6l de gasoil par conteneurs.

Le chargement des conteneurs sur les trains se feront via des portiques électriques, donc il n'y aura pas de consommation de gasoil supplémentaires liées au projet.

Le chargement des remorques des PL sur les trains se fait via les reachstackers avec la même consommation de 3,6l de gasoil par conteneurs.

Les consommations de ces engins de manutention bien que négligeables par rapport aux trafics routiers et ferroviaires engendrés, ont été intégrées dans les modélisations de la dispersion atmosphérique.

X. MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE

X.1. Méthodologie des calculs

Le logiciel utilisé pour cette modélisation est le logiciel Aria Impact v1.8. La méthodologie et les paramètres pris en compte sont détaillés au paragraphe II.4.

Il faut noter que les émissions ferroviaires et routières ont été intégrées aux calculs.

X.2. Résultats des modélisations

Conformément à la note méthodologique du 22 février 2019, les concentrations des polluants d'intérêt ont été modélisées aux horizons et scénarios suivants :

- Actuel 2021 ;
- 2026 :
 - Mise en service du projet ;
 - Situation de référence sans projet : au fil de l'eau ;
- 2046 :
 - Mise en service du projet+ 20 ans ;
 - Situation de référence sans projet : au fil de l'eau ;

Selon la note méthodologique, la distribution et répartition spatiale des concentrations du dioxyde d'azote et des particules (PM10 et PM2,5) sont étudiées.

Afin de tenir compte des pollutions générées par d'autres sources d'émissions : les concentrations de fond de polluants de la zone ont été renseignées dans le modèle de calcul (cf Tableau 2).

Dans le cadre de l'interprétation des résultats, il faut noter que les concentrations de fond intégrées aux calculs sont :

- *Toutes supérieures aux seuils annuels de l'OMS (cf paragraphe IV.1) ;*
- *Pour les PM2,5, très proches de l'objectif de qualité annuel français de 10 µg/m³ ;*

X.2.1. Modélisation du dioxyde d'azote

Le tableau suivant présente les statistiques des concentrations en dioxyde d'azote modélisées dans la bande d'étude.

Les colonnes Actuelle, Référence et Projet indiquent les statistiques obtenues sur les points de calculs, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les concentrations.

La colonne Différence représente les statistiques obtenues sur les variations des concentrations calculées en chaque point de calcul, entre la situation de projet et la situation de référence dans la bande d'étude (Le calcul effectué étant une **soustraction : Projet – Référence**). Par exemple, pour le maximum de la colonne différence, il s'agit de la différence maximale obtenue lorsque l'on calcule la différence entre chaque point de calcul. Ainsi le maximum de $+1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2026 n'est pas forcément situé au même point que le maximum de $-0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2046.

Tableau 41 : Statistiques des concentrations en dioxyde d'azote modélisées dans la bande d'étude pour tous les horizons et scénarios étudiés

	2021	2026			2046		
	Actuelle	Référence	Projet	Différence (Pro-Ref)	Référence	Projet	Différence (Pro-Ref)
Unité	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Maximum	36,2	33,1	33,7	1,1	28,4	28,2	-0,01
Percentile 90	33,3	31,1	31,3	0,3	27,8	27,6	-0,02
Moyenne	29,9	28,6	28,8	0,1	26,9	26,9	-0,1
Médiane	29,5	28,4	28,5	0,1	26,8	26,8	-0,1
Percentile 25	28	27,4	27,4	0,04	26,5	26,5	-0,12
Minimum	26,5	26,3	26,4	0,01	26,2	26,2	-0,47
Ecart-type	2,2	1,5	1,6	0,1	0,5	0,5	0,1

Il est observé que la moyenne de toutes les concentrations modélisées dans la bande d'étude, et également la concentration maximale modélisée dans la bande d'étude, à tous les horizons et scénarios (avec et sans projet), sont inférieures à la valeur seuil réglementaire et à l'objectif de qualité (tous deux de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle).

Toutes les concentrations modélisées sont supérieures au nouveau seuil de recommandation de l'OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), toutefois la concentration de fond incluse dans les calculs dépasse déjà cette valeur avec $26,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (AtmoSud Marseille Longchamp 2019).

Au fil de l'eau, suite à l'amélioration du parc roulant, entraînant la diminution des émissions liées au trafic routier, les concentrations calculées dans la bande d'étude diminuent.

L'impact du projet sur les concentrations est très faible avec une moyenne de $+0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2026 et de $-0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2046.

Localement, l'impact du projet sur les concentrations reste faible : Allant au maximum jusqu'à $+1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2026 et jusqu'à $-0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2046.

Globalement, le projet a un impact très faible sur les concentrations en dioxyde d'azote de la bande d'étude.

La répartition spatiale des concentrations est présentée dans des cartographies représentant, pour chaque scénario et horizon, le résultat de la modélisation des concentrations. Les statistiques dans la bande d'étude sont également rappelées sur chaque cartographie.

En étudiant la répartition spatiale des concentrations, on constate que les concentrations les plus élevées sont situées le long de l'A55.

Concernant la répartition spatiale de l'impact du projet (différence entre les concentrations : projet – référence), il est observé que :

- En 2026 le projet entraîne de faibles augmentations des concentrations dans la bande d'étude par rapport à la situation de référence. Tandis qu'en 2046, le projet permet une diminution globale des concentrations de la bande d'étude ;
- L'impact le plus élevé $+1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2026 est situé au niveau de la voie ferrée (à proximité faisceau saint andré – secteur 2) ;
- L'impact le plus élevé en 2046 est en réalité une amélioration de la concentration de $-0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, située à l'extrémité de la bande d'étude ;
- L'impact minimum en 2026 est situé en bordure de la bande d'étude, loin de l'influence des axes routiers. Tandis qu'en 2046 l'impact minimum correspond à une diminution de la concentration de $-0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au niveau du boulevard des Bassins de Radoub ;

Le projet à terme, entraîne une diminution des concentrations de la bande d'étude et donc un impact bénéfique sur la qualité de l'air.



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet
 Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote
 Situation actuelle - Horizon 2021

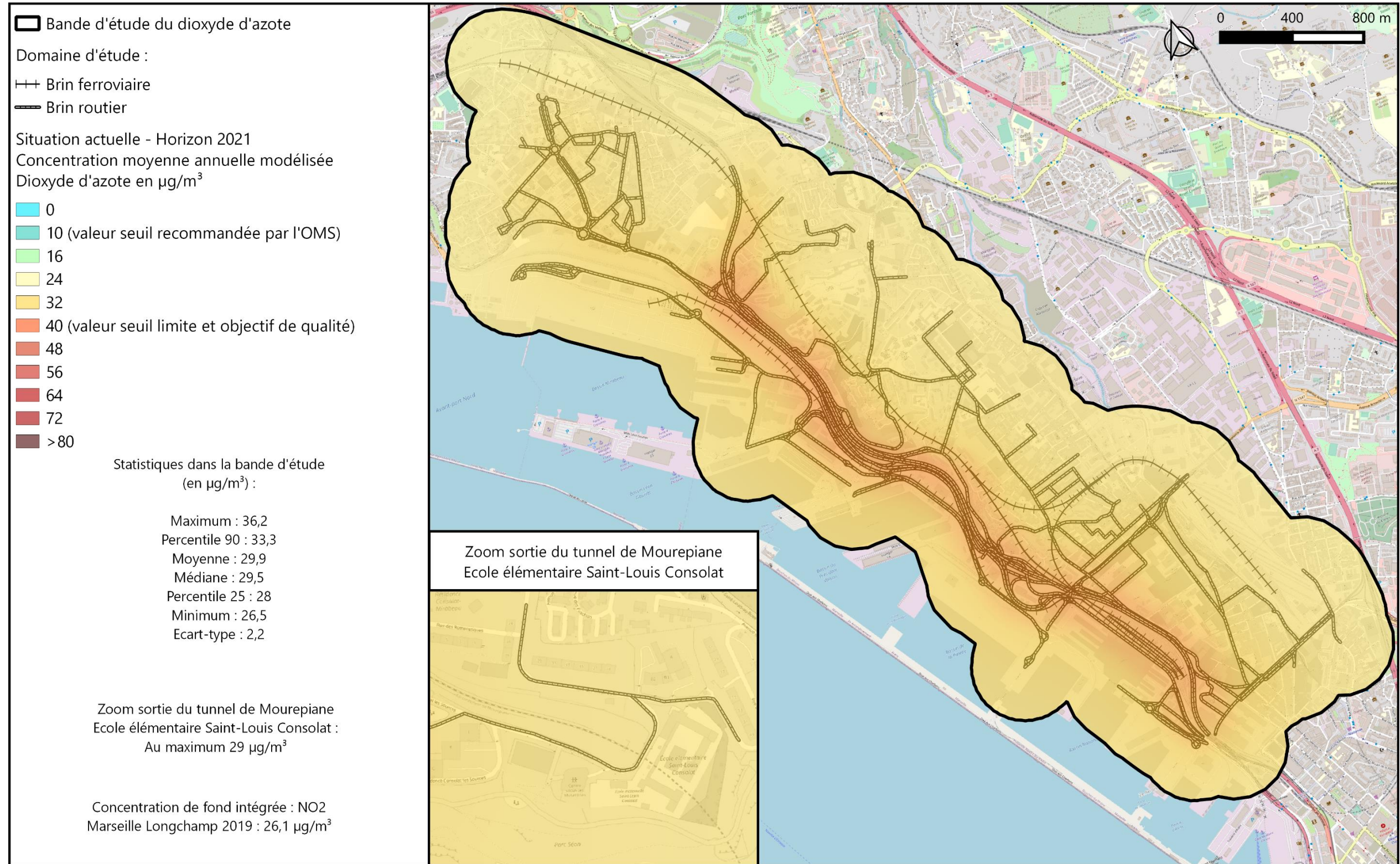


Figure 59 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote – Situation Actuelle 2021



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet
 Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote
 Situation de référence - Horizon 2026

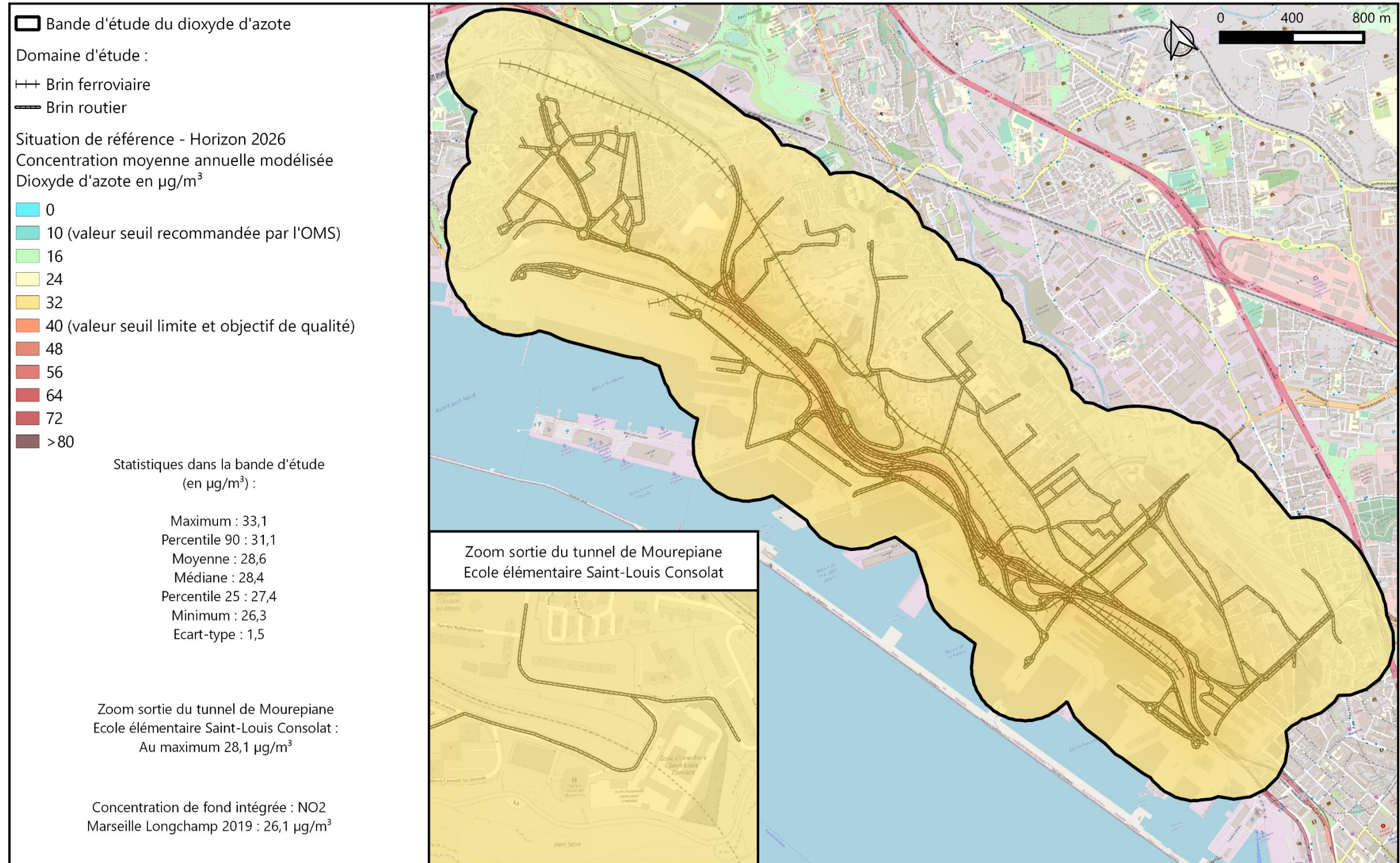


Figure 60 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote – Situation Référence – Horizon 2026



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet
 Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote
 Situation de projet - Horizon 2026

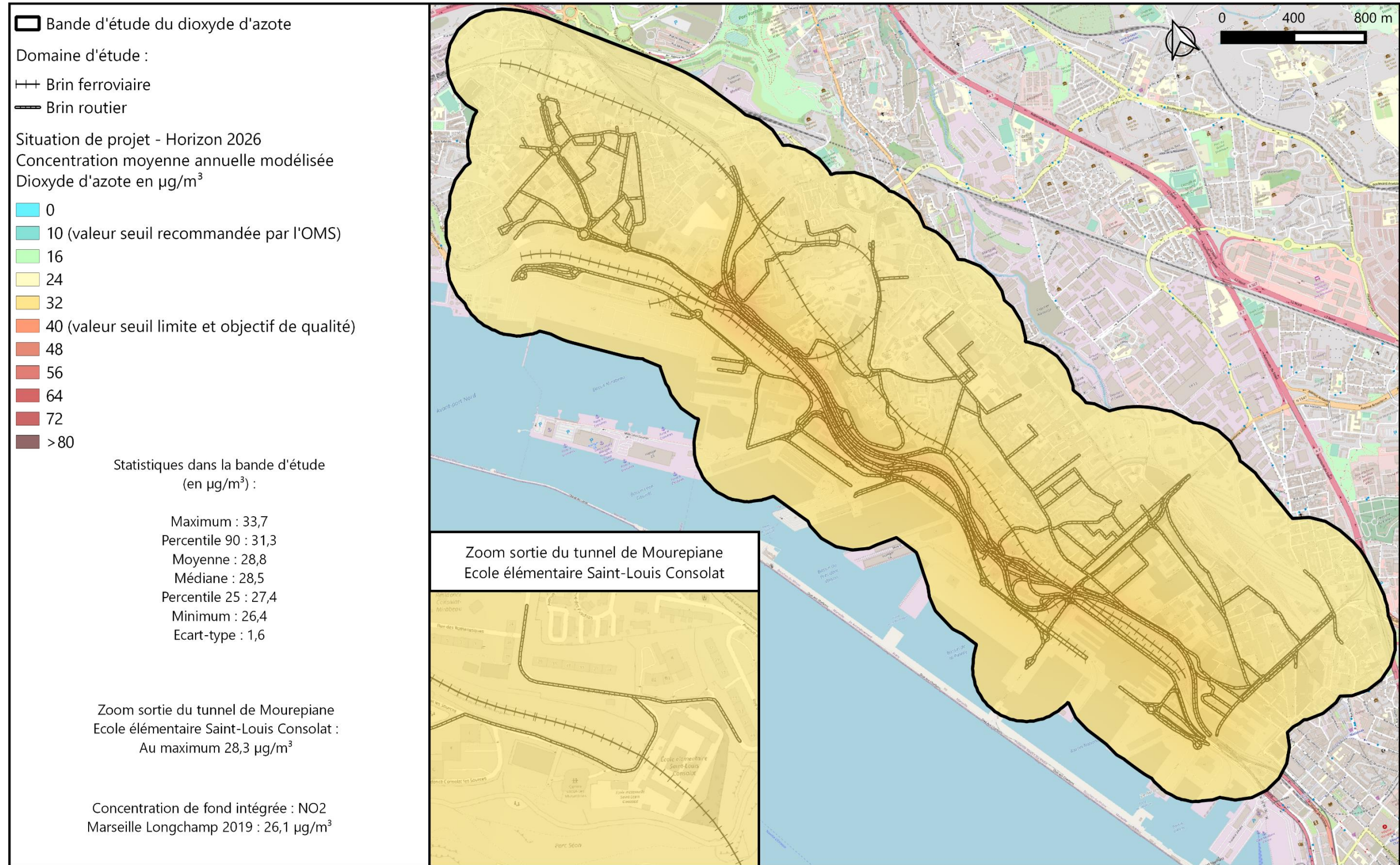


Figure 61 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote – Situation avec projet – Horizon 2026



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet
 Dioxyde d'azote - Ecart entre les concentrations modélisées
 Entre le projet et la situation de référence - Horizon 2026

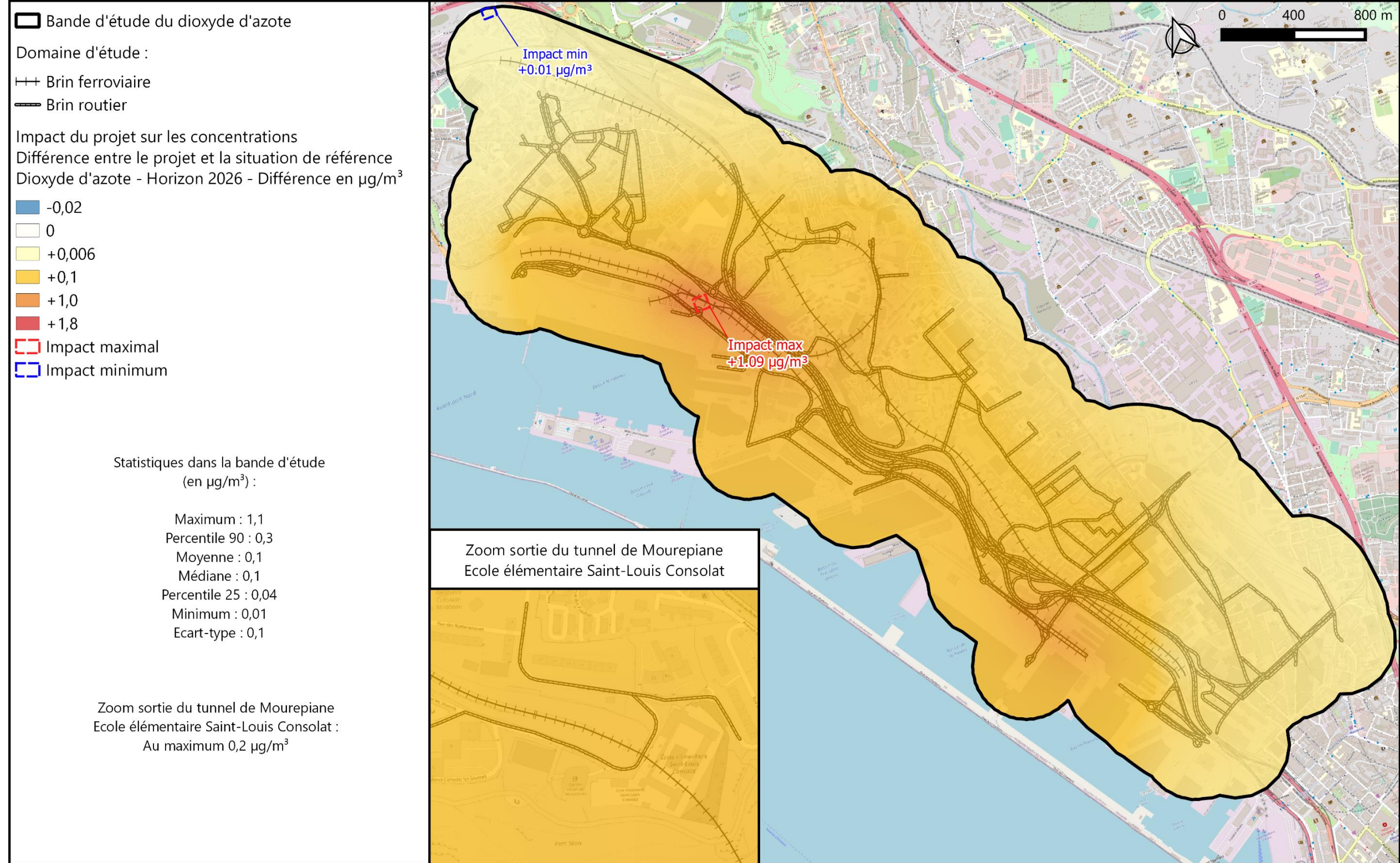


Figure 62 : Différence entre les concentrations moyennes annuelles modélisées en situation de projet et en situation de référence - Dioxyde d'azote – Horizon 2026



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet
 Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote
 Situation de référence - Horizon 2046

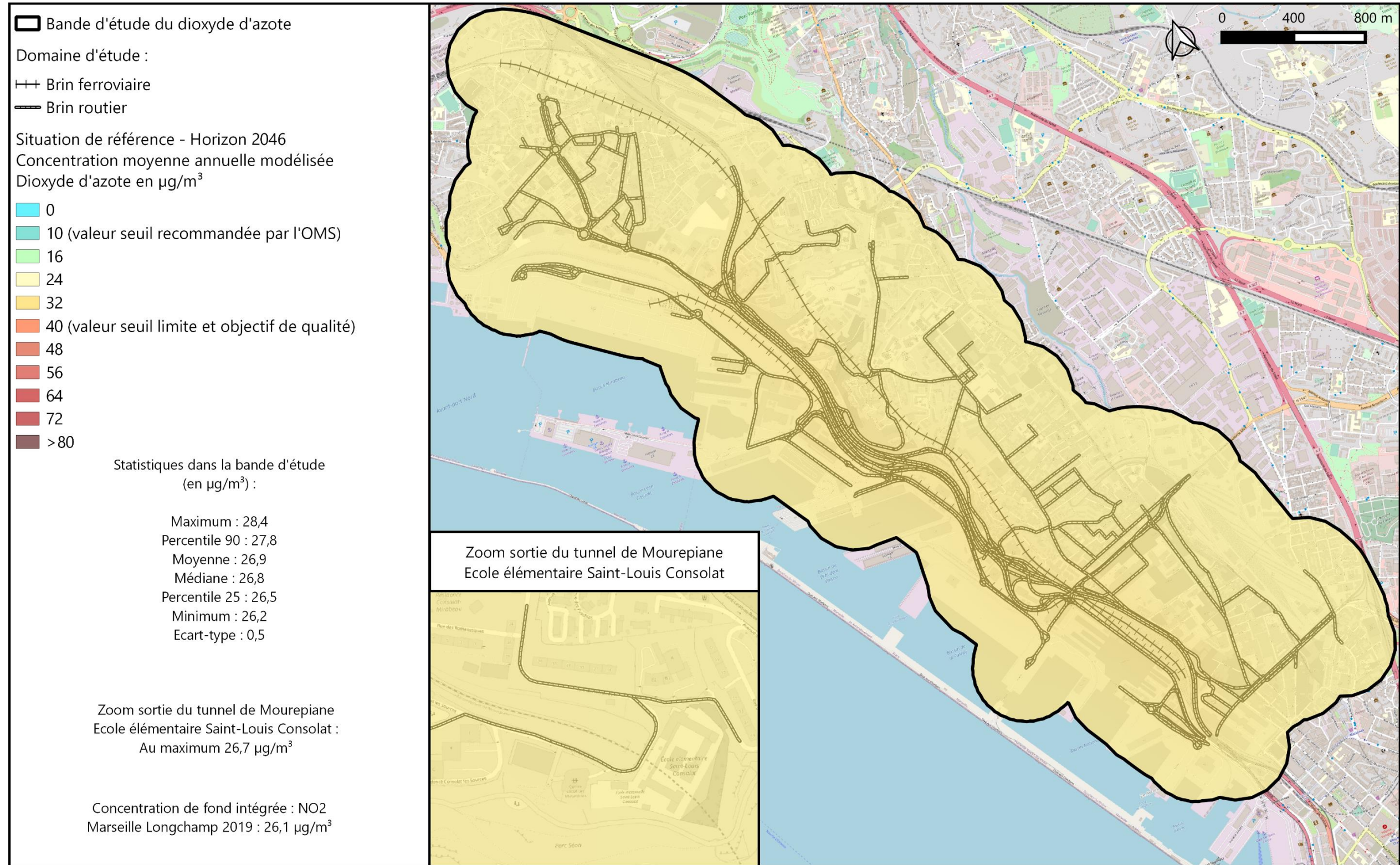


Figure 63 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote – Situation Référence – Horizon 2046



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet
 Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote
 Situation de projet - Horizon 2046

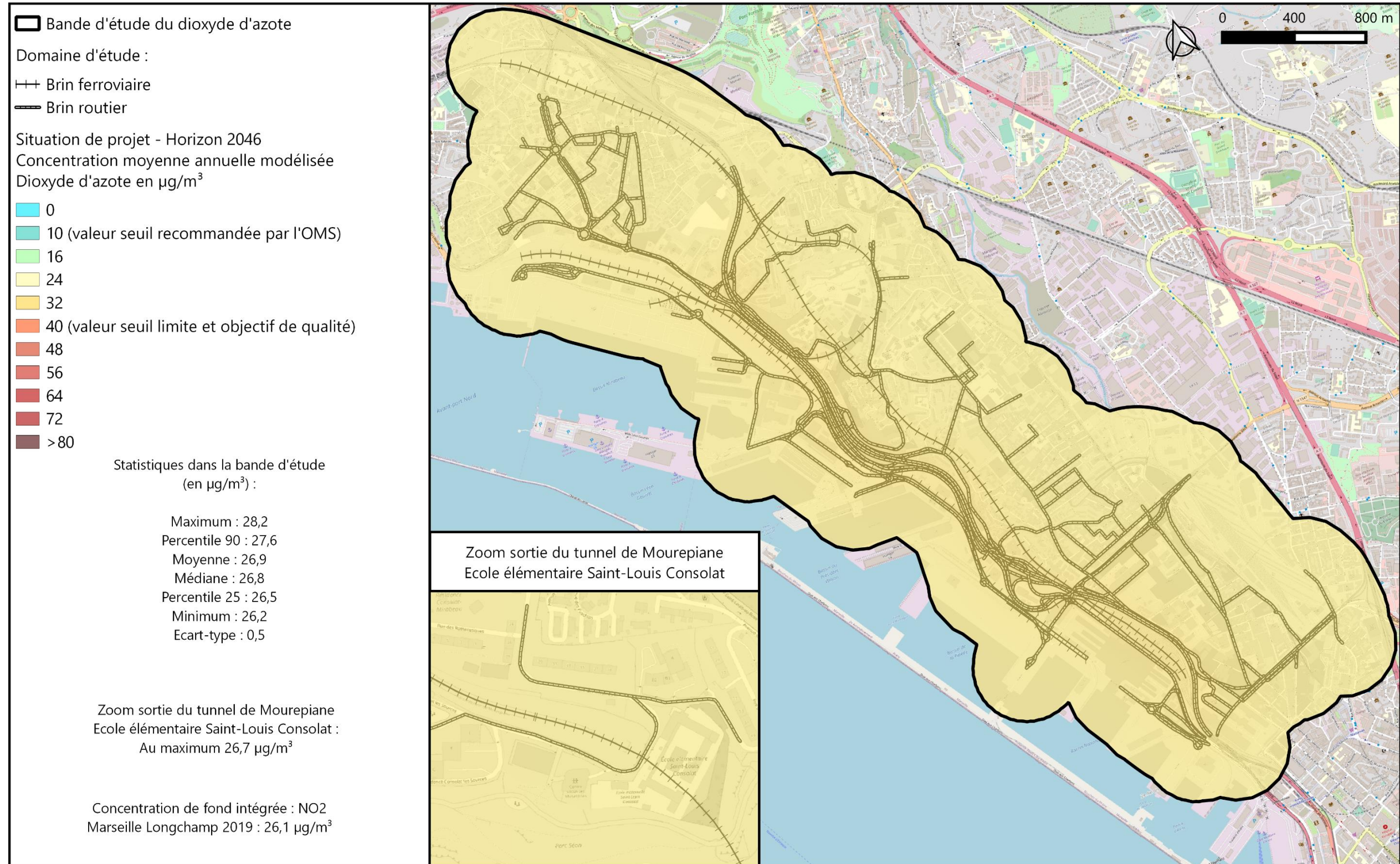


Figure 64 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en dioxyde d'azote – Situation avec projet – Horizon 2046



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet
 Dioxyde d'azote - Ecart entre les concentrations modélisées
 Entre le projet et la situation de référence - Horizon 2046

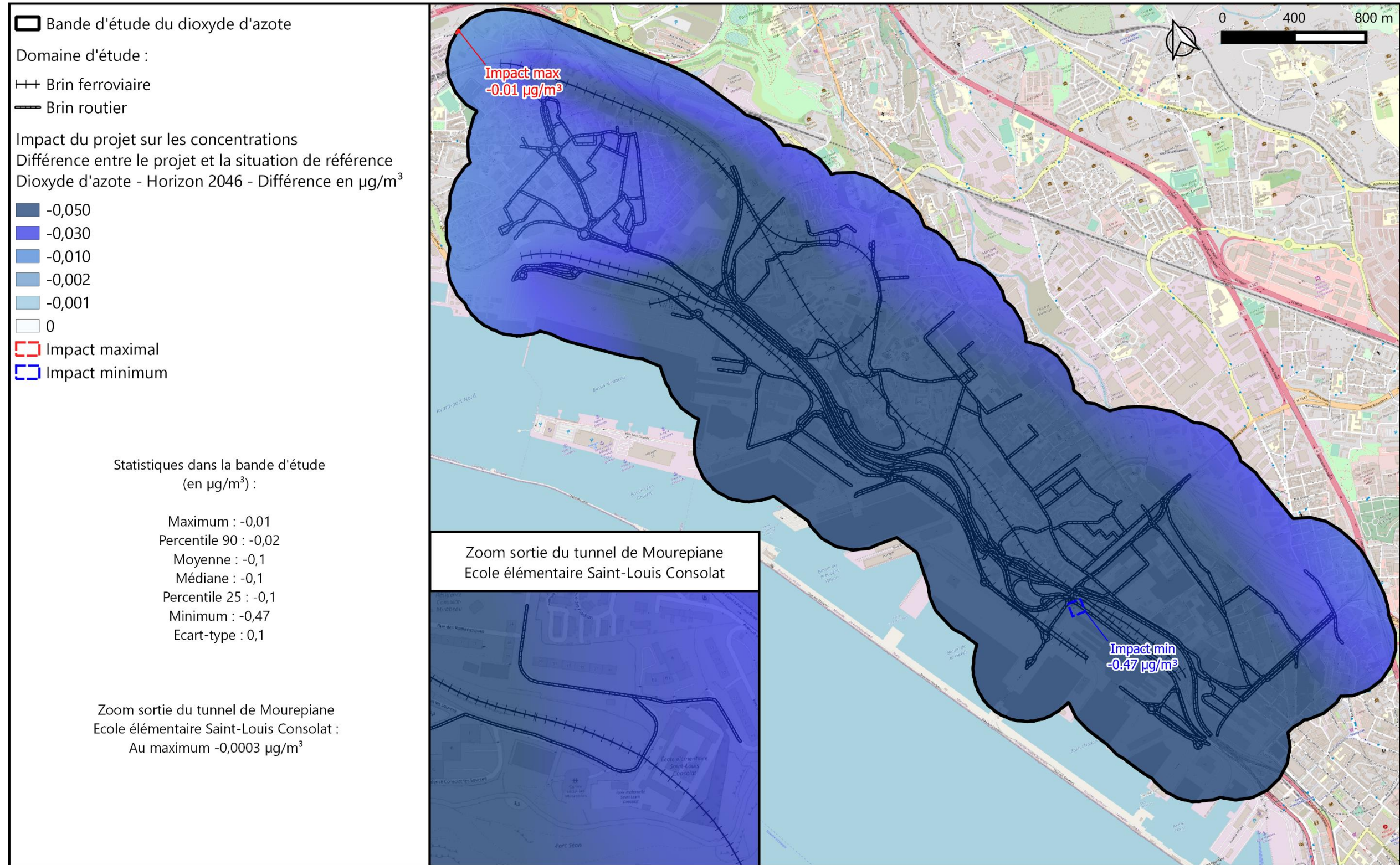


Figure 65 : Différence entre les concentrations moyennes annuelles modélisées en situation de projet et en situation de référence - Dioxyde d'azote – Horizon 2046

X.2.2. Modélisation des particules

X.2.2.1. Particules PM10

Le tableau suivant présente les statistiques des concentrations en particules PM10 modélisées dans la bande d'étude.

Les colonnes Actuelle, Référence et Projet indiquent les statistiques obtenues sur les points de calculs, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les concentrations.

La colonne Différence représente les statistiques obtenues sur les variations des concentrations calculées en chaque point de calcul, entre la situation de projet et la situation de référence dans la bande d'étude (Le calcul effectué étant une **soustraction : Projet – Référence**). Par exemple, pour le maximum de la colonne différence, il s'agit de la différence maximale obtenue lorsque l'on calcule la différence entre chaque point de calcul. Ainsi le maximum de $+1,7.10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2026 n'est pas forcément situé au même point que le maximum de $-2,1.10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2046.

Ici, la différence entre projet et référence est exprimée en écriture scientifique car les valeurs sont très faibles.

Tableau 42 : Statistiques des concentrations en particules PM10 modélisées dans la bande d'étude pour tous les horizons et scénarios étudiés

	2021	2026			2046		
	Actuelle	Référence	Projet	Différence (Pro-Ref)	Référence	Projet	Différence (Pro-Ref)
Unité	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Maximum	18,8	18,7	18,7	1,7E-03	18,5	18,5	-2,1E-04
Percentile 90	18,6	18,5	18,5	5,0E-05	18,3	18,3	-5,2E-04
Moyenne	18,3	18,2	18,2	-5,5E-04	18,14	18,1	-2,3E-03
Médiane	18,3	18,2	18,2	-1,8E-04	18,1	18,1	-1,4E-03
Percentile 25	18,1	18,1	18,1	-7,6E-04	18	18	-2,9E-03
Minimum	17,9	17,9	17,9	-6,9E-03	17,9	17,9	-1,5E-02
Ecart-type	0,2	0,2	0,2	9,6E-04	0,1	0,1	2,4E-03

Il est observé que la moyenne de toutes les concentrations modélisées dans la bande d'étude, et également la concentration maximale modélisée dans la bande d'étude, à tous les horizons et scénarios (avec et sans projet), sont inférieures à la valeur seuil réglementaire ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) et à l'objectif de qualité ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle).

Toutes les concentrations modélisées sont supérieures au nouveau seuil de recommandation de l'OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$), toutefois la concentration de fond incluse dans les calculs dépasse déjà cette valeur avec $17,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (AtmoSud Marseille Longchamp 2019).

L'impact du projet sur les concentrations est très faible avec une moyenne de $-5,5.10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2026 et de $-2,3.10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2046.

Localement, l'impact du projet sur les concentrations reste très faible :

- Entre $-6,9.10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $+1,7.10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2026 ;
- Entre $-1,5.10^{-2} \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $-2,1.10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2046 ;

Globalement, le projet a un impact négligeable sur les concentrations en particules PM10 de la bande d'étude avec des variations très faibles. Toutefois en 2046, toutes les variations tendent vers une diminution des concentrations en projet : les concentrations sont globalement améliorées dans toute la bande d'étude.

Le projet à terme, entraîne une diminution des concentrations de la bande d'étude et donc un impact bénéfique sur la qualité de l'air.

La répartition spatiale des concentrations est présentée dans les cartographies suivantes représentant, pour chaque scénario et horizon, le résultat de la modélisation des concentrations. Les statistiques dans la bande d'étude sont également rappelées sur chaque cartographie.

Les variations de concentrations sont peu visibles sur les concentrations moyennes annuelles, en effet les concentrations varient peu dans l'espace : L'écart-type est faible avec $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2021 et en 2026, puis $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2046.

Concernant l'impact du projet (différence entre les concentrations : projet – référence), les variations sont très faibles dans la bande d'étude, avec de très faibles diminution et de très faibles augmentations. Toutefois en 2046, le projet entraîne des diminutions des concentrations dans la totalité de la bande d'étude (mise en place des motrices à faible émission).

Le projet a très peu d'impact sur les concentrations en particules PM10 de la bande d'étude.

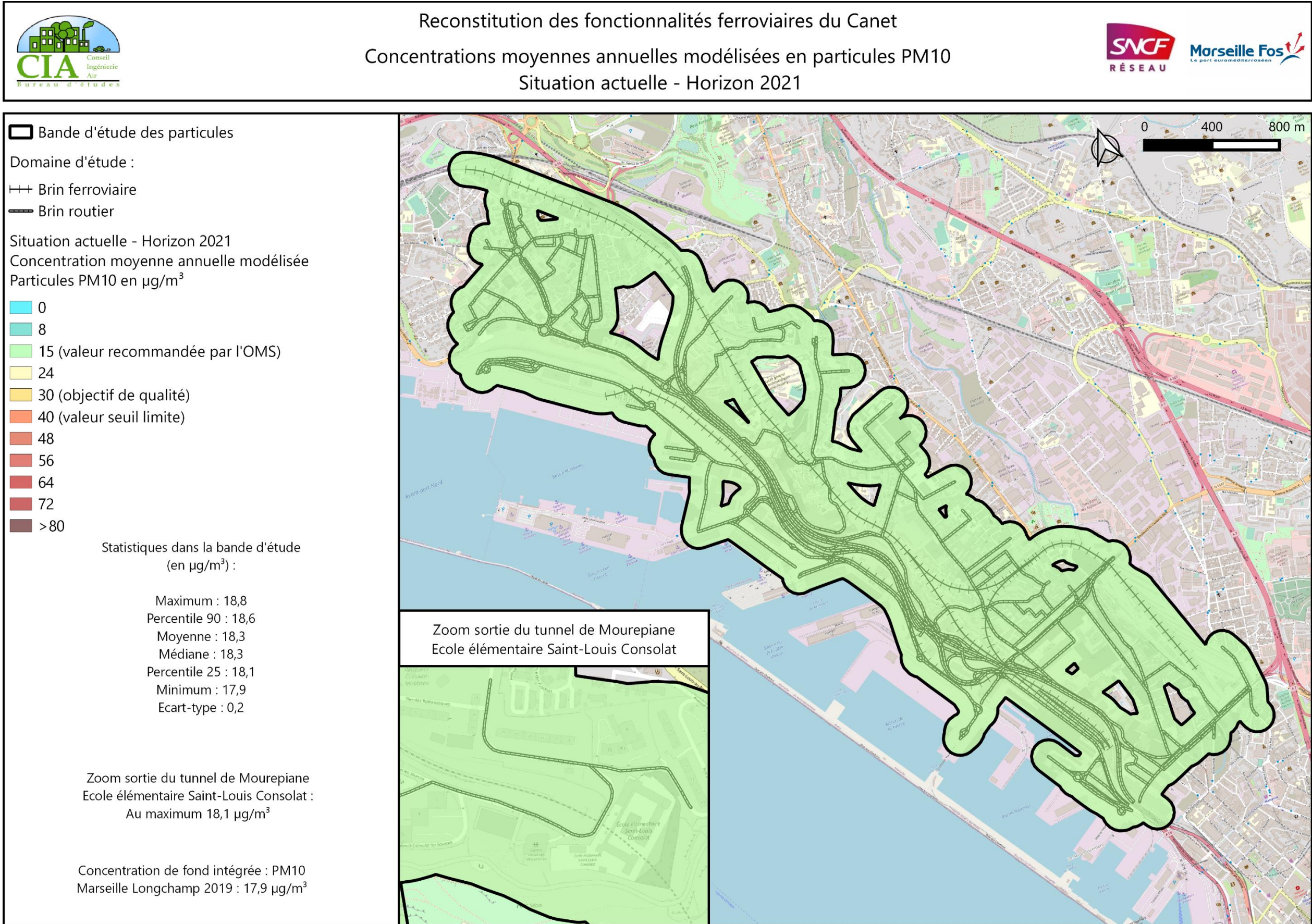


Figure 66 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10 – Situation Actuelle 2021



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet
 Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10
 Situation de référence - Horizon 2026



Figure 67 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10 – Situation Référence – Horizon 2026



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet
 Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10
 Situation de projet - Horizon 2026



Figure 68 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10 – Situation avec projet – Horizon 2026



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet
 Particules PM10 - Ecart entre les concentrations modélisées
 Entre le projet et la situation de référence - Horizon 2026



□ Bande d'étude des particules

Domaine d'étude :

+++ Brin ferroviaire

— Brin routier

Impact du projet sur les concentrations

Différence entre le projet et la situation de référence
 Particules PM10 - Horizon 2026 - Différence en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- -0,02
- 0
- +0,006
- +0,1
- +1,0
- +1,8

Statistiques dans la bande d'étude
 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) :

- Maximum : 1,7E-03
- Percentile 90 : 5,0E-05
- Moyenne : -5,5E-04
- Médiane : -1,8E-04
- Percentile 25 : -7,6E-04
- Minimum : -6,9E-03
- Ecart-type : 9,6E-04

Zoom sortie du tunnel de Mourepiane
 Ecole élémentaire Saint-Louis Consolat :
 Au maximum -5,0E-05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

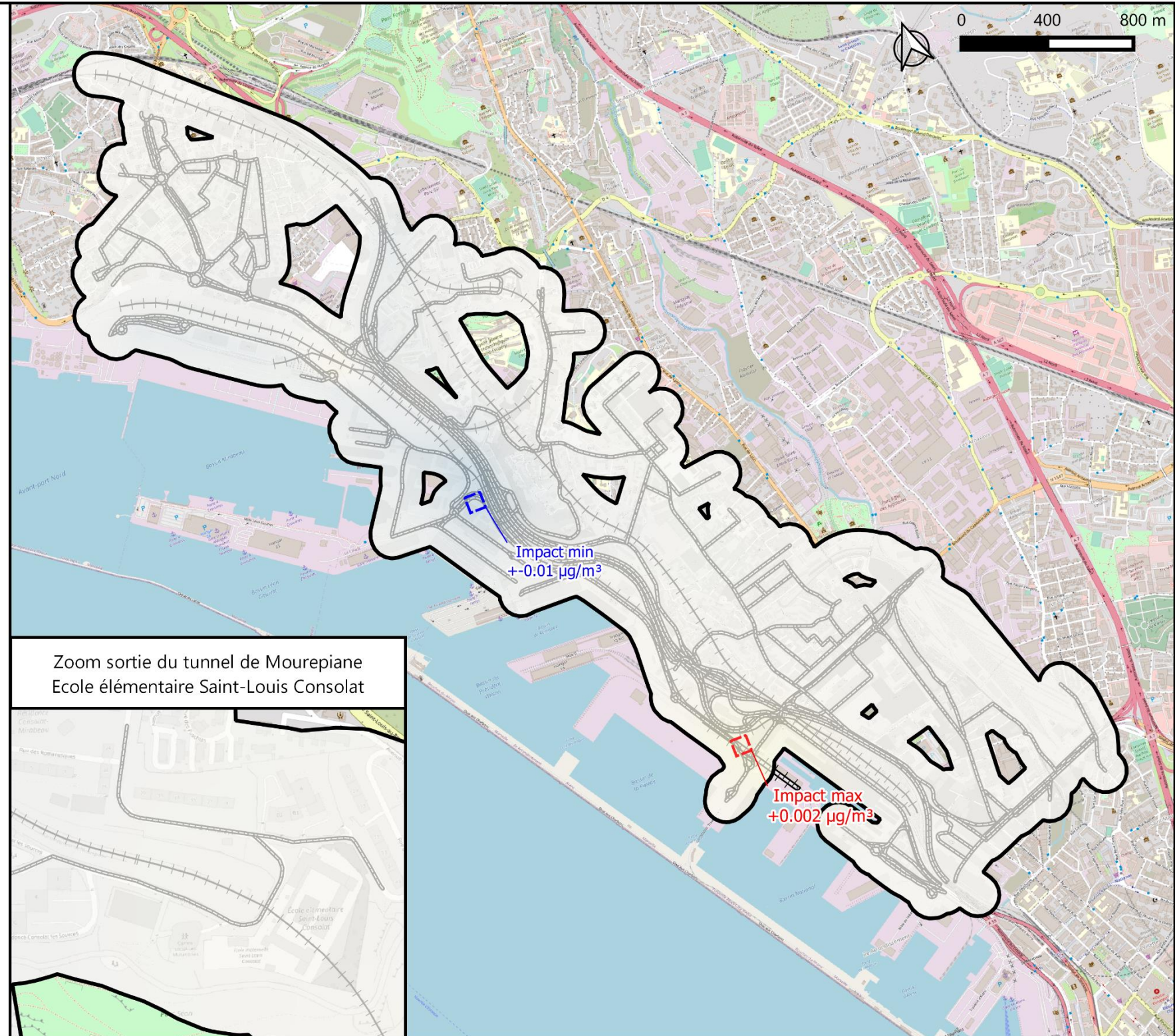


Figure 69 : Différence entre les concentrations moyennes annuelles modélisées en situation de projet et en situation de référence – Particules PM10 – Horizon 2026



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet
 Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10
 Situation de référence - Horizon 2046



Figure 70 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10 – Situation Référence – Horizon 2046



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet
 Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10
 Situation de projet - Horizon 2046



Figure 71 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10 – Situation avec projet – Horizon 2046

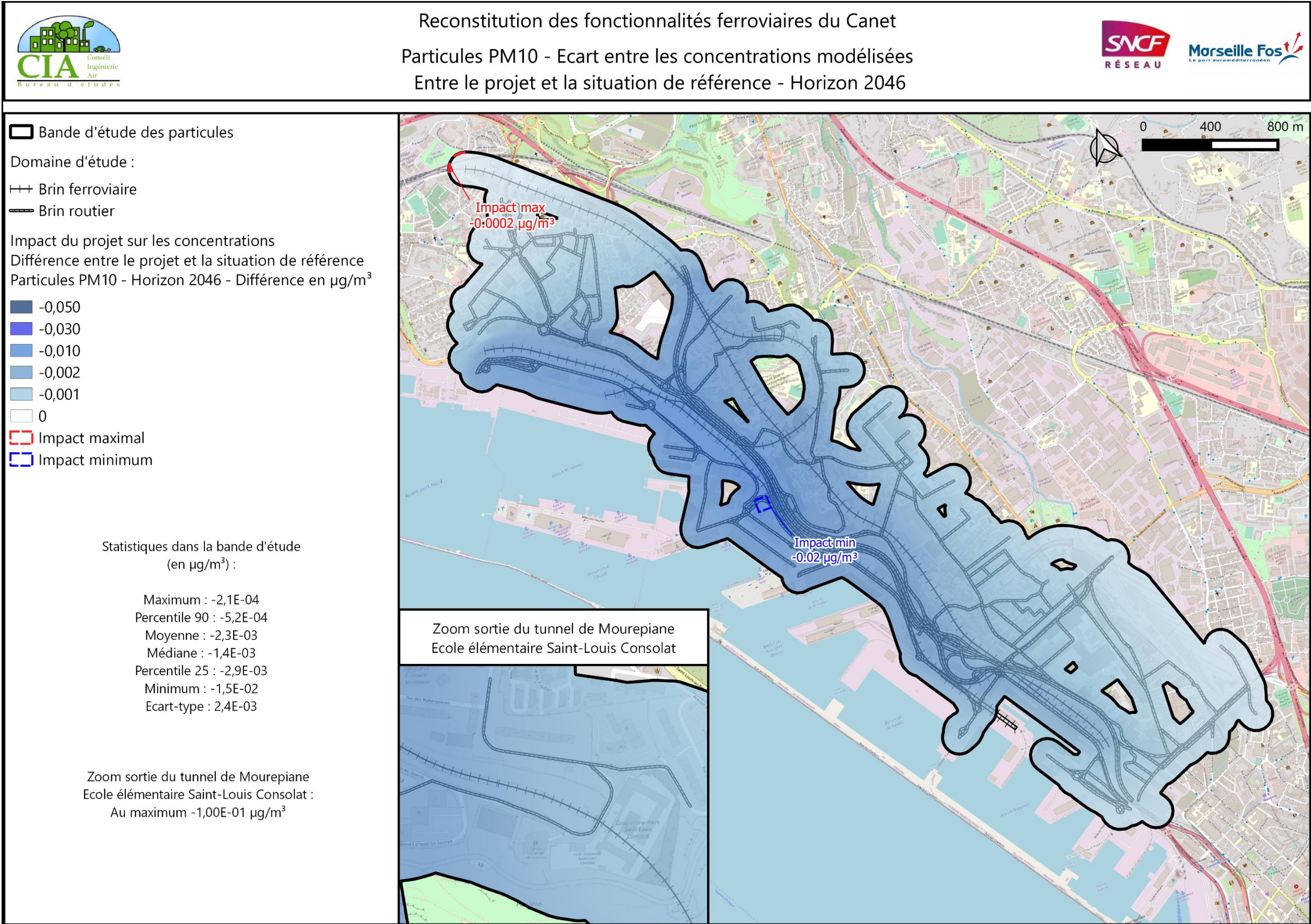


Figure 72 : Différence entre les concentrations moyennes annuelles modélisées en situation de projet et en situation de référence – Particules PM10 – Horizon 2046

X.2.2.2. Particules PM2,5

Le tableau suivant présente les statistiques des concentrations en particules PM10 modélisées dans la bande d'étude.

Les colonnes Actuelle, Référence et Projet indiquent les statistiques obtenues sur les points de calculs, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les concentrations.

La colonne Différence représente les statistiques obtenues sur les variations des concentrations calculées en chaque point de calcul, entre la situation de projet et la situation de référence dans la bande d'étude (Le calcul effectué étant une **soustraction : Projet – Référence**). Par exemple, pour le maximum de la colonne différence, il s'agit de la différence maximale obtenue lorsque l'on calcule la différence entre chaque point de calcul. Ainsi le maximum de $+1,8 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2026 n'est pas forcément situé au même point que le maximum de $-1,6 \cdot 10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2046.

Ici, la différence entre projet et référence est exprimée en écriture scientifique car les valeurs sont très faibles.

Tableau 43 : Statistiques des concentrations en particules PM2,5 modélisées dans la bande d'étude pour tous les horizons et scénarios étudiés

	2021	2026			2046		
	Actuelle	Référence	Projet	Différence (Pro-Ref)	Référence	Projet	Différence (Pro-Ref)
Unité	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Maximum	10,4	10,2	10,2	1,8E-03	10,1	10	-1,6E-04
Percentile 90	10,2	10,1	10,1	2,3E-04	10,0	10	-4,0E-04
Moyenne	10,0	9,92	9,9	-1,8E-04	9,9	9,9	-1,6E-03
Médiane	10,0	9,9	9,9	-4,9E-05	9,8	9,8	-1,0E-03
Percentile 25	9,9	9,8	9,8	-2,6E-04	9,8	9,8	-2,0E-03
Minimum	9,7	9,7	9,7	-4,0E-03	9,7	9,7	-9,4E-03
Ecart-type	0,1	0,1	0,1	5,7E-04	0,1	0,1	1,5E-03

Il est observé que la moyenne de toutes les concentrations modélisées dans la bande d'étude, et également la concentration maximale modélisée dans la bande d'étude, à tous les horizons et scénarios (avec et sans projet), sont inférieures à la valeur seuil réglementaire ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) et à la valeur cible ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle).

Toutes les concentrations modélisées sont supérieures au nouveau seuil de recommandation de l'OMS ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et l'objectif de qualité annuel ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est également atteint par endroit, toutefois la concentration de fond incluse dans les calculs dépasse déjà $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et est très proche de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (avec $9,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - AtmoSud Marseille Longchamp 2019).

L'impact du projet sur les concentrations est très faible avec une moyenne de $-1,8 \cdot 10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2026 et de $-1,3 \cdot 10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2046.

Localement, l'impact du projet sur les concentrations reste très faible :

- Entre $-4,0 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $+1,8 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2026 ;
- Entre $-9,4 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $-1,6 \cdot 10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2046 ;

Globalement, le projet a un impact négligeable sur les concentrations en particules PM2,5 de la bande d'étude avec des variations très faibles. Toutefois en 2046, toutes les variations tendent vers une diminution des concentrations en projet : les concentrations sont globalement améliorées dans toute la bande d'étude.

Le projet à terme, entraîne une diminution des concentrations de la bande d'étude et donc un impact bénéfique sur la qualité de l'air.

La répartition spatiale des concentrations est présentée dans les cartographies suivantes représentant, pour chaque scénario et horizon, le résultat de la modélisation des concentrations. Les statistiques dans la bande d'étude sont également rappelées sur chaque cartographie.

Les variations de concentration sont peu visibles sur les concentrations moyennes annuelles, en effet les concentrations varient peu dans l'espace : L'écart-type est faible avec $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2021, 2026 et 2046.

Concernant l'impact du projet (différence entre les concentrations : projet – référence), les variations sont très faibles dans la bande d'étude, avec de très faibles diminution et de très faibles augmentations. Toutefois en 2046, le projet entraîne des diminutions des concentrations dans la totalité de la bande d'étude (mise en place des motrices à faible émission).

Le projet a très peu d'impact sur les concentrations en particules PM2,5 de la bande d'étude.

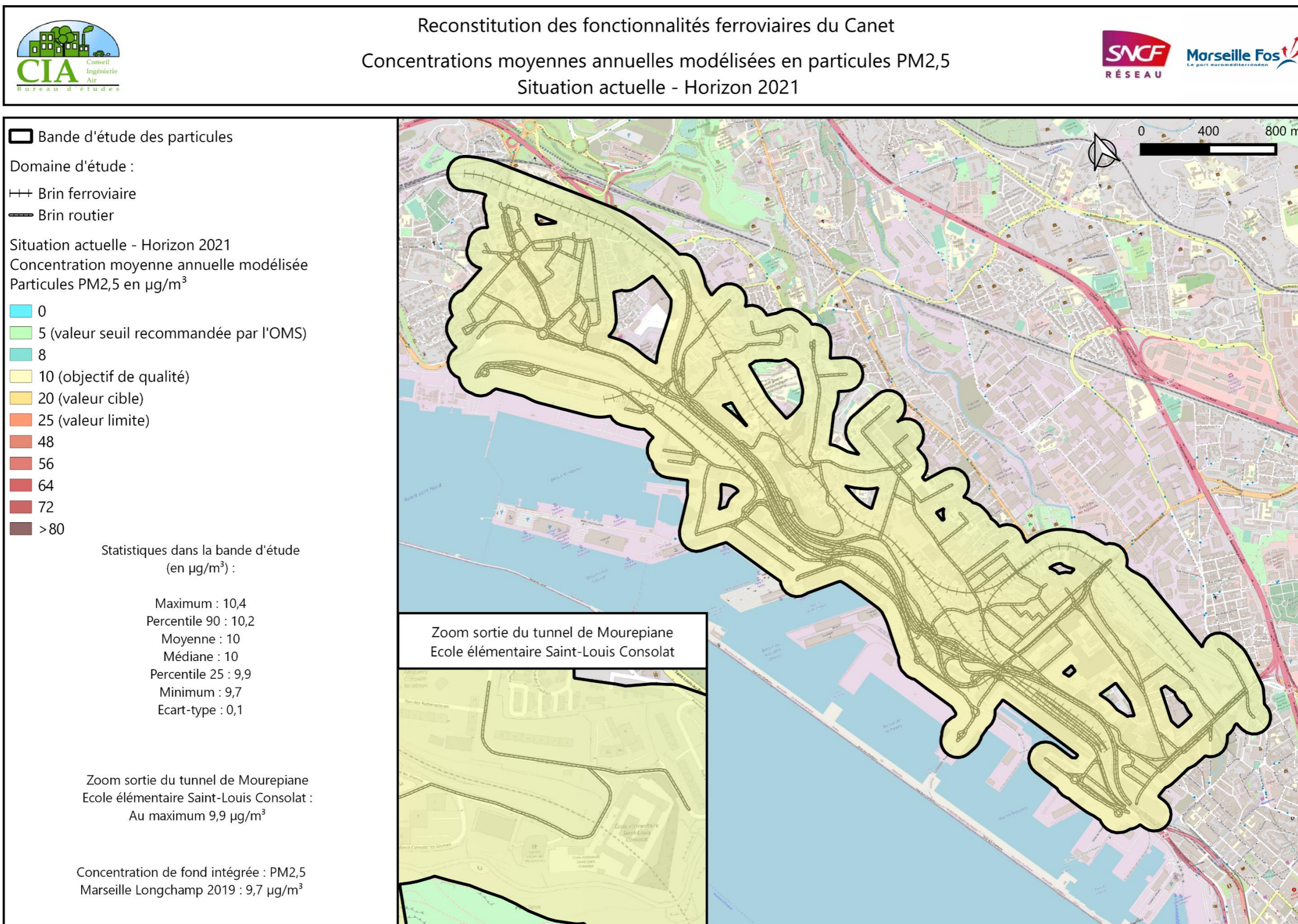


Figure 73 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM2,5 – Situation Actuelle 2021

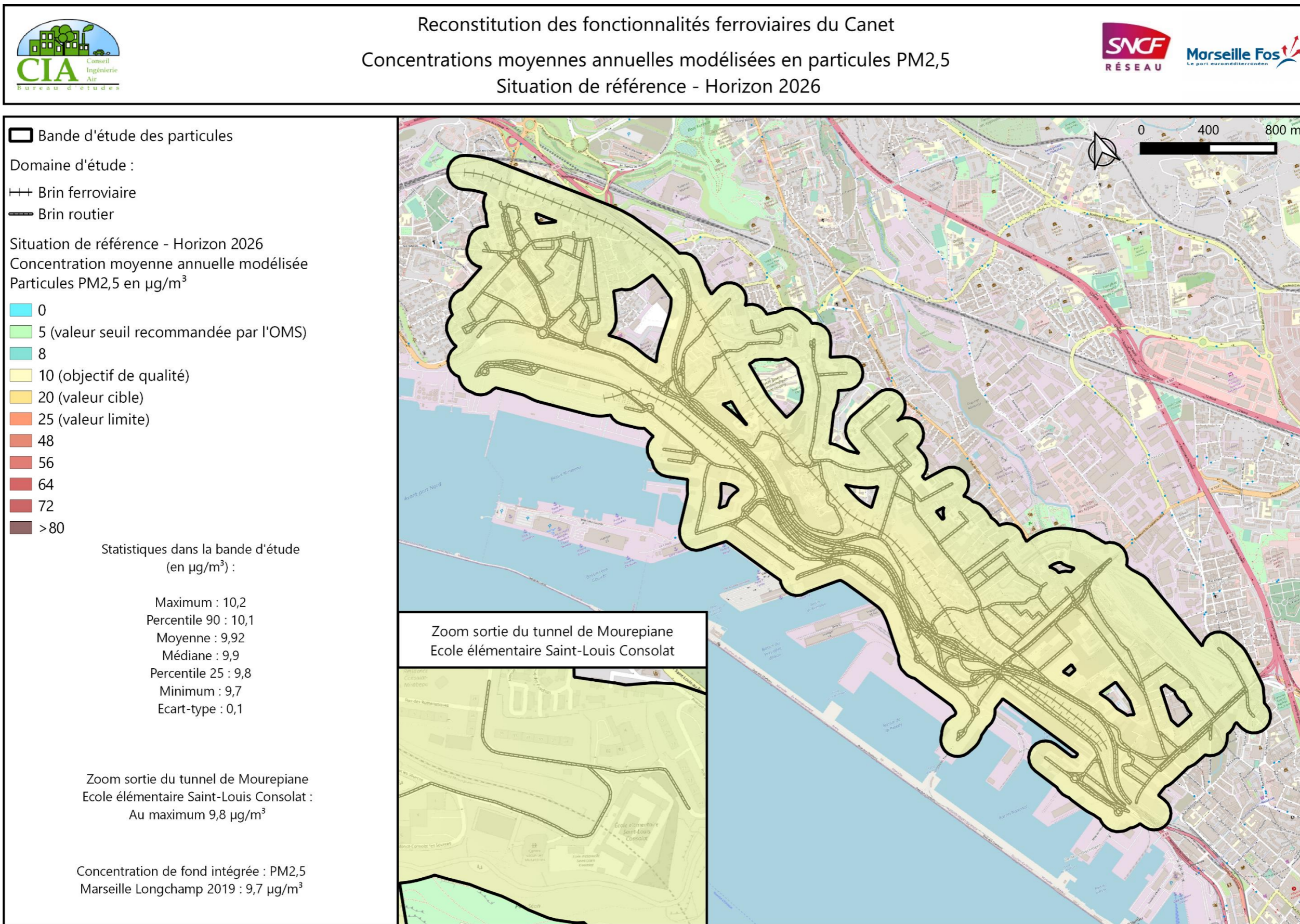


Figure 74 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM2,5 – Situation Référence – Horizon 2026

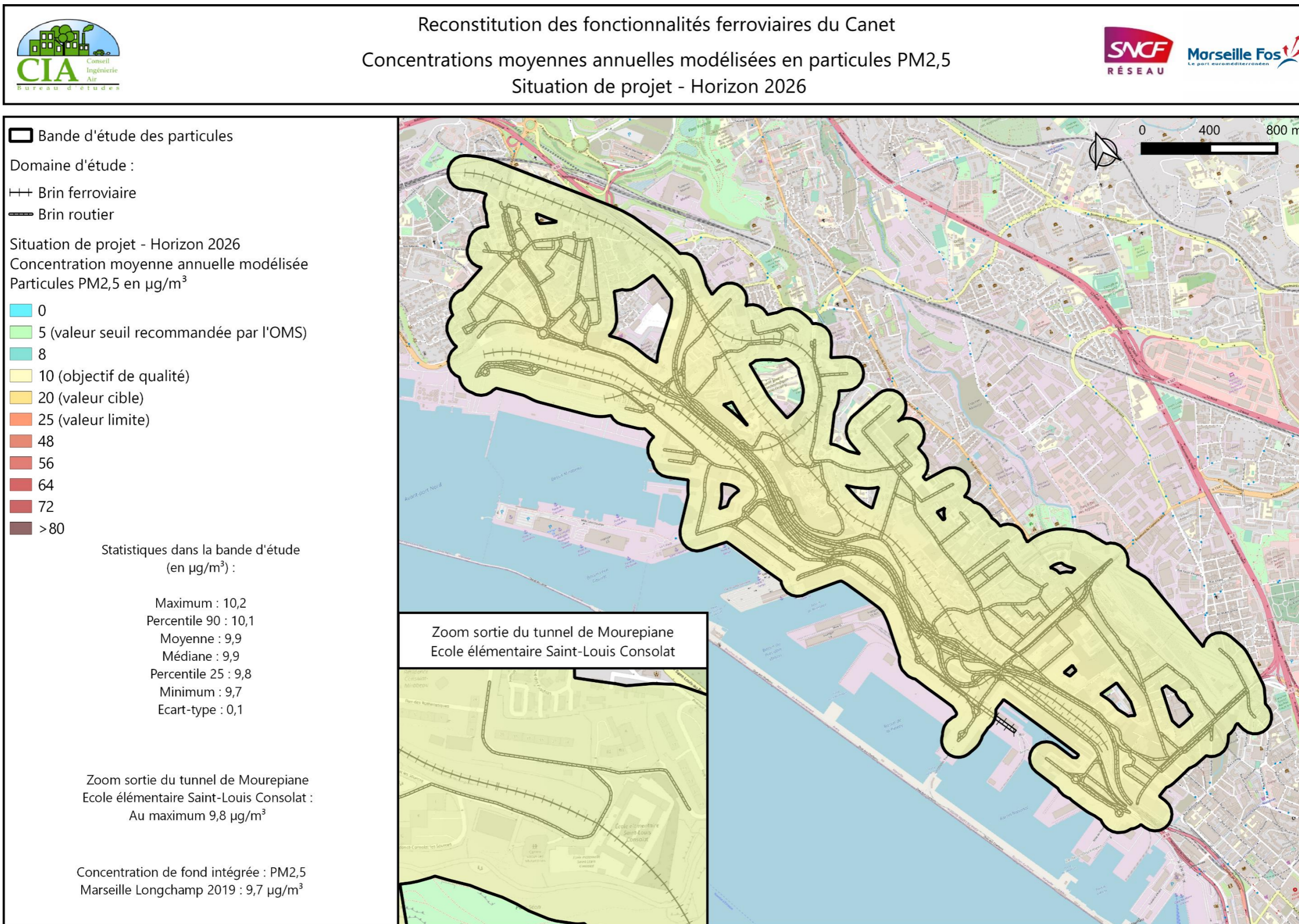


Figure 75 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM_{2,5} – Situation avec projet – Horizon 2026

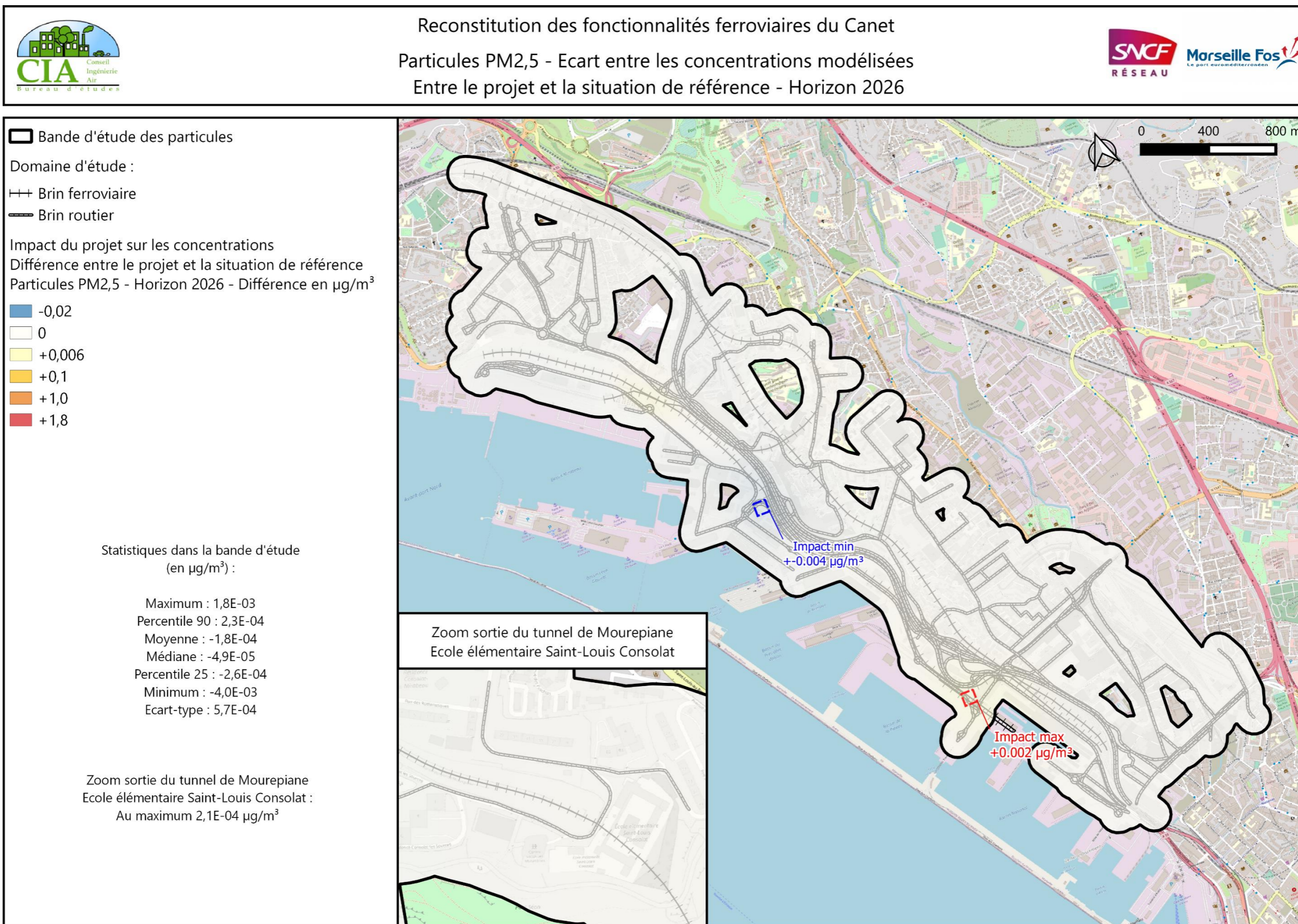


Figure 76 : Différence entre les concentrations moyennes annuelles modélisées en situation de projet et en situation de référence – Particules PM_{2,5} – Horizon 2026

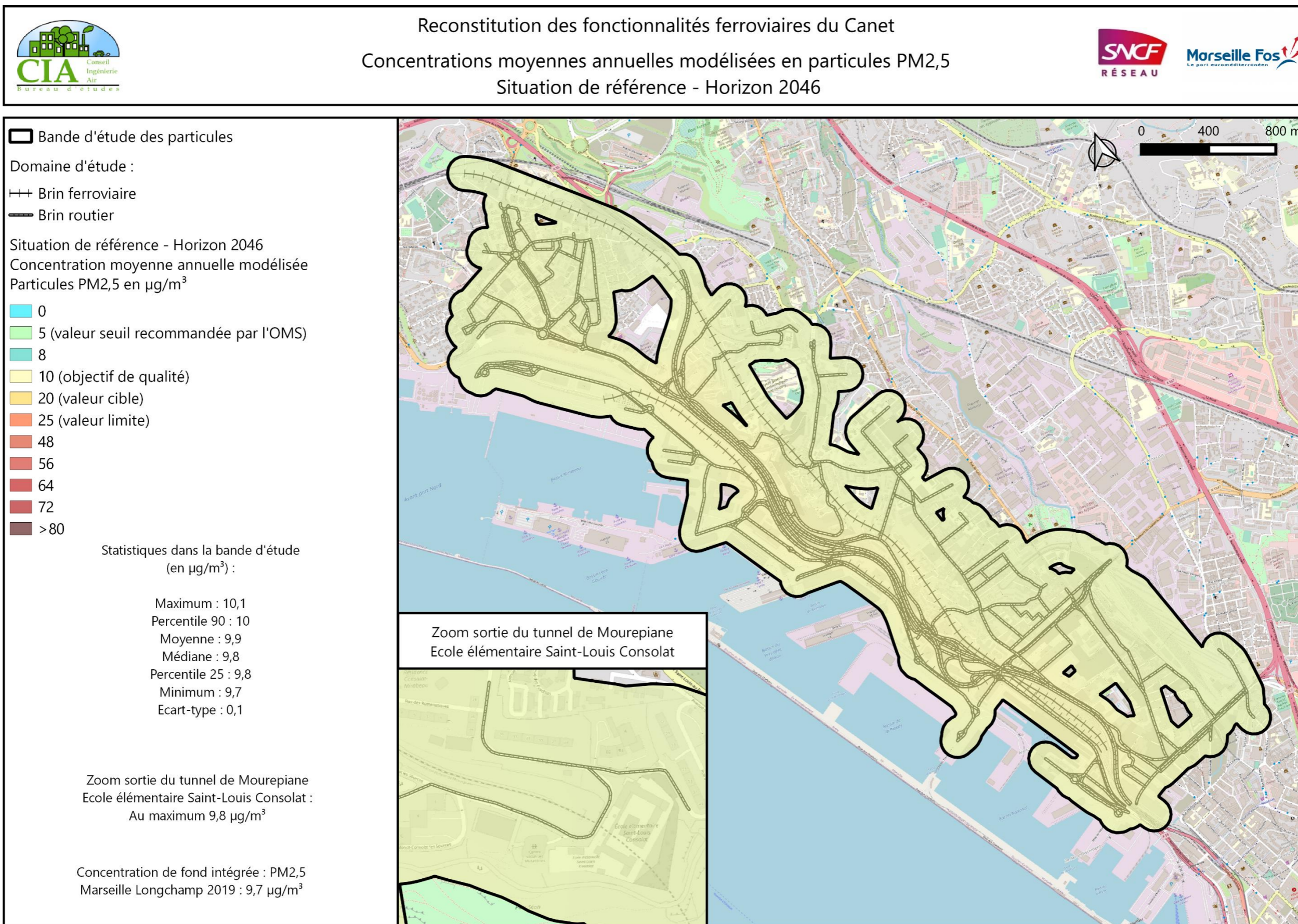


Figure 77 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM2,5 – Situation Référence – Horizon 2046

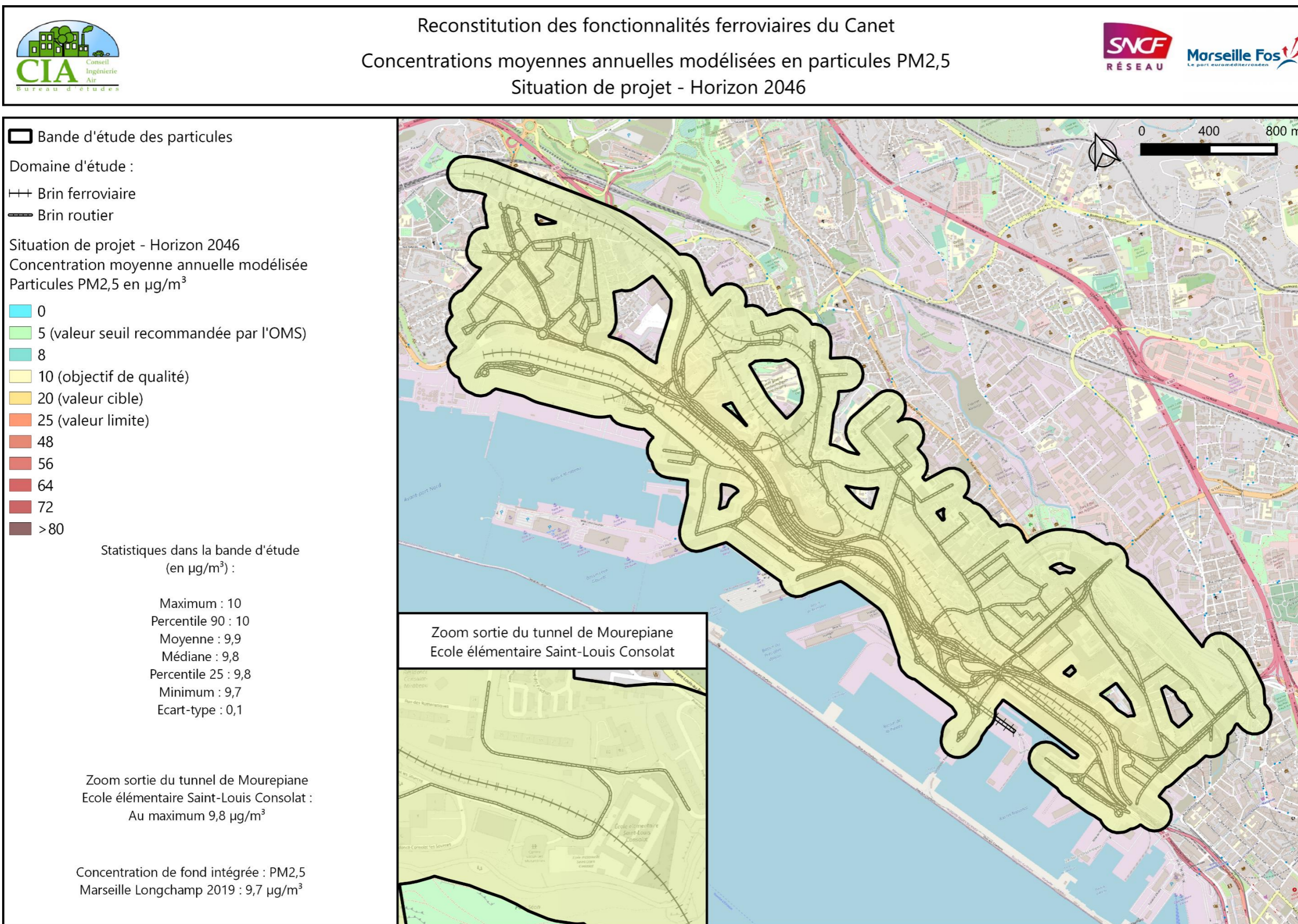


Figure 78 : Concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM_{2,5} – Situation avec projet – Horizon 2046

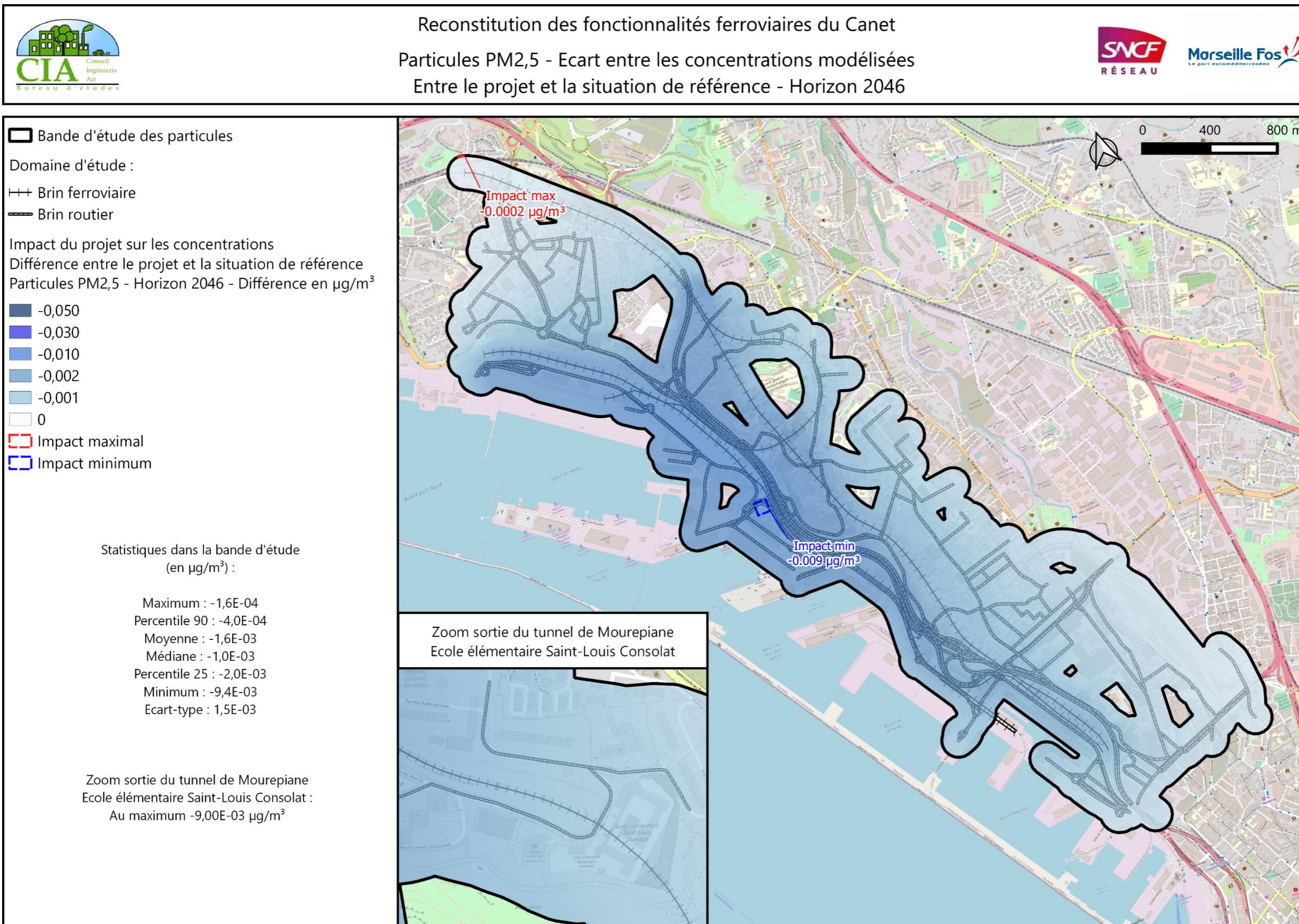


Figure 79 : Différence entre les concentrations moyennes annuelles modélisées en situation de projet et en situation de référence – Particules PM_{2,5} – Horizon 2046

XI. CONCLUSION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR

Les entrants indispensables à la réalisation de l'étude prévisionnelle sont les données issues de modélisations de trafic réalisées dans la zone d'étude du projet. Il s'agit du Trafic Moyen Journalier Annuel, de la vitesse réglementaire des véhicules, ainsi que de la part de poids-lourds, et ce pour chacun des tronçons routiers considérés. Les données sont issues de l'étude de trafic réalisée par Trafalgare (mise à jour : version 6 du 01/03/2023). Les différents scénarios ont été étudiés aux horizons suivants :

- Actuel 2021 ;
- 2026 :
 - Mise en service ;
 - Situation de référence sans projet : au fil de l'eau ;
- 2046 :
 - Mise en service sur le long terme (+20 ans) ;
 - Situation de référence sans projet : au fil de l'eau ;

Le parc roulant utilisé est celui issu de COPERT V et des données actualisées de l'IFSTTAR avec un parc roulant allant jusqu'à 2050. (logiciel Trefic version 5.2.1).

Les données d'entrée ont été fournies par SNCF Réseau (v10.1) concernant les frets circulant sur le réseau ferroviaire national (RFN) et le réseau ferroviaire portuaire (RFP).

Il a été considéré 1 motrices diesel par fret ayant une consommation de 3L/km. Les trajets empruntés et le nombre de train pour chaque horizon (2021, 2026 et 2046) et scénario (actuel, situation de référence et situation avec projet).

Les émissions des navires et des engins de manutention des navires ne sont pas prises en compte dans cette étude.

XI.1. Étude des trafics routiers et ferroviaires

Au fil de l'eau, le trafic du domaine d'étude :

- Routier total (VL et PL) : diminue par rapport à la situation actuelle 2021 (Véh.km parcourus : -3,9 % en 2026 et -15,7 % en 2046) ;
- **Poids lourds : augmente** par rapport à la situation actuelle 2021 (Poids lourds.km parcourus : +4,0 % en 2026 et +14,6 % en 2046) ;
- **Frets : diminue** par rapport à la situation actuelle 2021 (Frets thermiques.km parcourus : -44,5 % en 2026 et -40,1 % en 2046) ; (Frets électriques.km parcourus : -71,1 % en 2026 et -67,7 % en 2046) ;
- **Ceci est lié à la fermeture de la gare du Canet en situation de référence : report du trafic des frets sur les PL ;**

En situation de projet, le trafic :

- Routier total (VL et PL) : varie peu par rapport à la situation de référence (Véh.km parcourus : -0,1 % en 2026 et -0,2 % en 2046) ;
 - **Poids lourds : diminue** par rapport à la situation de référence (Poids lourds.km parcourus : -2,6 % en 2026 et -5,1 % en 2046) ;
 - **Frets : augmente** par rapport à la situation de référence en 2026 et diminue en 2046 (Frets thermiques.km parcourus : +170,6% en 2026 et -100 %en 2046) ; (Frets électriques.km parcourus : +202,6% en 2026 et -100 %en 2046) ;
- En 2046 en situation de projet, les frets sont équipés de motrices à faible émission;**
Ceci est lié à la **en 2026 à la remise en service du raccordement de Mourepiane : Cela permet de diminuer le nombre de PL en les remplaçant par des frets.**
En 2046 en situation de projet, les frets sont équipés de motrices à faible émission;

Le projet permet de diminuer le nombre de PL.parcourus du domaine d'étude, qui aurait augmenté en situation de référence, suite à la fermeture de la gare du canet aux horizons 2026 et 2046. De plus, à partir de 2035, le projet intègre des motrices à faible émission pour tout le parc ferroviaire.

XI.2. Bilan de la consommation énergétique (trafic routier)

Au fil de l'eau, la consommation énergétique (TEP/jour) diminue par rapport à la situation actuelle de -4,0% en 2026 et de -19,4 % en 2046. Ceci est dû à la diminution du trafic routier au fil de l'eau à ces horizons.

L'impact du projet sur la consommation énergétique totale du domaine d'étude tend vers une diminution par rapport à la situation de référence : -0,3 % en 2026 et de -0,9 % en 2046. Globalement, le projet a peu d'impact sur la consommation de TEP/jour, en cohérence avec l'évolution du nombre de véhicules.kilomètres parcourus du domaine d'étude.

En étudiant la consommation énergétique des poids lourds (PL) uniquement, l'impact du projet est mis en évidence : le projet entraine une diminution de la consommation énergétique des poids lourds de -2,6 % en 2026 et de -5,1 % en 2046 par rapport à la situation de référence.

XI.3. Analyse des coûts collectifs (trafic routier)

Les coûts collectifs globaux augmentent au fil de l'eau par rapport à la situation actuelle en 2026 de +15,4 % et de + 128,0 % en 2046. Ceci s'explique par l'augmentation du trafic à ces horizons ainsi qu'à l'augmentation du prix de la tonne de CO₂ par rapport à la situation actuelle. Les améliorations technologiques du parc roulant et la diminution du trafic au fil de l'eau ne sont pas suffisantes pour contrebalancer ces augmentations.

En situation de projet, les coûts collectifs globaux du domaine d'étude diminuent faiblement avec -0,3% en 2026 et -0,8 % en 2046, en cohérence avec l'évolution du trafic routier liée au projet.

Il faut noter que le projet entraîne une diminution des coûts collectifs globaux liés aux poids lourds significative avec -1,5 % en 2026 et -4,2 % en 2046.

Le projet entraîne une diminution des coûts collectifs globaux, suite à la diminution du trafic routier du domaine d'étude. Cette diminution est concentrée principalement sur les coûts liés aux poids lourds.

XI.4. Bilan des émissions en polluants

Trafic routier

Au cours du temps des diminutions des émissions des polluants, liée à l'amélioration technologique du parc roulant au fil du temps. Le nickel et l'arsenic font exception : étant davantage émis par les surémissions (usure, entretien des voies), ceux-ci sont peu concernés par l'évolution du parc roulant au fil de l'eau. Dans le cas des poids lourds, le trafic augmentant au fil de l'eau, les améliorations technologiques ne permettent pas de compenser cette augmentation.

En situation de projet par rapport à la situation de référence, les émissions des polluants (tous types de véhicules) diminuent jusqu'à -0,8 % en 2026 et jusqu'à -3,2 % en 2046, en cohérence avec la diminution du trafic routier en situation de projet.

Le projet a un impact plus important sur les émissions des PL du domaine d'étude : Les émissions diminuent globalement d'environ -2,5 % en 2026 et d'environ -5,0 % en 2046.

Le projet a un impact bénéfique sur les émissions des Poids Lourds du domaine d'étude.

Trafic ferroviaire

La situation de projet induit une variation des émissions atmosphériques (jusqu'à +61 % en 2026 et -100 % en 2046).

Il faut noter qu'en situation de référence le trafic ferroviaire diminue au fil de l'eau par rapport à la situation de référence : le scénario de référence prend en compte la fermeture du canet, la diminution des trains est en revanche suivie d'une augmentation du nombre de poids lourds (PL) pour compenser.

En situation de projet, grâce au Raccordement de Mourepiane, les frets sont à nouveau en activité et permettent de diminuer le nombre de PL.

Il faut rappeler que l'augmentation du nombre de frets en situation de projet permet de diminuer la circulation de PL. De plus, à partir de 2035, le projet intègre des motrices à faible émission pour tout le parc ferroviaire.

Bilan global (Trafic routier + Trafic ferroviaire)

Le projet entraîne une augmentation des émissions (routier + ferroviaire) entre la situation de référence et la situation de projet en 2026. Cela est dû à la prise en compte de la fermeture de la gare du Canet dans la situation de référence et également aux améliorations du parc roulant routier et à l'inverse aucune amélioration dans le temps des émissions ferroviaires. Toutefois en 2046, le projet entraîne la diminution des émissions pour la majorité des polluants atmosphériques : cela est dû aux motrices ferroviaires à faible émission.

Les émissions en situation de projet 2026 sont comparées à la situation actuelle, sur la même année du parc roulant (afin de s'affranchir des améliorations du parc roulant au fil de l'eau) : il est observé une diminution des émissions pour la majorité des polluants (entre -1 % et -4 %).

Le projet permet de réduire les émissions du domaine d'étude par rapport à la situation actuelle de la majorité des polluants en 2026.

Sur le long terme, à partir de 2035, le projet permet de diminuer les émissions du domaine d'étude par rapport à la situation de référence.

XI.5. Modélisation de la dispersion atmosphérique

Le logiciel utilisé pour cette modélisation est le logiciel Aria Impact v1.8. Il faut noter que les émissions ferroviaires et routières ont été intégrées aux calculs.

Conformément à la note méthodologique du 22 février 2019, les concentrations des polluants d'intérêt ont été modélisées aux horizons et scénarios suivants :

- Actuel 2021 ;
- 2026 :
 - Mise en service du projet ;
 - Situation de référence sans projet : au fil de l'eau ;
- 2046 :
 - Mise en service du projet+ 20 ans ;
 - Situation de référence sans projet : au fil de l'eau ;

Selon la note méthodologique, la distribution et répartition spatiale des concentrations du dioxyde d'azote et des particules (PM10 et PM2,5) sont étudiées.

Afin de tenir compte des pollutions générées par d'autres sources d'émissions : les concentrations de fond de polluants de la zone ont été renseignées dans le modèle de calcul.

Il faut noter que les concentrations de fond intégrées aux calculs sont :

- Toutes supérieures aux seuils annuels de l'OMS ;
- Pour les PM2,5, très proches de l'objectif de qualité annuel français de 10 µg/m³ ;

Modélisation du dioxyde d'azote

Il est observé que la moyenne de toutes les concentrations modélisées dans la bande d'étude, et également la concentration maximale modélisée dans la bande d'étude, à tous les horizons et scénarios (avec et sans projet), sont inférieures à la valeur seuil réglementaire et à l'objectif de qualité (tous deux de 40 µg/m³ en moyenne annuelle).

Toutes les concentrations modélisées sont supérieures au nouveau seuil de recommandation de l'OMS (10 µg/m³), toutefois la concentration de fond incluse dans les calculs dépasse déjà cette valeur avec 26,1 µg/m³ (AtmoSud Marseille Longchamp 2019).

Au fil de l'eau, suite à l'amélioration du parc roulant, entraînant la diminution des émissions liées au trafic routier, les concentrations calculées dans la bande d'étude diminuent.

L'impact du projet sur les concentrations est très faible avec une moyenne de +0,1 µg/m³ en 2026 et de -0,1 µg/m³ en 2046.

Localement, l'impact du projet sur les concentrations reste faible : Allant au maximum jusqu'à +1,1 µg/m³ en 2026 et jusqu'à -0,01 µg/m³ en 2046.

Globalement, le projet a un impact très faible sur les concentrations en dioxyde d'azote de la bande d'étude.

En étudiant la répartition spatiale des concentrations, on constate que les concentrations les plus élevées sont situées le long de l'A55.

Concernant la répartition spatiale de l'impact du projet (différence entre les concentrations : projet – référence), il est observé que :

- En 2026 le projet entraîne de faibles augmentations des concentrations dans la bande d'étude par rapport à la situation de référence. Tandis qu'en 2046, le projet permet une diminution globale des concentrations de la bande d'étude ;
- L'impact le plus élevé +1,1 µg/m³ en 2026 est situé au niveau de la voie ferrée (à proximité faisceau saint andré – secteur 2) ;
- L'impact le plus élevé en 2046 est en réalité une amélioration de la concentration de -0,1 µg/m³, située à l'extrémité de la bande d'étude ;
- L'impact minimum en 2026 est situé en bordure de la bande d'étude, loin de l'influence des axes routiers. Tandis qu'en 2046 l'impact minimum correspond à une diminution de la concentration de -0,5 µg/m³ au niveau du boulevard des Bassins de Radoub ;

Le projet à terme, entraîne une diminution des concentrations de la bande d'étude et donc un impact bénéfique sur la qualité de l'air.

Modélisation des particules PM10

Il est observé que la moyenne de toutes les concentrations modélisées dans la bande d'étude, et également la concentration maximale modélisée dans la bande d'étude, à tous les horizons et scénarios (avec et sans projet), sont inférieures à la valeur seuil réglementaire (40 µg/m³ en moyenne annuelle) et à l'objectif de qualité (30 µg/m³ en moyenne annuelle).

Toutes les concentrations modélisées sont supérieures au nouveau seuil de recommandation de l'OMS (15 µg/m³), toutefois la concentration de fond incluse dans les calculs dépasse déjà cette valeur avec 17,9 µg/m³ (AtmoSud Marseille Longchamp 2019).

L'impact du projet sur les concentrations est très faible avec une moyenne de $-5,5 \cdot 10^{-4}$ µg/m³ en 2026 et de $-2,3 \cdot 10^{-3}$ µg/m³ en 2046.

Localement, l'impact du projet sur les concentrations reste très faible :

- Entre $-6,9 \cdot 10^{-3}$ µg/m³ et $+1,7 \cdot 10^{-3}$ µg/m³ en 2026 ;
- Entre $-1,5 \cdot 10^{-2}$ µg/m³ et $-2,1 \cdot 10^{-4}$ µg/m³ en 2046 ;

Globalement, le projet a un impact négligeable sur les concentrations en particules PM10 de la bande d'étude avec des variations très faibles. Toutefois en 2046, toutes les variations tendent vers une diminution des concentrations en projet : les concentrations sont globalement améliorées dans toute la bande d'étude.

Le projet à terme, entraîne une diminution des concentrations de la bande d'étude et donc un impact bénéfique sur la qualité de l'air.

Les variations de concentrations sont peu visibles sur les concentrations moyennes annuelles, en effet les concentrations varient peu dans l'espace : L'écart-type est faible avec $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2021 et en 2026, puis $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2046.

Concernant l'impact du projet (différence entre les concentrations : projet – référence), les variations sont très faibles dans la bande d'étude, avec de très faibles diminution et de très faibles augmentations. Toutefois en 2046, le projet entraîne des diminutions des concentrations dans la totalité de la bande d'étude (mise en place des motrices à faible émission).

Le projet a très peu d'impact sur les concentrations en particules PM10 de la bande d'étude.

Modélisation des particules PM2,5

Il est observé que la moyenne de toutes les concentrations modélisées dans la bande d'étude, et également la concentration maximale modélisée dans la bande d'étude, à tous les horizons et scénarios (avec et sans projet), sont inférieures à la valeur seuil réglementaire ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) et à la valeur cible ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle).

Toutes les concentrations modélisées sont supérieures au nouveau seuil de recommandation de l'OMS ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et l'objectif de qualité annuel ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est également atteint par endroit, toutefois la concentration de fond incluse dans les calculs dépasse déjà $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et est très proche de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (avec $9,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - AtmoSud Marseille Longchamp 2019).

L'impact du projet sur les concentrations est très faible avec une moyenne de $-1,8.10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2026 et de $-1,3.10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2046.

Localement, l'impact du projet sur les concentrations reste très faible :

- Entre $-4,0.10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $+1,8.10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2026 ;
- Entre $-9,4.10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $-1,6.10^{-4} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2046 ;

Globalement, le projet a un impact négligeable sur les concentrations en particules PM2,5 de la bande d'étude avec des variations très faibles. Toutefois en 2046, toutes les variations tendent vers une diminution des concentrations en projet : les concentrations sont globalement améliorées dans toute la bande d'étude.

Le projet à terme, entraîne une diminution des concentrations de la bande d'étude et donc un impact bénéfique sur la qualité de l'air.

Les variations de concentration sont peu visibles sur les concentrations moyennes annuelles, en effet les concentrations varient peu dans l'espace : L'écart-type est faible avec $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2021, 2026 et 2046.

Concernant l'impact du projet (différence entre les concentrations : projet – référence), les variations sont très faibles dans la bande d'étude, avec de très faibles diminution et de très faibles augmentations. Toutefois en 2046, le projet entraîne des diminutions des concentrations dans la totalité de la bande d'étude (mise en place des motrices à faible émission).

Le projet a très peu d'impact sur les concentrations en particules PM2,5 de la bande d'étude.

PARTIE 4. IMPACT DU PROJET SUR LA SANTÉ

XII. EVALUATION DE L'IMPACT SANITAIRE SIMPLIFIE : INDICE POPULATION POLLUTION

Afin d'évaluer l'impact des infrastructures sur la population, la méthode de l'indice IPP (indice d'exposition de la population à la pollution) a été appliquée. Elle consiste à croiser les concentrations calculées aux données de population sur le domaine étudié.

XII.1. Objectif de l'IPP

L'indicateur IPP permet la comparaison entre le scénario avec projet et l'état de référence par un critère basé non seulement sur les concentrations, mais aussi sur la répartition spatiale de la population demeurant à proximité des voies de circulation.

Cet outil est utilisé comme une aide à la comparaison de situation et en aucun cas comme le reflet d'une exposition absolue de la population à la pollution atmosphérique globale.

Le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières de février 2019 préconise de calculer l'IPP sur le traceur NO₂. Ainsi, sont présentés dans cette étude les résultats des calculs de l'IPP à l'horizon 2021, 2026 et 2046.

XII.2. Données utilisées dans le calcul de l'IPP

XII.2.1. Population

Les données du Dispositif sur les revenus localisés sociaux et fiscaux Filosofi de 2017 ont été utilisées, celles-ci permettent d'obtenir un nombre d'individu dans des mailles d'une résolution de 200 mètres.

La population a été considérée comme étant constante au fil de l'eau.

XII.2.2. Concentration en dioxyde d'azote

Pour chaque scénario et horizon, les concentrations en dioxyde d'azote modélisées dans la partie X.2.1 ont été utilisées. Ces données étant maillées avec une résolution de 75 mètres, il a été choisi de les relier aux mailles Filosofi en gardant la concentration maximale (hypothèse majorante).

XII.1. Présentation des résultats de L'IPP du NO₂

XII.1.1. Indice Pollution Population cumulé dans la bande d'étude

Afin d'obtenir l'IPP cumulé, la somme de tous les IPP calculés dans la bande d'étude est réalisée. Le tableau suivant, présente les résultats des IPP cumulés du dioxyde d'azote, sur des mailles de 200 mètres (carroyage Filosofi) dans la bande d'étude.

Tableau 44 : IPP cumulé du NO₂ dans la bande d'étude

Scénario	Année	Indice Pollution Population Cumulés	Impact
Situation Actuelle	2021	1 234 377	-
Situation de référence : Sans projet	2026	1 184 349	-4,1 % / Actuel
Situation avec projet		1 188 346	+0,3 % / Référence
Situation de référence : Sans projet	2046	1 112 443	-9,9 % / Actuel
Situation avec projet		1 109 209	-0,3 % / Référence

Le projet entraine une faible variation de l'Indice Pollution Population cumulé de la bande d'étude avec +0,3 % en 2026 et -0,3 % en 2046. Ceci est dû à la faible augmentation des concentrations de dioxyde d'azote en situation de projet en 2026 et à la diminution globale des concentrations en 2046 (mise en place de motrices à faible émission en projet).

L'IPP cumulé varie au fil de l'eau par rapport à la situation actuelle 2021. En effet, suite aux améliorations technologiques, les émissions atmosphériques diminuent au fil du temps, il en résulte ainsi une diminution des concentrations. Cette diminution des concentrations entraine une diminution de l'IPP cumulé, de -4,1 % en 2026 et de -9,9 % en 2046.

Afin d'étudier plus précisément l'impact sur la population, les gammes de concentrations en dioxyde d'azote auxquelles les habitants sont exposés sont étudiées pour chaque scénario et sont présentées dans la partie suivante.

XII.1.2. Etude des gammes de concentrations auxquelles la population est exposée

Le tableau et le graphique ci-contre présentent le nombre d'habitants exposés à différentes gammes de concentrations, pour chaque scénario et horizon.

Au fil de l'eau, il est observé une diminution des gammes de concentrations auxquelles la population est exposée.

En effet, en situation actuelle, 3 013 personnes sont exposées à des concentrations supérieures à 34,0 µg/m³. En 2026, tous les habitants sont exposés à des concentrations inférieures ou égales à 34,0 µg/m³. En 2046, tous les habitants sont exposés à des concentrations inférieures ou égales à 30 µg/m³.

L'hypothèse étant émise que la population reste constante au fil du temps, ces variations sont dues aux diminutions des concentrations en dioxyde d'azote suite aux améliorations technologiques du parc roulant.

En situation de projet, les gammes de concentrations auxquelles la population est exposée augmentent par rapport à la situation de référence en 2026 pour 1 343 personnes. Cependant cette augmentation des gammes de concentration n'entraîne pas de dépassement de la valeur réglementaire (40 µg/m³).

Tandis qu'en 2046, le projet entraîne une diminution de la gamme de concentration à laquelle la population est exposée pour 1 052 personnes.

Le projet entraîne à long terme une diminution de la gamme de concentrations à laquelle la population est exposée.

Tableau 45 : Nombre d'habitants exposés à différentes gammes de concentrations

Gamme de concentration µg/m ³	Nombre d'habitants				
	Situation actuelle 2021	Référence 2026	Projet 2026	Référence 2046	Projet 2046
26-28	7 181	17 019	15 677	39 008	40 234
28-30	17 004	16 440	17 482	2 279	1 052
30-32	9 275	5 752	5 851	0	0
32-34	4 815	2 076	2 277	0	0
34-37	3 013	0	0	0	0

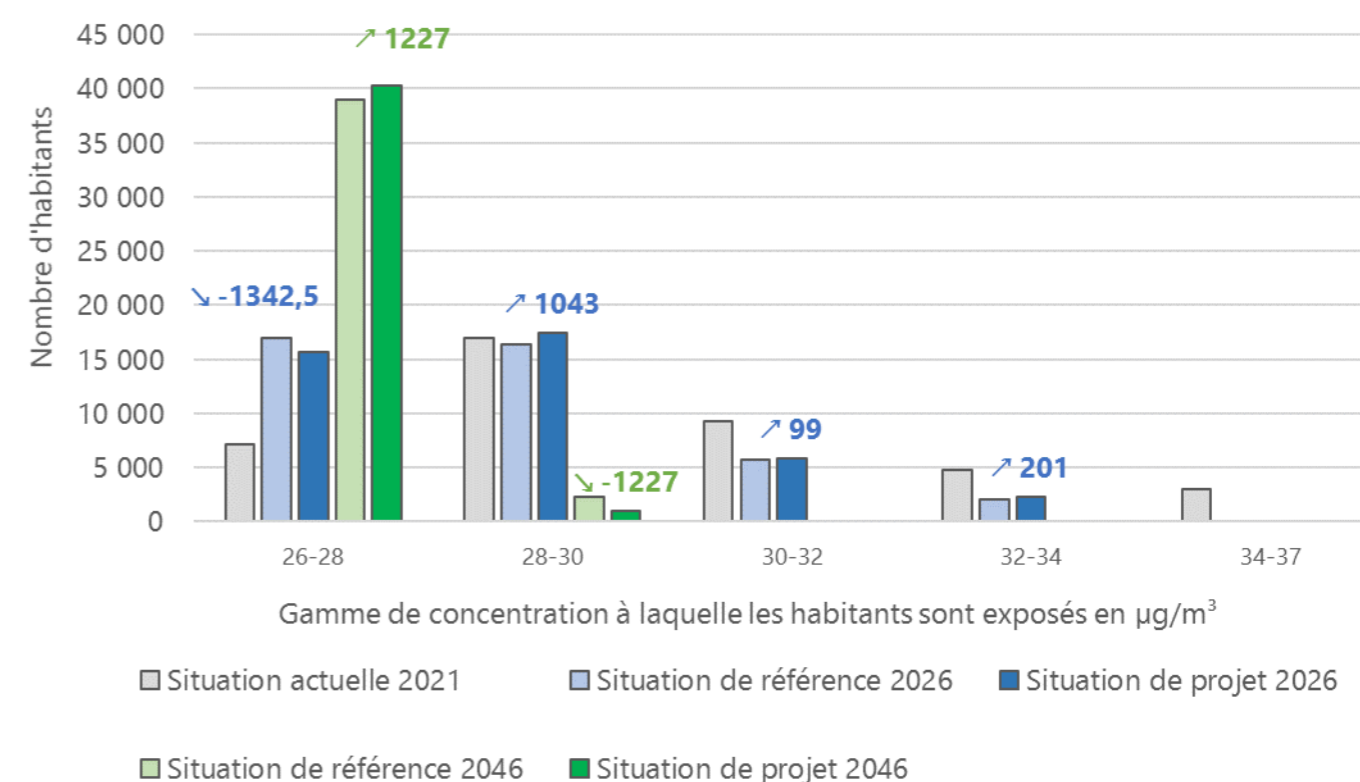


Figure 80 : Nombre d'habitants exposés aux différentes gammes de concentrations en NO₂ pour tous les horizons et scénarios étudiés

XII.1.3. Etude de la répartition spatiale de l'Indice Pollution Population

Les cartes présentant les IPP du NO₂ calculées dans chaque maille de 200m de côté, pour chaque scénario modélisé, ont été réalisées afin de présenter plus précisément la répartition spatiale des IPP. Celles-ci sont présentées ci-après.

Il faut noter que les données de population (FiLoSoFi 2017) sont maillées avec une résolution de 200 mètres, celles-ci sont présentées dans la Figure 81. Les concentrations calculées (partie X) ont été utilisées pour calculer l'IPP dans ces mailles. Il a été choisi de retenir la concentration en dioxyde d'azote maximale de la maille, dans une hypothèse majorante.

Les statistiques des IPP dans la bande d'étude sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 46 : Statistiques des IPP du dioxyde d'azote calculés dans la bande d'étude pour tous les horizons et scénarios étudiés

Unité	2021	2026			2046		
	Actuelle	Référence	Projet	Impact	Référence	Projet	Impact
		Sans unité		%	Sans unité		%
Maximum	43134	42151	42204	1,6	40742	40679	-0,1
Percentile 90	20422	19310	19396	0,7	18060	17997	-0,1
Moyenne	7913	7592	7618	0,3	7131	7110	-0,3
Médiane	4910	4733	4743	0,3	4511	4488	-0,21
Percentile 25	1240	1196	1198	0,1	1140	1138	-0,4
Minimum	28	27	27	0,04	26	26	-1,37
Ecart-type	8856	8520	8551	0,3	8047	8026	0,3

L'impact moyen du projet sur l'IPP dans la bande d'étude est de +0,3 % en 2026 et de -0,3 % en 2046. Globalement, le projet entraîne une faible augmentation de l'IPP en 2026 et une diminution de l'IPP en 2046 dans la bande d'étude.

En 2046, le projet permet de diminuer l'IPP globalement dans toute la bande d'étude.

L'analyse des cartographies permet de mettre en évidence que :

- Les IPP les plus élevés sont situés sur les zones de densité de population élevées ;
- L'impact du projet sur l'IPP à long terme (2046) est bénéfique car tous les IPP calculés dans la bande d'étude (entre -1,37 % et -0,1 %) ;
- L'impact maximal du projet sur l'IPP, avec une détérioration de +1,6% en 2026 :
 - Est situé au niveau du chemin du Littoral au niveau de la place des ferrailleurs ;
 - Ne représente en réalité qu'une augmentation de +0,6 µg/m³ en 2026 ;

On rappelle que les calculs sont réalisés avec la prise en compte des locomotives à faible émission à partir de l'horizon 2035 en situation de projet. Ainsi en 2046, le projet permet de diminuer l'IPP par rapport à la situation de référence.



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet
 Densité de population – Données FiLoSoFi 2017



- Bande d'étude du dioxyde d'azote
- Densité de population : hab/km² (FiLoSoFi 2017)
- Interurbain : 0 - 37
- Urbain diffus : 37 - 450
- Urbain : 450 - 1500
- Urbain dense : 1500 - 4500
- Urbain très dense : > 4500

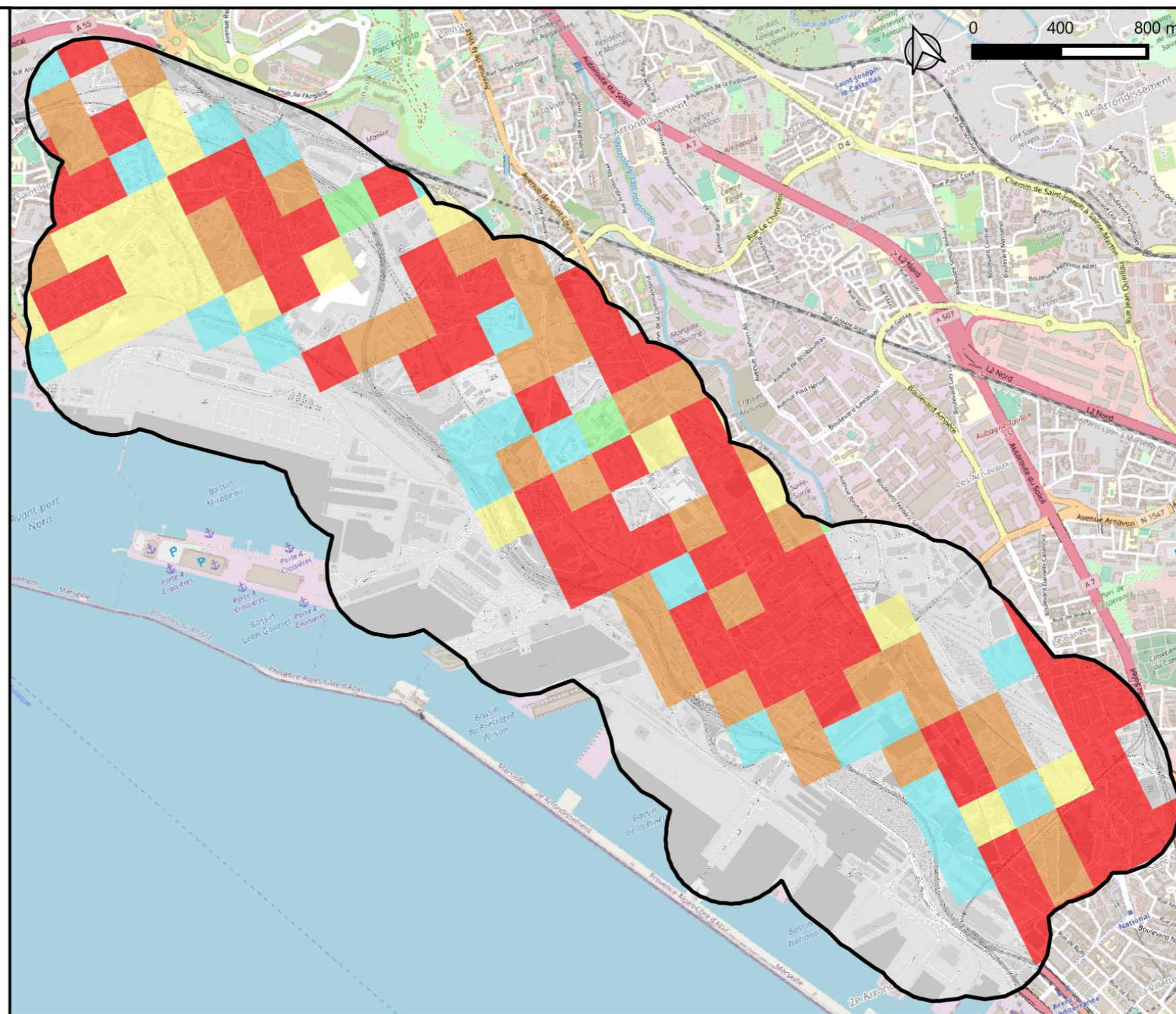


Figure 81 : Présentation des données de population utilisées pour le calcul des IPP – Mailles FiLoSoFi 2017

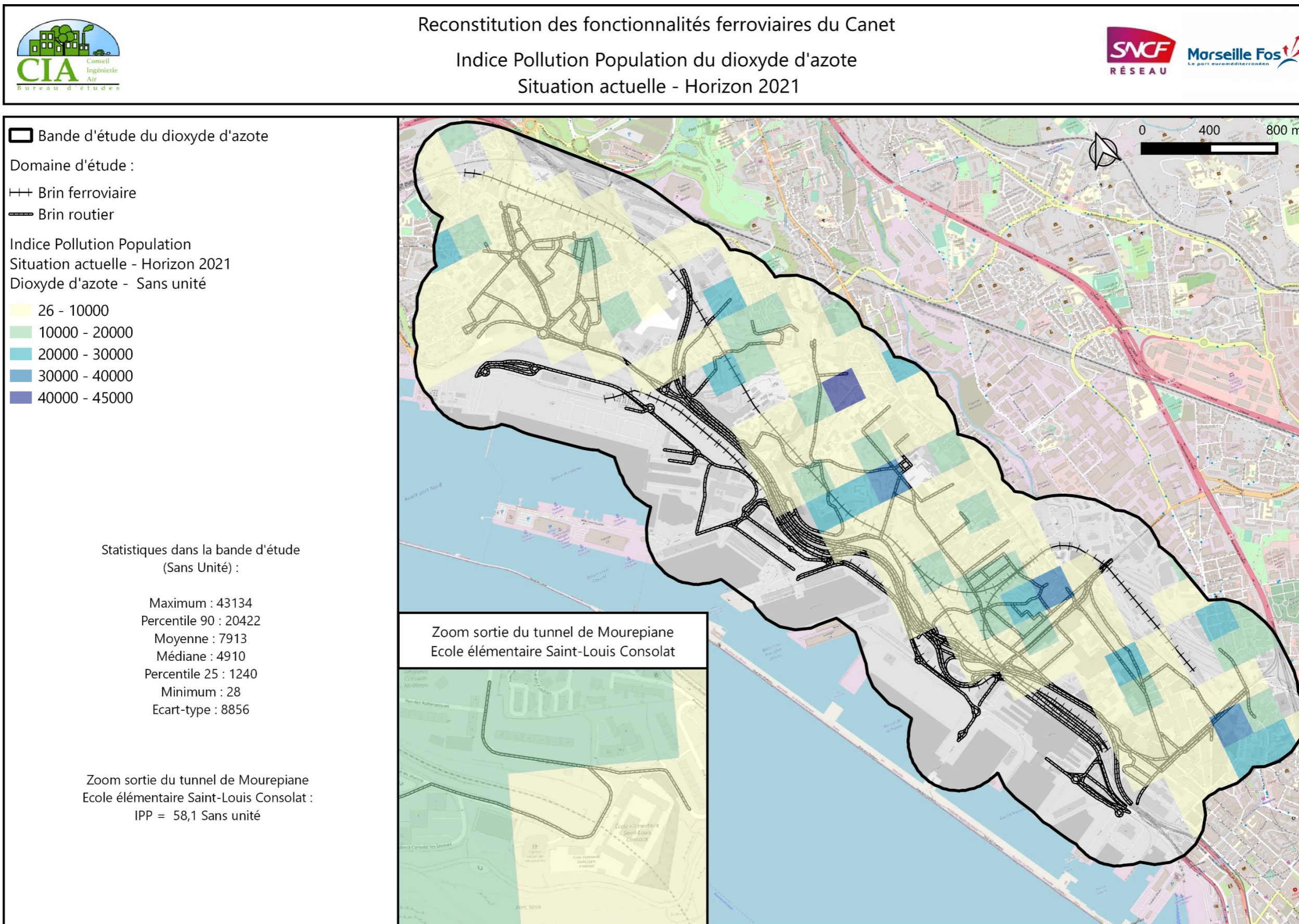


Figure 82 : Indice Pollution Population du dioxyde d'azote – Situation actuelle - horizon 2021



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet

Indice Pollution Population du dioxyde d'azote Situation de référence - Horizon 2026

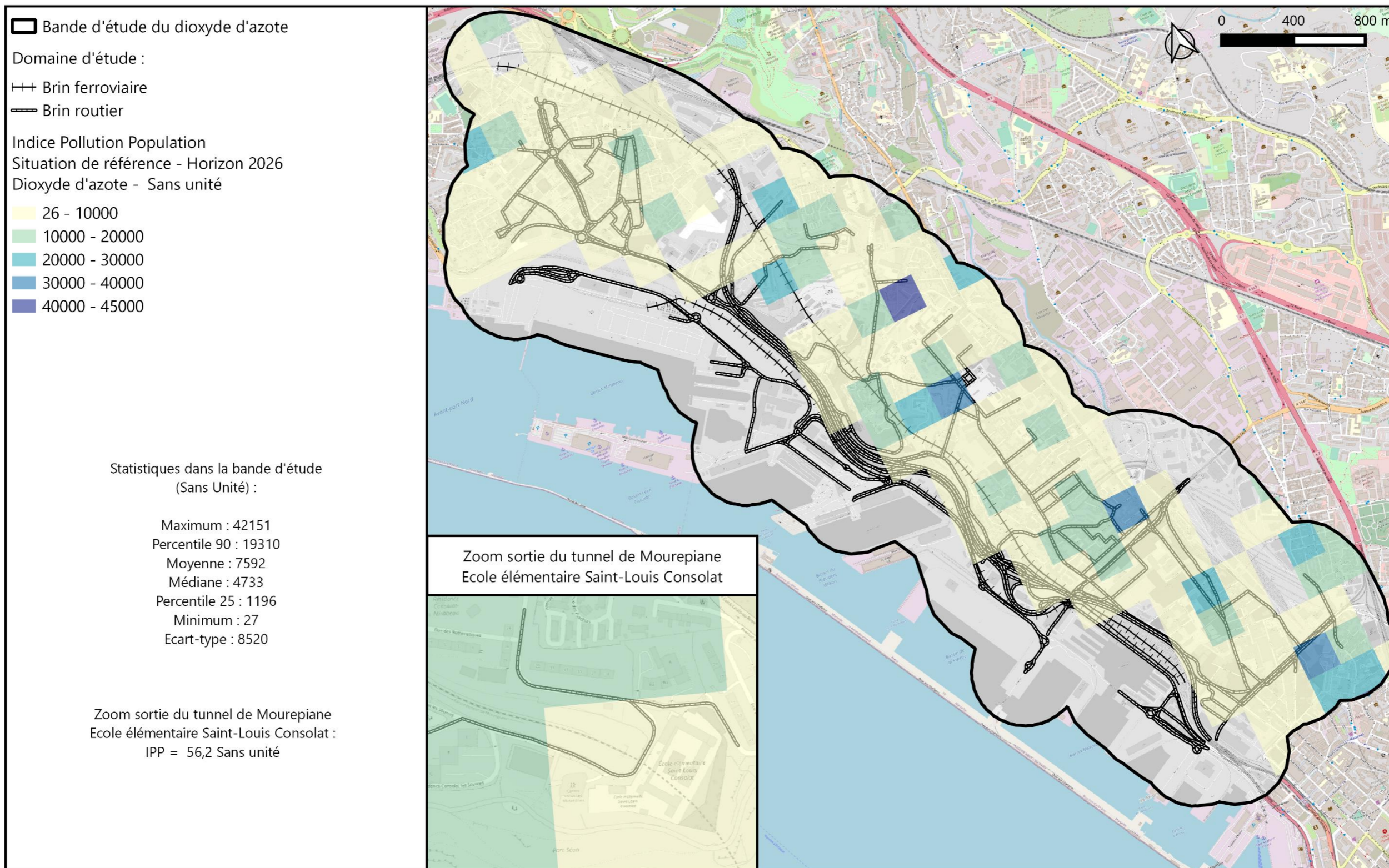


Figure 83 : Indice Pollution Population du dioxyde d'azote – Situation de référence - horizon 2026

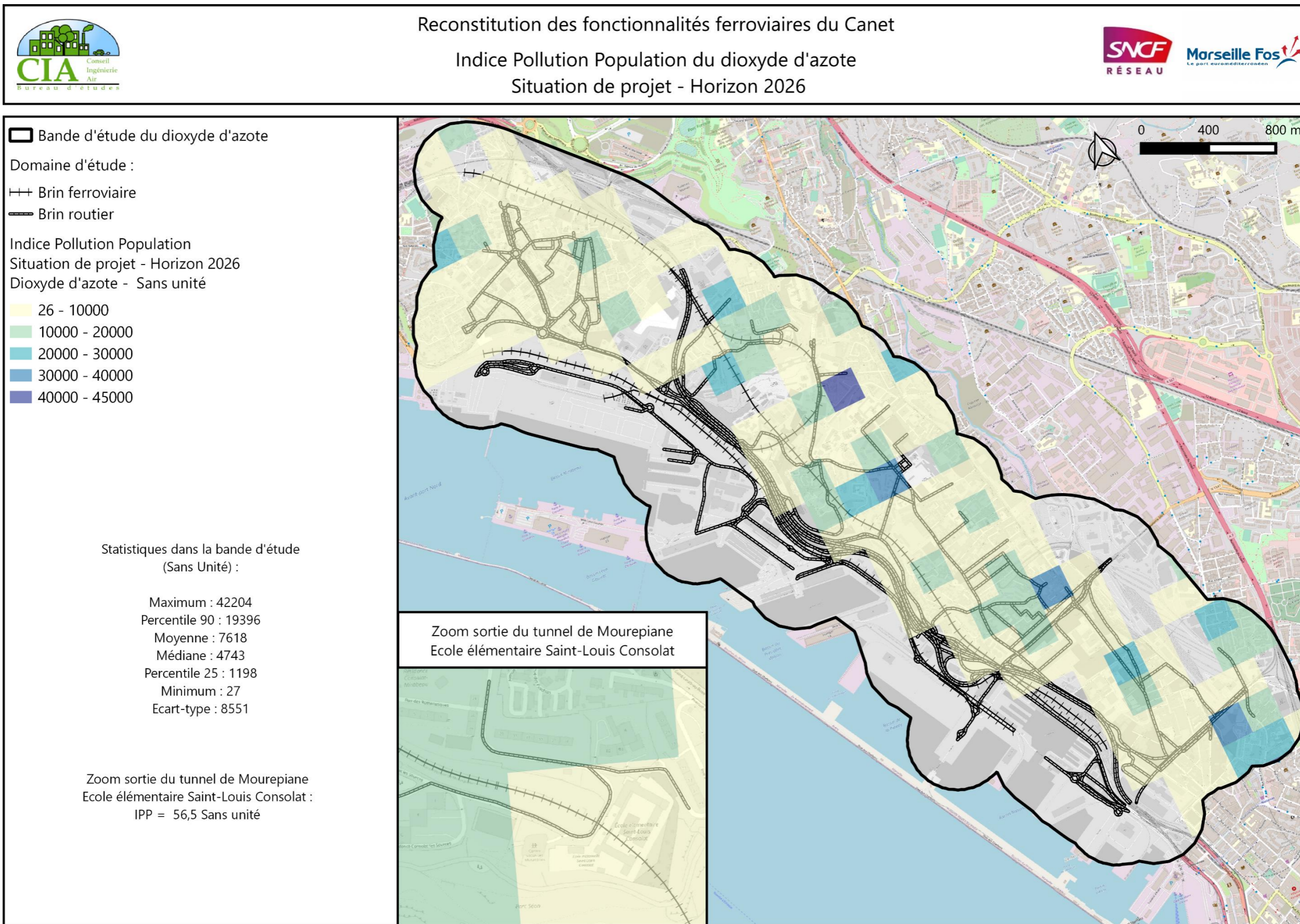


Figure 84 : Indice Pollution Population du dioxyde d'azote – Situation avec projet - horizon 2026



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet

Dioxyde d'azote - Impact du projet sur l'Indice Pollution Population

Par rapport à la situation de référence - Horizon 2026

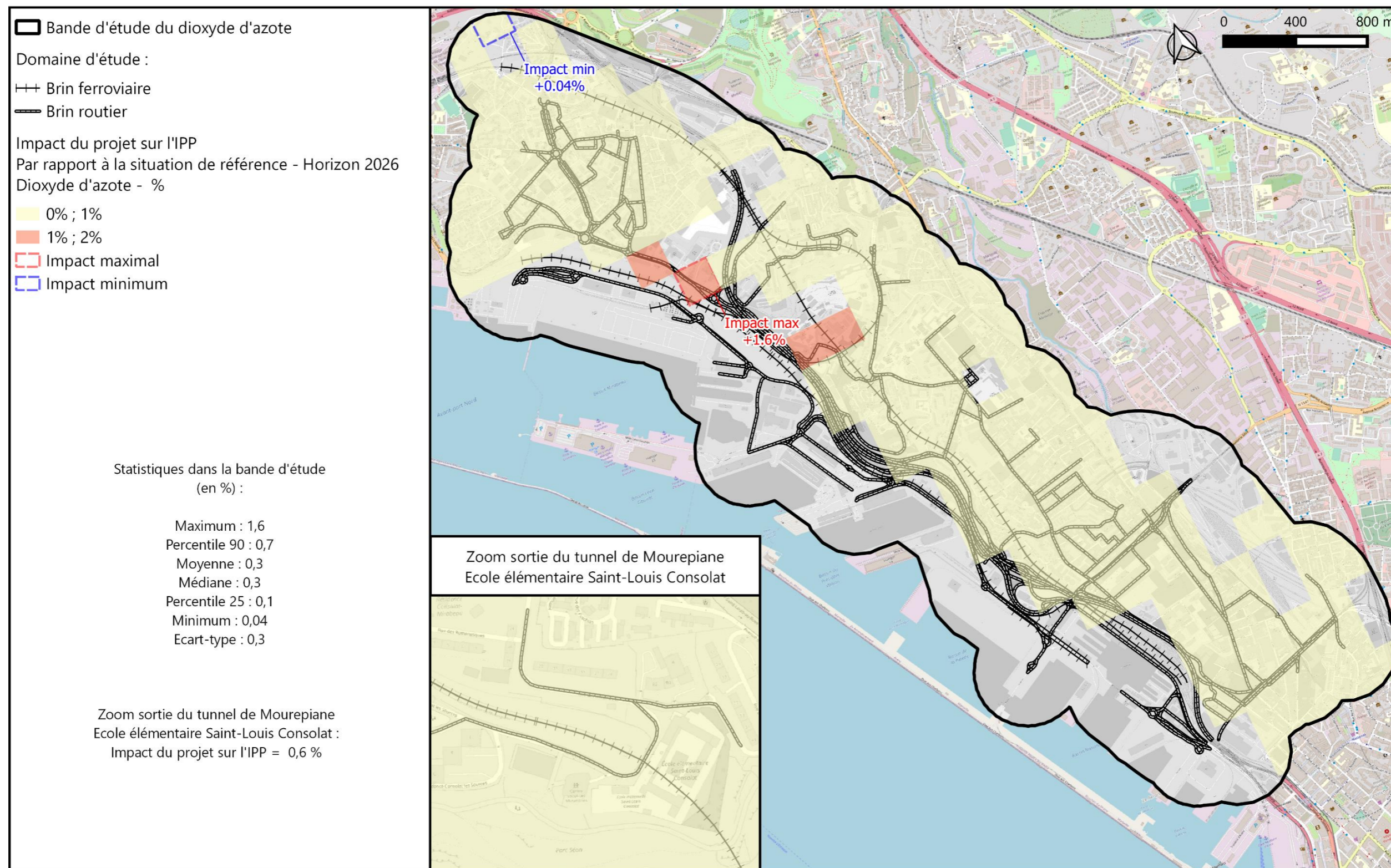


Figure 85 : Impact du projet sur l'Indice Pollution Population du dioxyde d'azote par rapport à la situation de référence – horizon 2026

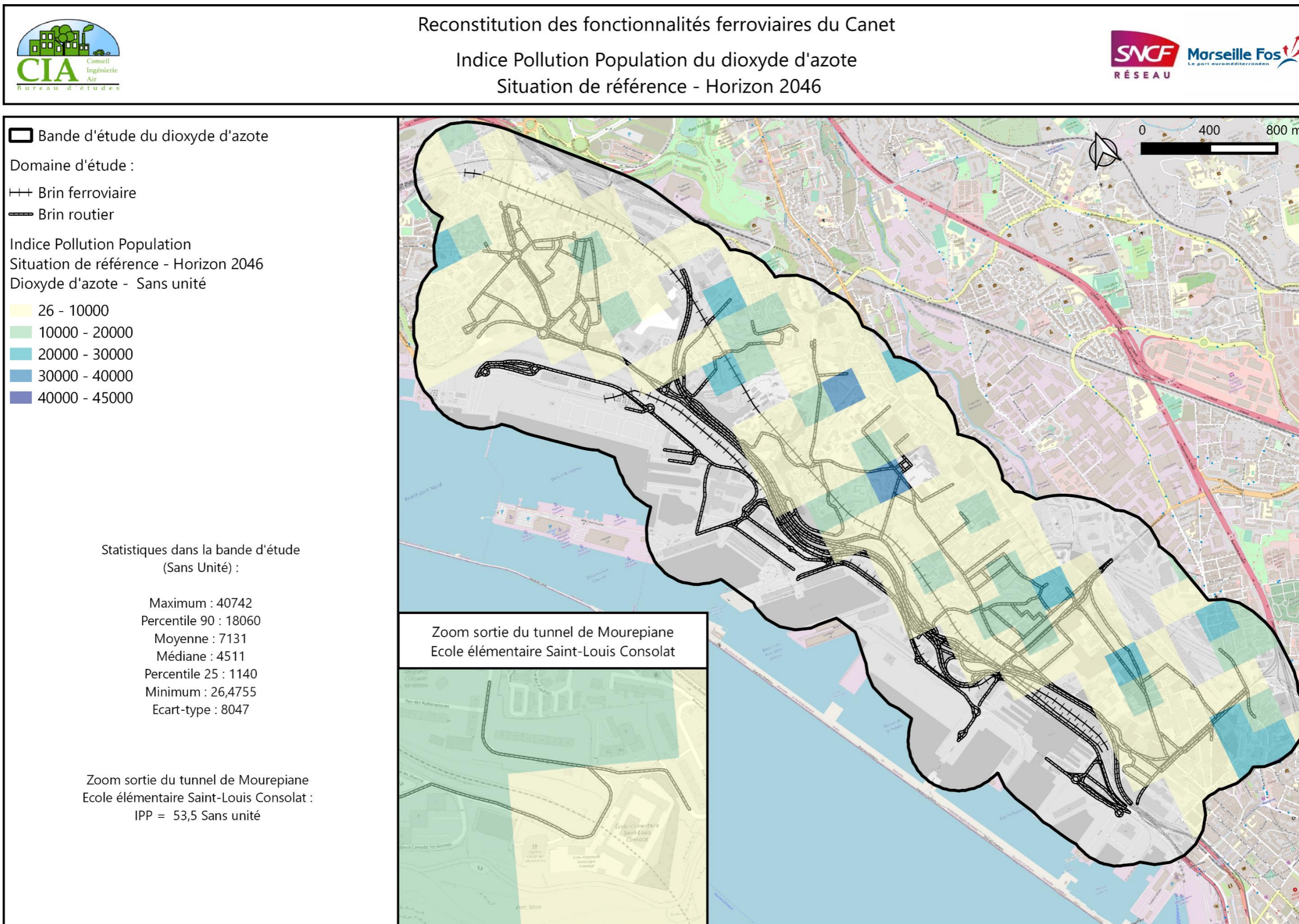


Figure 86 : Indice Pollution Population du dioxyde d'azote – Situation de référence - horizon 2046

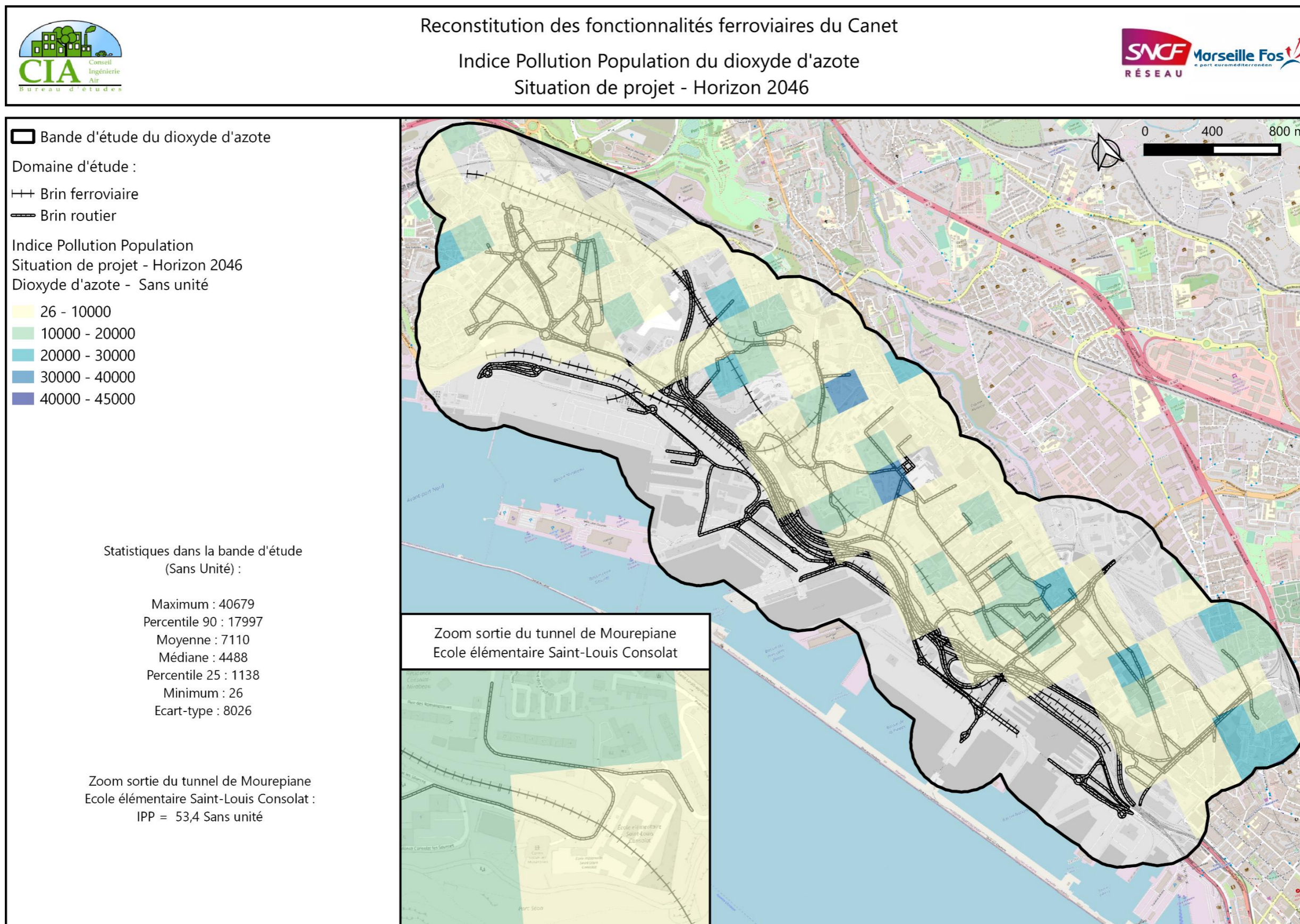


Figure 87 : Indice Pollution Population du dioxyde d'azote – Situation avec projet - horizon 2046

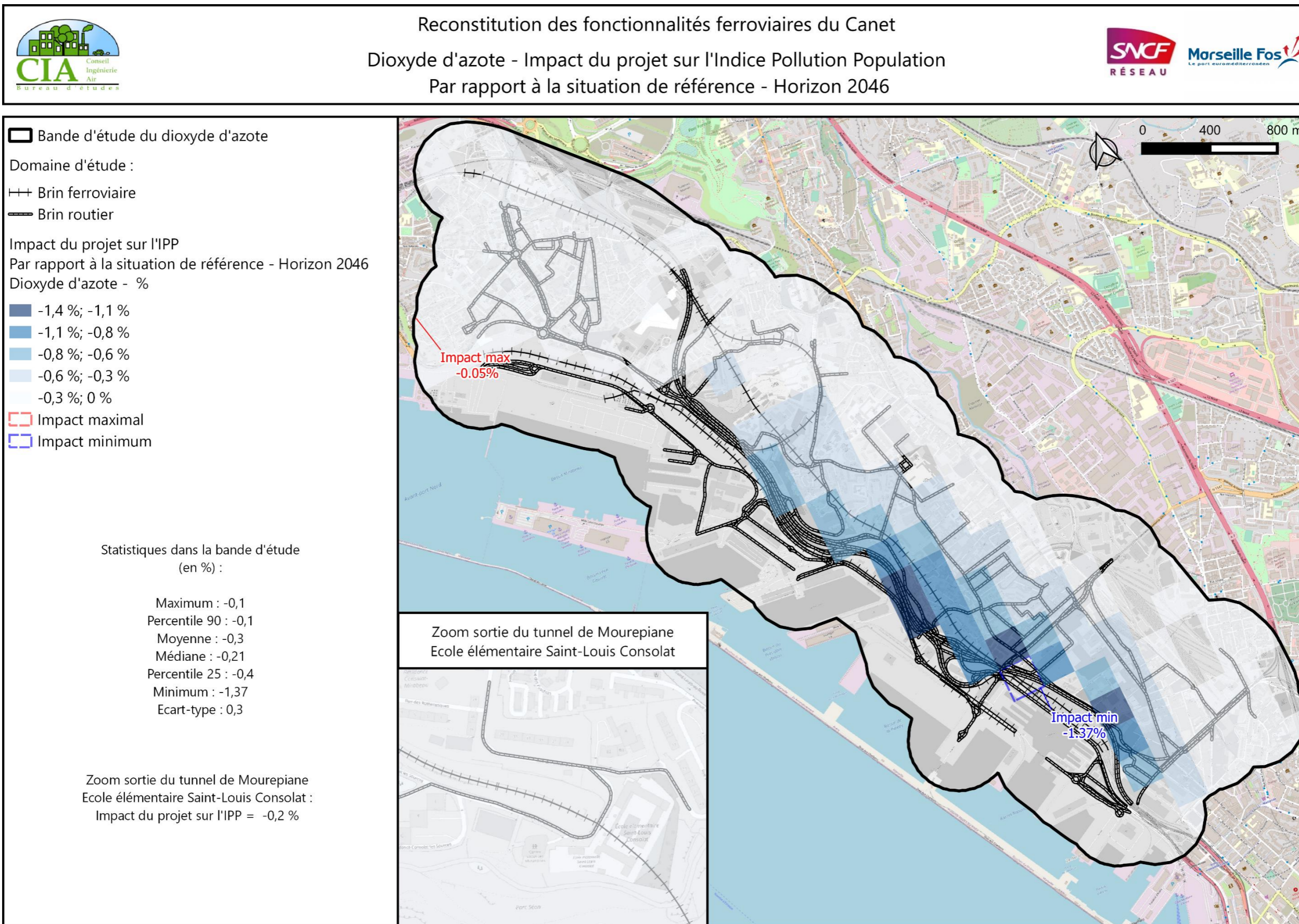


Figure 88 : Impact du projet sur l'Indice Pollution Population du dioxyde d'azote par rapport à la situation de référence – horizon 2046

XIII. EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES

Conformément au guide méthodologique du 22 février 2019 du Cerema sur le volet « air et santé » des études d'impact routières, l'impact sanitaire du projet a été établi selon la démarche de l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS).

L'évaluation des risques sanitaires présentée ci-dessous a été menée, dans toute la bande d'étude, aux horizons et scénarios suivants :

- Actuel 2021 ;
- 2026 :
 - Mise en service ;
 - Situation de référence sans projet : au fil de l'eau ;
- 2046 :
 - Mise en service sur le long terme ;
 - Situation de référence sans projet : au fil de l'eau ;

La méthodologie de l'évaluation quantitative des risques sanitaires, les formules et les valeurs toxicologiques de référence (ou valeur guides) utilisées sont présentées au paragraphe II.5.

Les calculs ont été effectués dans toute la bande d'étude sur des mailles ayant une résolution de 75 mètres présentées dans la cartographie ci-après.

XIII.1. Evaluation de l'exposition des populations

L'évaluation quantitative des expositions consiste à estimer les doses de substances auxquelles les populations sont les plus exposées.

XIII.1.1. Voies et vecteur d'exposition

Il a été considéré que la population de la bande d'étude est exposée aux substances présentes dans son environnement essentiellement par voie respiratoire.

En effet, les rejets du trafic routier pris en compte pour l'ERS sont exclusivement les émissions atmosphériques, aussi, la voie d'exposition à considérer en premier lieu est l'inhalation. La pollution de fond présente dans la zone d'étude a aussi été prise en compte pour permettre de se rendre compte de la contribution des voies de circulation dans les niveaux totaux mesurés auxquels sont exposées les populations.

XIII.1.2. Scénario d'exposition

Les risques ont été évalués sur un scénario majorant :

- La fréquence annuelle d'exposition (F) : 100 % ;
- Le taux d'exposition journalier (Ti) : 100 % ;
- La durée d'exposition en année (T) (calcul de risque sans effets de seuil), a été fixée à 30 ans ;
- La période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (Tm) (risque sans effet de seuil) est la durée de vie moyenne estimée à 70 ans ;

Les calculs sont réalisés selon la méthodologie présentée au paragraphe II.5.

Tableau 47 : Paramètres d'exposition retenu

	Scénario
Fréquence annuelle d'exposition (F)	100%
Taux d'exposition journalier (Ti)	100%
Durée d'exposition (T)	30 ans
Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (Tm)	70 ans



Reconstitution des fonctionnalités ferroviaires du Canet

Présentation des mailles de calcul de l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires



- Bande d'étude du dioxyde d'azote
- Brins routiers
- Brins ferroviaires

- Mailles de calcul de l'EQRS

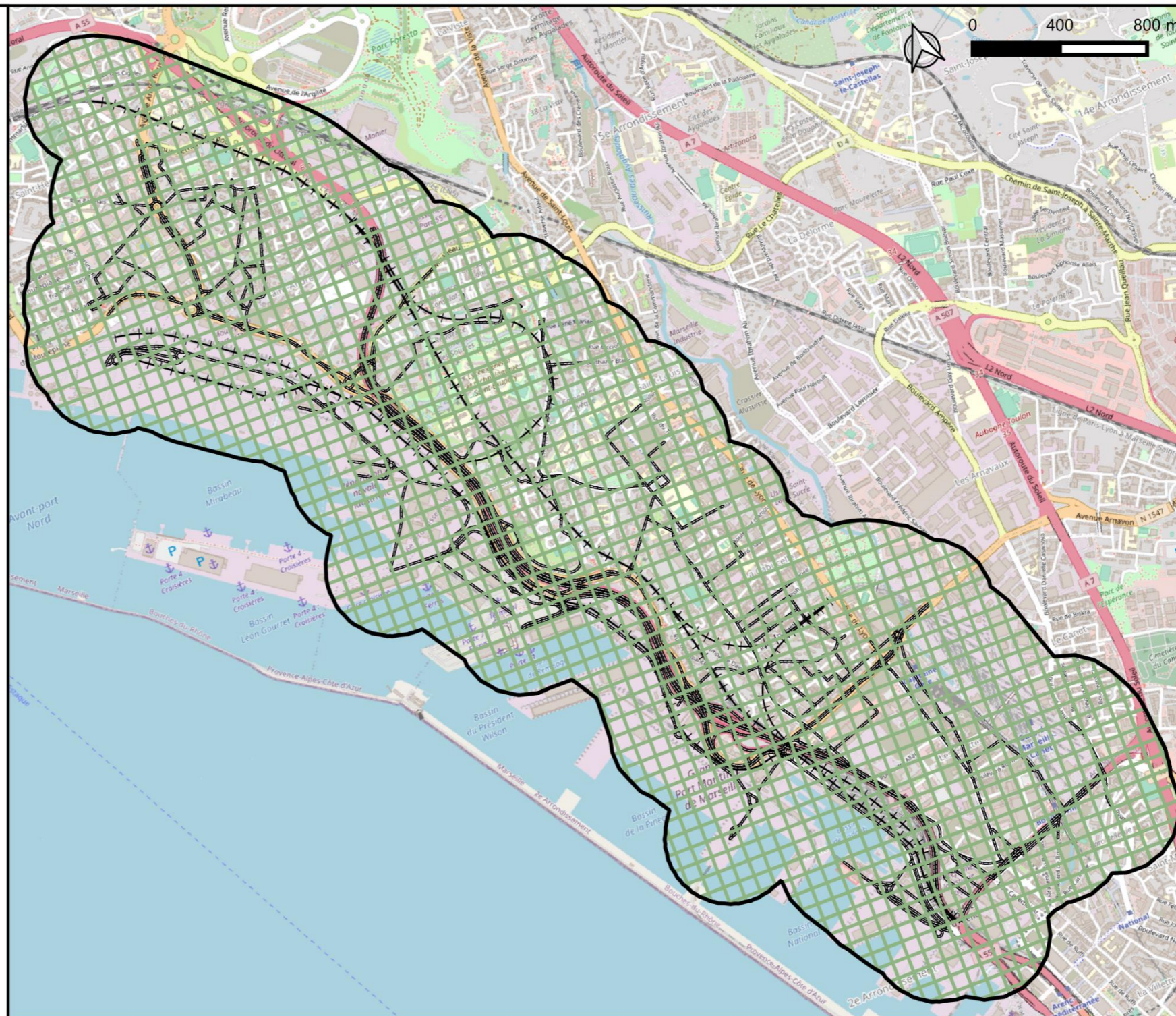


Figure 89 : présentation des mailles de calculs de l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (75 mètres de côté)

XIII.1.3. Evolution de l'exposition par inhalation

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

Il faut noter la prise en compte des concentrations de fond dans les concentrations modélisées Cair du dioxyde d'azote, des particules PM10 et des particules PM2,5 comme décrit dans le Tableau 2. Afin d'éviter une sous-estimation des concentrations des autres polluants de l'EQRS, les concentrations de fond présentées dans le tableau suivant ont été ajoutées aux données modélisées afin d'obtenir une concentration Cair représentative des conditions réelles.

Tableau 48 : Concentrations de fond ajoutées aux concentrations – Données issues de mesures d'AtmoSud à Marseille et le cas échéant de la bibliographie

Polluant	Concentration de fond (µg/m ³)		Source	Année
Arsenic	0,00035	Marseille Longchamp	Station de fond AtmoSud	2019
Benzène	1,08	Marseille Longchamp	Station de fond AtmoSud	2019
Benzo(a)pyrène	0,00015	Marseille Longchamp	Station de fond AtmoSud	2019
Nickel	0,00233	Marseille Longchamp	Station de fond AtmoSud	2019
Chrome	0,00194	Marseille Longchamp	Etude 3 villes : Etude des métaux lourds et des HAP à Marseille, Nice et Port-de-Bouc en 2015, AtmoSud	2015
1,3-butadiene	0,83	Fos Les Carabins	Station industrielle AtmoSud	2019

Pour les effets à seuils, la concentration d'exposition, ou concentration inhalée (Cmi), est calculée selon l'Équation 2 présentée dans la partie II.5.2.4.

La concentration modélisée (Cair) est multipliée par la fréquence d'exposition annuelle F (100 %) et par le taux d'exposition journalier Ti (100 %) afin d'obtenir la concentration inhalée (Cmi).

Pour les effets sans seuils, la Cmi est la concentration modélisée multipliée par 30 (temps d'exposition) et divisée par 70 (temps de vie).

XIII.2. Caractérisation du risque sanitaire

XIII.2.1. Quotient de Danger – Exposition par inhalation pour des effets à seuil

XIII.2.1.1. Pour une exposition chronique

Pour chaque maille étudiée dans l'EQRS le quotient de danger, pour tous les scénarios, horizons, avec ou sans projet, est inférieur à 1 pour le 1,3-butadiène, l'arsenic, le benzène, le benzo(a)pyrène (B(a)P), le Chrome VI et le nickel.

Des dépassements du QD ($QD > 1$) sont observés dans toute la bande d'étude, à tous les scénarios et horizons pour le dioxyde d'azote et les particules (PM10 et PM2,5). Pour chaque point concerné par un dépassement du QD, celui-ci a lieu quel que soit l'horizon ou le scénario étudié. Ainsi le projet n'est pas à l'origine de ces dépassements.

Il faut noter que la concentration de fond intégrée aux calculs pour ces polluants (Marseille Longchamp AtmoSud 2019) est déjà supérieure aux valeurs toxicologiques de référence respectives de ces trois polluants. Cela entraîne donc un dépassement du quotient de danger (cf Tableau 54).

S'agissant d'une zone avec une pollution de fond élevée (selon le travail bibliographique effectué), le risque ne peut être écarté pour ces trois polluants.

Le risque cumulé (somme des QD) est, du fait de ces dépassements, supérieur à 1 dans toute la bande d'étude. Celui-ci reste inférieur à 10 pour tous les scénarios et horizons étudiés, dans toute la bande d'étude. Il faut noter que, en considérant la somme des QD des concentrations de fond intégrées aux calculs, la somme des QD est déjà supérieure à 1.

Ainsi, pour les toutes les mailles de l'EQRS pour tous les scénarios et horizons étudiés, le risque sanitaire peut être exclu concernant l'exposition chronique par inhalation des substances gazeuses et particulaires suivantes, pour des effets à seuils :

- Métaux dans les particules PM10 : Arsenic, Nickel, et Chrome VI ;
- Benzo(a)pyrène dans les particules PM10 ;
- 1,3-butadiène ;
- Benzène ;

Pour toutes les mailles de calculs de l'EQRS, le risque ne peut être exclu pour le dioxyde d'azote et les particules (PM10, PM2,5). Cependant ces dépassements ne sont pas imputables au projet, ils sont dû à la concentration de fond élevée à Marseille.

Le risque cumulé est supérieur à 1 dans toute la bande d'étude et ne peut être écarté pour une exposition chronique par inhalation pour des effets à seuils.

Les tableaux des statistiques des quotients de danger dans la bande d'étude calculés selon l'Équation 3 sont présentés ci-dessous.

Tableau 49 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets à seuils – Situation actuelle 2021

Actu 2021 CAS QD	NO ₂	Benzène	PM10	PM2,5	1,3-butadiène	Arsenic	Chrome VI	Nickel	B(a)P	SOMME des QD
Maximum	3,6	0,2	1,3	2,1	0,4	0,04	0,1	0,04	0,1	7,8
Percentile 90	3,3	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	7,5
Moyenne	3,0	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	7,0
Médiane	2,9	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	7,0
Percentile 25	2,8	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	6,8
Minimum	2,6	0,2	1,2	1,9	0,4	0,02	0,1	0,03	0,1	6,6

En rouge : QD>1

Tableau 50 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets à seuils – Situation de référence 2026

Référence 2026 CAS QD	NO ₂	Benzène	PM10	PM2,5	1,3-butadiène	Arsenic	Chrome VI	Nickel	B(a)P	SOMME des QD
Maximum	3,3	0,2	1,2	2,0	0,4	0,04	0,1	0,04	0,1	7,5
Percentile 90	3,1	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	7,2
Moyenne	2,9	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	6,9
Médiane	2,8	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	6,9
Percentile 25	2,7	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	6,7
Minimum	2,6	0,2	1,2	1,9	0,4	0,02	0,1	0,03	0,1	6,6

En rouge : QD>1

Tableau 51 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets à seuils – Situation de projet 2026

Projet 2026 CAS QD	NO ₂	Benzène	PM10	PM2,5	1,3-butadiène	Arsenic	Chrome VI	Nickel	B(a)P	SOMME des QD
Maximum	3,4	0,2	1,2	2,0	0,4	0,04	0,1	0,04	0,1	7,5
Percentile 90	3,1	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	7,2
Moyenne	2,9	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	6,9
Médiane	2,8	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	6,9
Percentile 25	2,7	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	6,7
Minimum	2,6	0,2	1,2	1,9	0,4	0,02	0,1	0,03	0,1	6,6

En rouge : QD>1

Tableau 52 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets à seuils – Situation de référence 2046

Référence 2046 CAS QD	NO ₂	Benzène	PM10	PM2,5	1,3-butadiène	Arsenic	Chrome VI	Nickel	B(a)P	SOMME des QD
Maximum	2,8	0,2	1,2	2,0	0,4	0,04	0,1	0,04	0,1	6,9
Percentile 90	2,8	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	6,8
Moyenne	2,7	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	6,7
Médiane	2,7	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	6,7
Percentile 25	2,7	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	6,6
Minimum	2,6	0,2	1,2	1,9	0,4	0,02	0,1	0,03	0,1	6,6

En rouge : QD>1

Tableau 53 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets à seuils – Situation de projet 2046

Projet 2046 CAS QD	NO ₂	Benzène	PM10	PM2,5	1,3-butadiène	Arsenic	Chrome VI	Nickel	B(a)P	SOMME des QD
Maximum	2,8	0,2	1,2	2,0	0,4	0,04	0,1	0,04	0,1	6,9
Percentile 90	2,8	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	6,8
Moyenne	2,7	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	6,7
Médiane	2,7	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	6,7
Percentile 25	2,6	0,2	1,2	2,0	0,4	0,03	0,1	0,03	0,1	6,6
Minimum	2,6	0,2	1,2	1,9	0,4	0,02	0,1	0,03	0,1	6,6

En rouge : QD>1

Tableau 54 : Quotient de danger (exposition chronique par inhalation pour des effets à seuils) calculé sur la concentration de fond intégrée aux calculs

Composé	Concentration de fond en µg/m ³ intégrée aux calculs	QD de la concentration de fond
NO ₂	26,1	2,6
Benzène	1,08	0,1
PM10	17,9	1,2
PM2,5	9,7	1,9
1,3-butadiène	0,83	0,4
Arsenic	0,00035	0,02
Chrome VI	0,00194	0,06
Nickel	0,00233	0,03
Benzo(a)pyrène	0,00015	0,08
Somme des QD		6,5

En rouge : QD>1

XIII.2.1.2. Pour une exposition aiguë

Pour chaque maille étudiée dans l'EQRS le quotient de danger, pour tous les scénarios, horizons, avec ou sans projet, est inférieur à 1 pour le benzène, les particules (PM10 et PM2,5).

Des dépassements du QD ($QD > 1$) sont observés dans toute la bande d'étude, à tous les scénarios et horizons pour le dioxyde d'azote (pour le seuil journalier de l'OMS uniquement). Pour chaque point concerné par un dépassement du QD, celui-ci a lieu quel que soit l'horizon ou le scénario étudié. Ainsi le projet n'est pas à l'origine de ces dépassements.

Il faut noter que la concentration de fond annuelle intégrée aux calculs (Marseille Longchamp AtmoSud 2019) est déjà supérieure au seuil de recommandation journalier de l'OMS ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24h). Cette concentration de fond élevée est à l'origine du dépassement du quotient de danger (cf Tableau 60).

S'agissant d'une zone avec une pollution de fond élevée (selon le travail bibliographique effectué), le risque aigu ne peut être écarté pour le dioxyde d'azote selon le nouveau seuil de l'OMS.

Le risque cumulé (somme des QD) pour une exposition aiguë ne peut être écarté : du fait des concentrations de fond élevées, il est supérieur à 1 dans toute la bande d'étude. Celui-ci reste inférieur à 10 pour tous les scénarios et horizons étudiés, dans toute la bande d'étude.

Ainsi, pour toutes les mailles de l'EQRS pour tous les scénarios et horizons étudiés, le risque sanitaire peut être exclu concernant l'exposition aiguë par inhalation des substances gazeuses et particulaires suivantes, pour des effets à seuils :

- Particules : PM10 et PM2,5 ;
- Benzène ;

Pour toutes les mailles de calculs de l'EQRS, le risque ne peut être exclu pour le dioxyde d'azote (par rapport au nouveau seuil journalier de l'OMS). Cependant ces dépassements ne sont pas imputables au projet, ils sont dû à la concentration de fond élevée à Marseille.

Le risque cumulé ne peut être écarté, dans toute la bande d'étude à tous les scénarios et horizons, pour une exposition aiguë par inhalation pour des effets à seuils. Les concentrations de fond élevées, en dehors des sources (routières et ferroviaires) modélisées, entraînent déjà une somme des quotients de dangers supérieure à 1.

Les tableaux des statistiques des quotients de danger dans la bande d'étude calculés selon l'Équation 3 sont présentés ci-dessous.

Tableau 55 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition aiguë par inhalation pour des effets à seuils – Situation actuelle 2021

Actu 2021 AAS QD	NO ₂	PM10	PM2,5	Benzène	NO ₂ (seuil OMS)	SOMME des QD
Maximum	0,2	0,4	0,7	0,1	1,4	2,8
Percentile 90	0,2	0,4	0,7	0,1	1,3	2,7
Moyenne	0,1	0,4	0,7	0,1	1,2	2,5
Médiane	0,1	0,4	0,7	0,1	1,2	2,5
Percentile 25	0,1	0,4	0,7	0,1	1,1	2,4
Minimum	0,1	0,4	0,6	0,1	1,1	2,3

En rouge : QD>1

Tableau 56 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition aiguë par inhalation pour des effets à seuils – Situation de référence 2026

Référence 2026 AAS QD	NO ₂	PM10	PM2,5	Benzène	NO ₂ (seuil OMS)	SOMME des QD
Maximum	0,2	0,4	0,7	0,1	1,3	2,7
Percentile 90	0,2	0,4	0,7	0,1	1,2	2,5
Moyenne	0,1	0,4	0,7	0,1	1,1	2,4
Médiane	0,1	0,4	0,7	0,1	1,1	2,4
Percentile 25	0,1	0,4	0,7	0,1	1,1	2,4
Minimum	0,1	0,4	0,6	0,1	1,1	2,3

En rouge : QD>1

Tableau 57 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition aiguë par inhalation pour des effets à seuils – Situation de projet 2026

Projet 2026 AAS QD	NO ₂	PM10	PM2,5	Benzène	NO ₂ (seuil OMS)	SOMME des QD
Maximum	0,2	0,4	0,7	0,1	1,3	2,7
Percentile 90	0,2	0,4	0,7	0,1	1,3	2,6
Moyenne	0,1	0,4	0,7	0,1	1,2	2,4
Médiane	0,1	0,4	0,7	0,1	1,1	2,4
Percentile 25	0,1	0,4	0,7	0,1	1,1	2,4
Minimum	0,1	0,4	0,6	0,1	1,1	2,3

En rouge : QD>1

Tableau 58 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition aiguë par inhalation pour des effets à seuils – Situation de référence 2046

Référence 2046 AAS QD	NO ₂	PM10	PM2,5	Benzène	NO ₂ (seuil OMS)	SOMME des QD
Maximum	0,1	0,4	0,7	0,1	1,1	2,4
Percentile 90	0,1	0,4	0,7	0,1	1,1	2,4
Moyenne	0,1	0,4	0,7	0,1	1,1	2,3
Médiane	0,1	0,4	0,7	0,1	1,1	2,3
Percentile 25	0,1	0,4	0,7	0,1	1,1	2,3
Minimum	0,1	0,4	0,6	0,1	1,0	2,3

En rouge : QD>1

Tableau 59 : Statistiques des quotients de dangers calculés dans la bande d'étude pour une exposition aiguë par inhalation pour des effets à seuils – Situation de projet 2046

Projet 2046 AAS QD	NO ₂	PM10	PM2,5	Benzène	NO ₂ (seuil OMS)	SOMME des QD
Maximum	0,1	0,4	0,7	0,1	1,1	2,4
Percentile 90	0,1	0,4	0,7	0,1	1,1	2,4
Moyenne	0,1	0,4	0,7	0,1	1,1	2,3
Médiane	0,1	0,4	0,7	0,1	1,1	2,3
Percentile 25	0,1	0,4	0,7	0,1	1,1	2,3
Minimum	0,1	0,4	0,6	0,1	1,0	2,3

En rouge : QD>1

Tableau 60 : Quotient de danger (exposition aiguë par inhalation pour des effets à seuils) calculé sur la concentration de fond intégrée aux calculs

Composé	Concentration de fond en µg/m ³ intégrée aux calculs	QD de la concentration de fond
NO ₂	26,1	0,1
Benzène	1,08	0,04
PM10	17,9	0,4
PM2,5	9,7	0,6
NO ₂ (seuil OMS)	26,1	1,0
Somme des QD (hors seuil de l'OMS du NO ₂)		1,2
Somme des QD en tenant compte du seuil de l'OMS		2,3

En rouge : QD>1

XIII.2.1. Excès de Risques Individuels – Exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils (risque cancérigène)

Concernant l'exposition chronique par inhalation des mailles de l'EQRS, l'Excès de Risque Individuel (ERI) est inférieur à 10^{-5} , pour tous les scénarios, horizons, avec ou sans projet pour les polluants suivants : arsenic, nickel et benzo(a)pyrène (dans la fraction PM10).

Des ERI supérieurs à 10^{-5} sont calculés dans toute la bande d'étude pour le Chrome VI (dans la fraction PM10), le benzène et le 1,3-butadiène. Ces dépassements ont lieu dans toute la bande d'étude, à tous les horizons et scénarios (avec ou sans projet) et ne sont donc pas imputables au projet.

Il faut noter l'incertitude importante concernant le chrome VI : En l'absence de données précises sur la part relative des formes organiques et inorganiques, les émissions de chrome totales ont été totalement affectées au chrome VI, forme la plus préoccupante en termes de risque sanitaire. Il s'agit donc de calculs majorant le risque.

De plus, pour ces trois composés, la concentration de fond intégrée au calcul entraîne déjà un ERI supérieur à 10^{-5} . S'agissant d'une zone avec une pollution de fond élevée (selon le travail bibliographique effectué), le risque ne peut être écarté pour ces trois polluants.

Le risque cumulé (somme des ERI) pour une exposition chronique pour des effets sans seuils ne peut être écarté : du fait des concentrations de fond élevées, il est supérieur à 10^{-4} dans toute la bande d'étude.

Ainsi, pour les toutes les mailles d'étude de l'EQRS pour tous les scénarios et horizons étudiés, le risque sanitaire peut être exclu concernant l'exposition chronique par inhalation des substances particulières (dans la fraction PM10) suivantes, pour des effets sans seuils :

- Arsenic,
- Nickel ;
- Benzo(a)pyrène;

Pour toutes les mailles de calculs de l'EQRS, le risque ne peut être exclu pour le Chrome VI (dans la fraction PM10), le benzène et le 1,3-butadiène. Cependant ces dépassements ne sont pas imputables au projet, ils ont lieu à tous les horizons et scénarios.

Le risque cumulé ne peut être écarté, dans toute la bande d'étude à tous les scénarios et horizons, pour une exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils. Les concentrations de fond élevées, en dehors des sources (routières et ferroviaires) modélisées, entraînent déjà une somme des excès de risques individuels supérieure à 10^{-4} .

Les tableaux des statistiques des ERI dans la bande d'étude calculés selon l'Équation 4 sont présentés ci-dessous.

Tableau 61 : Statistiques des Excès de Risques Individuels calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils – Situation actuelle 2021

Actu 2021 CSS ERI	Benzène	1,3-butadiène	Arsenic	Chrome VI	Nickel	B(a)P	SOMME des ERI
Maximum	2,4E-05	6,1E-05	9,9E-07	4,1E-05	3,7E-07	4,8E-08	1,3E-04
Percentile 90	2,4E-05	6,1E-05	8,7E-07	3,8E-05	3,3E-07	4,5E-08	1,2E-04
Moyenne	2,4E-05	6,1E-05	7,7E-07	3,6E-05	3,0E-07	4,2E-08	1,2E-04
Médiane	2,4E-05	6,1E-05	7,6E-07	3,6E-05	3,0E-07	4,2E-08	1,2E-04
Percentile 25	2,4E-05	6,1E-05	7,1E-07	3,5E-05	2,8E-07	4,0E-08	1,2E-04
Minimum	2,4E-05	6,0E-05	6,6E-07	3,4E-05	2,6E-07	3,9E-08	1,2E-04

En rouge : ERI > 10⁻⁵ En violet : ERI > 10⁻⁴

Tableau 62 : Statistiques des Excès de Risques Individuels calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils – Situation de référence 2026

Référence 2026 CSS ERI	Benzène	1,3-butadiène	Arsenic	Chrome VI	Nickel	B(a)P	SOMME des ERI
Maximum	2,4E-05	6,1E-05	9,9E-07	4,1E-05	3,7E-07	4,7E-08	1,3E-04
Percentile 90	2,4E-05	6,1E-05	8,7E-07	3,8E-05	3,3E-07	4,4E-08	1,2E-04
Moyenne	2,4E-05	6,1E-05	7,7E-07	3,6E-05	3,0E-07	4,1E-08	1,2E-04
Médiane	2,4E-05	6,1E-05	7,6E-07	3,6E-05	3,0E-07	4,1E-08	1,2E-04
Percentile 25	2,4E-05	6,1E-05	7,1E-07	3,5E-05	2,8E-07	4,0E-08	1,2E-04
Minimum	2,4E-05	6,0E-05	6,6E-07	3,3E-05	2,6E-07	3,9E-08	1,2E-04

En rouge : ERI > 10⁻⁵ En violet : ERI > 10⁻⁴

Tableau 63 : Statistiques des Excès de Risques Individuels calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils – Situation de projet 2026

Projet 2026 CSS ERI	Benzène	1,3-butadiène	Arsenic	Chrome VI	Nickel	B(a)P	SOMME des ERI
Maximum	2,4E-05	6,1E-05	9,9E-07	4,1E-05	3,7E-07	4,7E-08	1,3E-04
Percentile 90	2,4E-05	6,1E-05	8,7E-07	3,8E-05	3,3E-07	4,4E-08	1,2E-04
Moyenne	2,4E-05	6,1E-05	7,7E-07	3,6E-05	3,0E-07	4,1E-08	1,2E-04
Médiane	2,4E-05	6,1E-05	7,6E-07	3,6E-05	3,0E-07	4,1E-08	1,2E-04
Percentile 25	2,4E-05	6,1E-05	7,1E-07	3,5E-05	2,8E-07	4,0E-08	1,2E-04
Minimum	2,4E-05	6,0E-05	6,6E-07	3,3E-05	2,6E-07	3,9E-08	1,2E-04

En rouge : ERI > 10⁻⁵ En violet : ERI > 10⁻⁴

Tableau 64 : Statistiques des Excès de Risques Individuels calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils – Situation de référence 2046

Référence 2046 CSS ERI	Benzène	1,3-butadiène	Arsenic	Chrome VI	Nickel	B(a)P	SOMME des ERI
Maximum	2,4E-05	6,1E-05	9,9E-07	4,0E-05	3,7E-07	4,3E-08	1,3E-04
Percentile 90	2,4E-05	6,1E-05	8,7E-07	3,8E-05	3,3E-07	4,2E-08	1,2E-04
Moyenne	2,4E-05	6,1E-05	7,7E-07	3,6E-05	3,0E-07	4,0E-08	1,2E-04
Médiane	2,4E-05	6,1E-05	7,6E-07	3,6E-05	3,0E-07	4,0E-08	1,2E-04
Percentile 25	2,4E-05	6,1E-05	7,1E-07	3,5E-05	2,8E-07	3,9E-08	1,2E-04
Minimum	2,4E-05	6,0E-05	6,6E-07	3,3E-05	2,6E-07	3,9E-08	1,2E-04

En rouge : ERI > 10⁻⁵ En violet : ERI > 10⁻⁴

Tableau 65 : Statistiques des Excès de Risques Individuels calculés dans la bande d'étude pour une exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils – Situation de projet 2046

Projet 2046 CSS ERI	Benzène	1,3-butadiène	Arsenic	Chrome VI	Nickel	B(a)P	SOMME des ERI
Maximum	2,4E-05	6,1E-05	9,9E-07	4,0E-05	3,7E-07	4,3E-08	1,3E-04
Percentile 90	2,4E-05	6,1E-05	8,7E-07	3,8E-05	3,3E-07	4,2E-08	1,2E-04
Moyenne	2,4E-05	6,1E-05	7,7E-07	3,6E-05	3,0E-07	4,0E-08	1,2E-04
Médiane	2,4E-05	6,1E-05	7,6E-07	3,6E-05	3,0E-07	4,0E-08	1,2E-04
Percentile 25	2,4E-05	6,1E-05	7,1E-07	3,5E-05	2,8E-07	3,9E-08	1,2E-04
Minimum	2,4E-05	6,0E-05	6,6E-07	3,3E-05	2,6E-07	3,9E-08	1,2E-04

En rouge : ERI > 10⁻⁵ En violet : ERI > 10⁻⁴

Tableau 66 : Excès de Risques Individuels (exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils) calculé sur la concentration de fond intégrée aux calculs

Composé	Concentration de fond en µg/m ³ intégrée aux calculs	ERI de la concentration de fond
Benzène	1,08	1,2E-05
1,3-butadiène	0,83	6,0E-05
Arsenic	0,00035	6,5E-07
Chrome VI	0,00194	3,3E-05
Nickel	0,00233	2,6E-07
Benzo(a)pyrène	0,00015	3,9E-08
Somme des ERI		1,1E-04

En rouge : ERI > 10⁻⁵ En violet : ERI > 10⁻⁴

XIV. CONCLUSION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA SANTE

XIV.1. Évaluation de l'impact sanitaire simplifié : Indice Population Pollution

L'indicateur IPP permet la comparaison entre le scénario avec projet et l'état de référence par un critère basé non seulement sur les concentrations, mais aussi sur la répartition spatiale de la population demeurant à proximité des voies de circulation.

Cet outil est utilisé comme une aide à la comparaison de situation et en aucun cas comme le reflet d'une exposition absolue de la population à la pollution atmosphérique globale.

Le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières de février 2019 préconise de calculer l'IPP sur le traceur NO₂. Ainsi, sont présentés dans cette étude les résultats des calculs de l'IPP à l'horizon 2021, 2026 et 2046.

Les données du Dispositif sur les revenus localisés sociaux et fiscaux Filosofi de 2017 ont été utilisées, celles-ci permettent d'obtenir un nombre d'individu dans des mailles d'une résolution de 200 mètres.

La population a été considérée comme étant constante au fil de l'eau.

Pour chaque scénario et horizon, les concentrations en dioxyde d'azote modélisées ont été utilisées. Ces données étant maillées avec une résolution de 75 mètres, il a été choisi de les relier aux mailles Filosofi en gardant la concentration maximale (hypothèse majorante).

Indice Pollution Population cumulé dans la bande d'étude

Afin d'obtenir l'IPP cumulé, la somme de tous les IPP calculés dans la bande d'étude est réalisée.

Bilan au fil de l'eau par rapport à la situation actuelle

L'IPP cumulé varie au fil de l'eau par rapport à la situation actuelle 2021. En effet, suite aux améliorations technologiques, les émissions atmosphériques diminuent au fil du temps, il en résulte ainsi une diminution des concentrations. Cette diminution des concentrations entraîne une diminution de l'IPP cumulé, de -4,1 % en 2026 et de -9,9 % en 2046.

Bilan du projet par rapport à la situation de référence

Le projet entraîne une faible variation de l'Indice Pollution Population cumulé de la bande d'étude avec +0,3 % en 2026 et -0,3 % en 2046. Ceci est dû à la faible augmentation des concentrations de dioxyde d'azote en situation de projet en 2026 et à la diminution globale des concentrations en 2046 (mise en place de motrices à faible émission en projet).

Étude des gammes de concentrations auxquelles la population est exposée

Bilan au fil de l'eau par rapport à la situation actuelle

Au fil de l'eau, il est observé une diminution des gammes de concentrations auxquelles la population est exposée.

En effet, en situation actuelle, 3 013 personnes sont exposées à des concentrations supérieures à 34,0 µg/m³. En 2026, tous les habitants sont exposés à des concentrations inférieures ou égales à 34,0 µg/m³. En 2046, tous les habitants sont exposés à des concentrations inférieures ou égales à 30 µg/m³.

L'hypothèse étant émise que la population reste constante au fil du temps, ces variations sont dues aux diminutions des concentrations en dioxyde d'azote suite aux améliorations technologiques du parc roulant.

Bilan du projet par rapport à la situation de référence

En situation de projet, les gammes de concentrations auxquelles la population est exposée augmentent par rapport à la situation de référence en 2026 pour 1 343 personnes. Cependant cette augmentation des gammes de concentration n'entraîne pas de dépassement de la valeur réglementaire (40 µg/m³).

Tandis qu'en 2046, le projet entraîne une diminution de la gamme de concentration à laquelle la population est exposée pour 1 052 personnes.

Le projet entraîne à long terme une diminution de la gamme de concentrations à laquelle la population est exposée.

Étude de la répartition spatiale de l'IPP

Bilan du projet par rapport à la situation de référence

L'impact moyen du projet sur l'IPP dans la bande d'étude est de +0,3 % en 2026 et de -0,3 % en 2046. Globalement, le projet entraîne une faible variation de l'IPP dans la bande d'étude.

En 2046, le projet permet de diminuer l'IPP globalement dans toute la bande d'étude.

L'analyse des cartographies permet de mettre en évidence que :

- Les IPP les plus élevés sont situés sur les zones de densité de population élevées ;
- L'impact du projet sur l'IPP à long terme (2046) est bénéfique car tous les IPP calculés dans la bande d'étude (entre -1,37 % et -0,1 %) ;
- L'impact maximal du projet sur l'IPP, avec une détérioration de +1,6% en 2026 :
 - Est situé au niveau du chemin du Littoral au niveau de la place des ferrailleurs ;
 - Ne représente en réalité qu'une augmentation de +0,6 µg/m³ en 2026 ;

On rappelle que les calculs sont réalisés avec la prise en compte des locomotives à faible émission à partir de l'horizon 2035 en situation de projet. Ainsi en 2046, le projet permet de diminuer l'IPP par rapport à la situation de référence.

XIV.2. Évaluation quantitative des risques sanitaires

L'évaluation quantitative des expositions consiste à estimer les doses de substances auxquelles les populations sont les plus exposées.

Il a été considéré que la population de la bande d'étude est exposée aux substances présentes dans son environnement essentiellement par voie respiratoire.

En effet, les rejets du trafic routier pris en compte pour l'ERS sont exclusivement les émissions atmosphériques, aussi, la voie d'exposition à considérer en premier lieu est l'inhalation. La pollution de fond présente dans la zone d'étude a aussi été prise en compte pour permettre de se rendre compte de la contribution des voies de circulation dans les niveaux totaux mesurés auxquels sont exposées les populations.

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

Il faut noter la prise en compte des concentrations de fond dans les concentrations afin d'éviter une sous-estimation des concentrations des autres polluants de l'EQRS.

Les risques ont été évalués sur un scénario d'exposition majorant (une exposition 100 % du temps pendant 30 ans).

Exposition chronique par inhalation pour des effets à seuil – Quotient de danger

Pour toutes les mailles de l'EQRS pour tous les scénarios et horizons étudiés, le risque sanitaire peut être exclu concernant l'exposition chronique par inhalation des substances gazeuses et particulaires suivantes, pour des effets à seuils :

- Métaux dans les particules PM10 : Arsenic, Nickel, et Chrome VI ;
- Benzo(a)pyrène dans les particules PM10 ;
- 1,3-butadiène ;
- Benzène ;

En revanche, pour toutes les mailles de calculs de l'EQRS, le risque ne peut être exclu pour le dioxyde d'azote et les particules (PM10, PM2,5). Cependant ces dépassements ne sont pas imputables au projet, ils sont dû à la concentration de fond élevée à Marseille.

Suite à ces dépassements, le risque cumulé est supérieur à 1 dans toute la bande d'étude et ne peut être écarté pour une exposition chronique par inhalation pour des effets à seuils.

Exposition aiguë par inhalation pour des effets à seuil – Quotient de danger

Pour toutes les mailles de l'EQRS pour tous les scénarios et horizons étudiés, le risque sanitaire peut être exclu concernant l'exposition aiguë par inhalation des substances gazeuses et particulaires suivantes, pour des effets à seuils :

- Particules : PM10 et PM2,5 ;
- Benzène ;

En revanche, pour toutes les mailles de calculs de l'EQRS, le risque ne peut être exclu pour le dioxyde d'azote (par rapport au nouveau seuil journalier de l'OMS). Cependant ces dépassements ne sont pas imputables au projet, ils sont dû à la concentration de fond élevée à Marseille.

Le risque cumulé ne peut être écarté, dans toute la bande d'étude à tous les scénarios et horizons, pour une exposition aiguë par inhalation pour des effets à seuils. Les concentrations de fond élevées, en dehors des sources (routières et ferroviaires) modélisées, entraînent déjà une somme des quotients de dangers supérieure à 1.

Exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils (risque cancérigène) - Excès de Risques Individuels

Pour toutes les mailles d'étude de l'EQRS pour tous les scénarios et horizons étudiés, le risque sanitaire peut être exclu concernant l'exposition chronique par inhalation des substances particulaires (dans la fraction PM10) suivantes, pour des effets sans seuils :

- Arsenic,
- Nickel ;
- Benzo(a)pyrène;

Pour toutes les mailles de calculs de l'EQRS, le risque ne peut être exclu pour le Chrome VI (dans la fraction PM10), le benzène et le 1,3-butadiène. Cependant ces dépassements ne sont pas imputables au projet, ils ont lieu à tous les horizons et scénarios.

Le risque cumulé ne peut être écarté, dans toute la bande d'étude à tous les scénarios et horizons, pour une exposition chronique par inhalation pour des effets sans seuils. Les concentrations de fond élevées, en dehors des sources (routières et ferroviaires) modélisées, entraînent déjà une somme des excès de risques individuels supérieure à 10^{-4} .

Remarque importante : Le projet n'entraîne pas de risques sanitaires, à court terme ou à long terme.

PARTIE 5. MESURES EVITER RÉDUIRE COMPENSER (ERC)

XV. MESURES DE REDUCTION PROPOSEES

XV.1. Mesures envisageables pour réduire l'impact sur la qualité de l'air

Bien qu'il n'existe pas de mesures compensatoires quantifiables à la pollution atmosphérique générée par le trafic automobile ou ferroviaire, des actions peuvent toutefois être envisagées pour limiter cette pollution, et de ce fait, les risques pour la santé des personnes exposées.

Les actions énoncées ci-après pour réduire les émissions polluantes à la source et limiter la dispersion de ces polluants participent également à la réduction des risques pour la santé des individus.

La pollution atmosphérique liée aux circulations routières et ferroviaires peut être limitée de deux manières :

- Réduction des émissions de polluants à la source,
- Intervention au niveau de la propagation des polluants.

Limitation des effets au niveau des matériels émissifs

Les émissions polluantes dépendent de l'intensité des trafics, de la proportion des poids lourds, de la vitesse des véhicules et des émissions spécifiques aux véhicules (notamment les motrices diesel pour le ferroviaire).

Ainsi, outre par une modification technique sur les véhicules (par ailleurs en évolution permanentes), on peut limiter les émissions en modifiant les conditions de circulation (limitation des vitesses, restrictions pour certains véhicules...).

Dans le cas du présent projet, le projet intègre à partir de l'horizon 2035 des motrices non polluantes à faible émission pour réduire les émissions liées au trafic ferroviaire.

Limitation des effets au niveau de la propagation des polluants

Plusieurs mesures peuvent être mises en place pour des projets d'infrastructures, afin de jouer un rôle dans la limitation de la pollution atmosphérique à proximité d'une voie :

- Les remblais, la végétalisation des talus, les protections phoniques ou des bâtiments « écrans » limitent la dispersion des polluants en facilitant leur dilution et leur déviation. L'action ne vise pas à réduire la pollution mais à dévier sa « trajectoire » ;
- La diffusion de la pollution particulaire peut quant à elle être piégée par ces écrans physiques (protection phonique par exemple) et végétaux (plantation).

Les protections phoniques, en plus de limiter l'impact sonore, peuvent entraîner ainsi une diminution des concentrations induites par la voie de l'ordre de 10 à 30% à une distance de 70 à 100 m du mur ou du merlon, c'est à dire là où l'impact de la voie est significatif. La plantation d'écran végétaux, peut également conduire à une diminution sensible des concentrations (10, voire 20 ou 40% suivant les conditions de vent).

Limitation des effets au niveau du législateur

Enfin, en cas d'épisode de pic de pollution régional, des mesures réglementaires pour le trafic routier sont définies par l'arrêté du 7 avril 2016 et peuvent être déclenchées sur décision préfectorale.

Limitation pour la phase chantier

En phase chantier, des mesures ponctuelles applicables permettent de limiter les effets du chantier. Elles sont listées ci –après.

XVI. EFFET DE LA MESURE DE REDUCTION SUR LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE

XVI.1. Mesures envisagées pour réduire les impacts en phase chantier

Durant la phase chantier, la pollution émise par les matériels roulants, compresseurs et groupes électrogènes... ne peut être considérée comme négligeable en termes d'émissions de polluants et de consommation énergétique.

Cependant, il n'est pas possible de quantifier cet apport qui dépend des stratégies qui seront mises en œuvre par les entreprises au moment des travaux (nombre d'engins, circulations, etc.).

D'autres effets inhérents aux travaux, sont à attendre. Il s'agit des émissions de poussières pendant les terrassements, des nuisances olfactives causées par les centrales à bitumes et la réalisation des chaussées et du risque d'une dispersion accidentelle de produit chimique.

Les émissions de poussières peuvent être de deux types :

- Les poussières produites lors de la circulation des engins de terrassement et des mouvements de terre. Ces poussières issues des sols sont susceptibles de se déposer sur les végétaux et les bâtiments à proximité de l'infrastructure. En nombre important, elles peuvent être à l'origine d'une perturbation de la photosynthèse des végétaux et de salissures sur les bâtiments ;
- Les poussières issues des opérations d'épandage de liants hydrauliques. Lorsqu'un liant hydraulique est nécessaire, les opérations d'épandage peuvent générer des poussières corrosives. A haute dose, ces poussières induisent un risque sanitaire. Elles concourent par ailleurs au dépérissement des plantations proches de l'axe.

Les mesures à prendre pour limiter les impacts liés aux poussières sont les suivantes :

- Réduire la dispersion des poussières en arrosant de manière préventive en cas de conditions météorologiques défavorables ;
- Choisir opportunément le lieu d'implantation des équipements ou zones de stockage de matériaux en tenant compte des vents dominants et de la sensibilité du voisinage ;
- Interdire les opérations de traitement à la chaux ou aux liants hydrauliques les jours de grands vents ;
- Éviter les opérations de chargement et de déchargement des matériaux par vent fort ;
- Imposer le bâchage des camions, et mettre en place des dispositifs particuliers (bâches par exemple) au niveau des aires de stockage provisoire des matériaux susceptibles de générer des envols de poussières ;
- Interdire les brûlages de matériaux (emballages, plastiques, caoutchouc, etc.) conformément à la réglementation en vigueur.

Les rejets des centrales à bitume issus de la combustion du fuel se composent, pour l'essentiel, de vapeur d'eau, de dioxyde de carbone, d'anhydride sulfureux, de composés organiques volatils et d'hydrocarbures. Elles font donc l'objet d'une procédure d'autorisation ou de déclaration.

Lors de la réalisation des chaussées, des composés organiques volatiles se dégagent des enrobés à chaud. Cela se traduit par une forte odeur qui persiste quelques heures.

Les nuisances engendrées par la centrale pourront être réduites en éloignant, autant que possible, cette dernière des habitations et en veillant au bon fonctionnement des différents équipements qui la composent.

Concernant le risque de dispersion accidentelle d'un produit chimique, ce dernier peut être limité en protégeant la zone de stockage, en surveillant les conditions de stockage (identification et intégrité des contenants) et en respectant les consignes de sécurité lors des transvasements.

XVII. CONCLUSION

État initial

L'état initial a été réalisé à partir de mesures in situ faites sur le périmètre large du projet en 2020. Suite à la pandémie, le MOA a souhaité refaire ces mesures en 2022 afin de baser l'étude sur des données fiables et représentatives. Les résultats ainsi obtenus mettent en évidence :

- Une pollution de fond importante inhérente à la métropole marseillaise ;
- Les seuils nationaux et de l'OMS des polluants étudiés (NO₂, PM10) sont dépassés sur plusieurs secteurs de la zone d'étude principalement à cause des circulations automobiles du réseau routier pré existants (Autoroute A7, A55, route du littoral...) ;
- Sur d'autres secteurs plus concernés par les infrastructures ferroviaires et plus éloignés des infrastructures routières, les niveaux de polluants sont plus faibles (et parfois en dessous des seuils) ;

Impact du projet à court terme : Horizon 2026

L'impact du projet sur la qualité de l'air locale montre :

- Au niveau des émissions que :
 - Le projet permet de diminuer le nombre de PL.parcourus du domaine d'étude;
 - Le projet entraine une diminution de la consommation énergétique des poids lourds par rapport à la situation de référence ;
 - Le projet entraine une diminution des coûts collectifs globaux, suite à la diminution du trafic routier du domaine d'étude ;
 - Le projet a un impact bénéfique sur les émissions des Poids Lourds du domaine d'étude;
 - Le projet permet de réduire les émissions du domaine d'étude par rapport à la situation actuelle de la majorité des polluants;
- Au niveau des concentrations que :
 - L'augmentation des émissions (ferroviaires notamment) en situation de projet par rapport à la situation de référence conduit à une augmentation des concentrations globales de NO₂. Concernant les PM10 et PM2,5 l'impact varie soit de façon positive ou négative mais dans des proportions très faibles ;
- Enfin, l'impact du projet sur la santé montre que :
 - Le projet entraine une faible augmentation de l'IPP à terme;
 - Le projet entraine une faible augmentation des gammes de concentrations auxquelles la population est exposée. Cependant cette augmentation des gammes de concentration n'entraine pas de dépassement de la valeur réglementaire (40 µg/m³) ;

Au-delà de l'échelle Locale du projet, on peut dire que son incidence est bien plus large :

- L'étude de déplacement montre que le report des PL sur les trains fret induit une économie de PL.km de 14 millions à l'horizon 2026 et 32 millions de PL.km économisés en 2046;
- Le projet quant à lui induit une augmentation de 700 000 train.km en 2026 et 1,3 millions de train.km supplémentaires parcourus en 2046.

Ce projet, par son envergure à mieux desservir le premier port français, a en effet une incidence forte sur les échanges à l'échelle du sud de la France, voire au niveau national et international.

Impact du projet à long terme : Horizon 2046

Le MOA a décidé d'intégrer au projet, à partir de l'horizon 2035, des motrices à faible émission pour l'ensemble du parc ferroviaire du domaine d'étude. Grâce à cette mesure en projet, il apparaît au niveau des émissions que :

- Les émissions de NOx baissent ainsi de -11% à l'horizon 2046 ;
- Les émissions de NMVOC baissent ainsi de -18% l'horizon 2046 ;
- Les émissions de CO baissent ainsi de -3% à l'horizon 2046 ;
- Les émissions de baissent ainsi de -1% pour les particules PM10 et PM2,5 à l'horizon 2046 ;
- Les émissions de benzo(a)pyrène baissent ainsi de -1,9% à l'horizon 2046 ;
- Les émissions de CO₂ baissent ainsi de -55% à l'horizon 2046 ;

Cela entraine une diminution des concentrations en dioxyde d'azote, en particules PM10 et PM2,5, dans toute la bande d'étude en situation de projet par rapport à la situation de référence.

Ainsi à long terme le projet entraine une diminution de l'IPP avec une amélioration des gammes de concentrations d'exposition pour 1 0552 personnes en 2046.

Impact du projet aux deux horizons

Les concentrations de fond intégrées aux calculs des concentrations atmosphériques sont toutes supérieures aux seuils annuels de l'OMS et proche de l'objectif de qualité concernant les particules PM2,5 (l'environnement considéré est donc initialement dégradé). Les dépassements observés dans la bande d'étude ne sont pas imputables au projet.

L'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaire démontre que le risque par exposition par inhalation ne peut être écarté du fait de la pollution de fond élevé. Le risque n'est pas imputable au projet : Celui-ci a lieu en ne considérant que la concentration de fond intégrée aux calculs.

PARTIE 6. ANNEXES

XVIII. ANNEXE : CAMPAGNES POST PANDEMIE : 2022-2023

XVIII.1. Résultats du laboratoire PASSAM

Rapport d'essai de mesure de la pollution de l'air

passam ag

air quality monitoring

NO₂ Mesure du dioxyde d'azote par un échantillonneur passif

informations client

client: CIA
ID client: FCH
contact: P. Jausserand, F. Chagnet
projet: GPMM CIA
référence:

échantillonneurs passifs

date de réception: 26.08.2022
type: tube (Palms)
polluant: NO₂
limite de détection: 0.6 ug/m³ (14 jours)
aux d'échantillonnage: 0,8536 [ml/min]
filtre de protection: non

analyse

méthode: SP01 photomètre, Salzmann
analyte: NO₂
date: 30.08.2022
lieu: passam ag

rapport de test

créé le: 31.08.2022
créé par: S. Huber
vérifié le: 02.09.2022
vérifié par: C. Panier
nom de fichier: FCH012224
pages: 2



notes: s'applique à l'échantillon tel que reçu; les résultats inférieurs à la limite de détection sont indiqués par "<*" et la valeur associée; cette méthode est accréditée selon ISO/IEC 17025
incertitude des mesures <25%; taux d'échantillonnage basé sur 9 °C; plus d'informations sur www.passam.ch

site de mesure	échantillonneur passif		période de mesure				temps d'expo. [h]	mesure		résultat		Commentaire sur l'analyse	
	ID	lot no.	début date	début heure	fin date	fin heure		blanc [ABS]	dilution	échantillon valeur [ABS]	m analyte/sampler [ug]		C NO ₂ [ug/m ³]
25	FCH-1	44684	20/07/2022	10:34	17/08/2022	10:23	671,8	0,002	12	0,252	1,12	32,4	
24		37	20/07/2022	10:37	17/08/2022	10:15	671,6	0,002	12	0,476	2,11	61,4	
22		124	20/07/2022	10:50	17/08/2022	10:45	671,9	0,002	12	0,360	1,60	46,4	
21		21	20/07/2022	10:59	17/08/2022	10:55	671,9	0,002	12	0,312	1,38	40,2	
18		44	20/07/2022	11:24	17/08/2022	11:03	671,7	0,002	12	0,259	1,15	33,3	
19		26	20/07/2022	11:36	17/08/2022	11:15	671,7	0,002	12	0,277	1,23	35,7	
17		40	20/07/2022	11:52	-	-							échantillonneur non reçu
16		25	20/07/2022	12:01	17/08/2022	11:43	671,7	0,002	12	0,300	1,33	38,6	
13		23	20/07/2022	12:10	17/08/2022	11:52	671,7	0,002	12	0,456	2,02	58,8	échantillonneur contaminé (toile d'araignée)
12		121	20/07/2022	12:21	17/08/2022	12:02	671,7	0,002	12	0,523	2,32	67,4	
9		3	20/07/2022	12:31	17/08/2022	12:05	671,6	0,002	12	0,435	1,93	56,1	
10		35	20/07/2022	12:41	17/08/2022	12:07	671,4	0,002	12	0,380	1,68	49,0	
11		122	20/07/2022	12:41	17/08/2022	12:10	671,5	0,002	12	0,337	1,49	43,4	
8		7	20/07/2022	13:50	17/08/2022	12:24	670,6	0,002	12	0,336	1,49	43,4	
20		119	20/07/2022	14:06	17/08/2022	12:45	670,7	0,002	12	0,417	1,85	53,8	échantillonneur contaminé (toile d'araignée)
1		49	20/07/2022	14:15	17/08/2022	12:56	670,7	0,002	12	0,397	1,76	51,2	
3		14	20/07/2022	14:31	17/08/2022	13:03	670,5	0,002	12	0,223	0,99	28,7	
2		135	20/07/2022	14:33	17/08/2022	12:59	670,4	0,002	12	0,228	1,01	29,4	
5		103	20/07/2022	14:42	17/08/2022	12:34	669,9	0,002	12	0,403	1,79	52,1	
23		104	20/07/2022	14:50	17/08/2022	14:53	672,1	0,002	12	0,319	1,41	41,1	
7		126	20/07/2022	14:57	17/08/2022	15:01	672,1	0,002	12	0,428	1,90	55,1	
15		32	20/07/2022	14:59	17/08/2022	10:32	667,6	0,002	12	0,267	1,18	34,6	
14		105	20/07/2022	15:00	17/08/2022	10:37	667,6	0,002	12	0,311	1,38	40,3	
4		109	20/07/2022	15:12	17/08/2022	15:10	672,0	0,002	12	0,260	1,15	33,4	
6		48	20/07/2022	15:17	17/08/2022	15:19	672,0	0,002	12	0,248	1,10	31,9	
blanc labo		27	20/07/2022	-	17/08/2022	-	672,0	0,002	1	0,004	< 0,01	< 0,3	

passam ag, Schellenstrasse 44, 8708 Männedorf, Switzerland, accredited laboratory for air analysis by diffusive samplers according to ISO/IEC 17025

Figure 90 : Résultats des prélèvements passifs de NO₂ – bruts avant correction – Laboratoire PASSAM – Campagne de mesures période chaude 2022

Mesure de particules avec échantillonneur passif SIGMA-2

passam ag

air quality monitoring

PM Mesure de particules avec échantillonneur passif SIGMA-2

informations client

ID client: FCH
projet: GPMM CIA
référence:

échantillonneurs passifs

date de réception: 30.08.2022
type: SIGMA-2
polluant: PM

analyse

méthode: SP27 microscopie optique
date: 12.09.2022

rapport de test

créé le: 13.09.2022
nom du fichier: FCH SP27 5 and 24-25
pages: 1

notes: s'applique à l'échantillon tel que reçu; la taille des particules se réfère aux diamètres géométriques;
pour plus d'informations sur l'incertitude de mesure et la limite de détection, voir la fiche technique: www.passam.ch

site de mesure	échantillon ID	période de mesure			résultat											remarque
		début		temps d'expo. h	Particules SOMBRES: conc. [ug/m3] donnée pour les classes de taille de particules [um]					Particules BRILLANT: conc. [ug/m3] donnée pour les classes de taille de particules [um]					PM10 [ug/m3] modélée	
		date	heure		2.5 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 80	2.5 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 80		
18	FCH 5	20/07/2022	11:24	334,6	1,4	1,9	2,8	1,7	0,4	8,4	7,9	9,1	2,5	0,7	43,0	
1	FCH 24	20/07/2022	14:15	331,2	2,2	1,9	3,4	1,6	1,8	8,6	7,6	5,9	2,4	2,2	45,6	
7	FCH 25	20/07/2022	14:57	330,7	1,9	2,4	4,4	4,7	6,4	7,6	8,3	11,4	4,5	2,5	45,2	

passam ag, Schellenstrasse 44, 8708 Männedorf, Switzerland

page 1

Figure 91 : Résultats des prélèvements passifs particules PM10 – Laboratoire PASSAM – Campagne de mesures période chaude 2022

Mesure de particules avec échantillonneur passif SIGMA-2

passam ag

air quality monitoring

PM Mesure de particules avec échantillonneur passif SIGMA-2

informations client

ID client: FCH
projet: GPMM CIA
référence:

échantillonneurs passifs

date de réception: 07.03.2023
type: SIGMA-2
polluant: PM

analyse

méthode: SP27 microscopie optique
date: 20.03.2023
PM10 modèle: PAMO17

rapport de test

créé le: 22.03.2023
nom du fichier: FCH SP27 51 and 56-57
pages: 1

notes: s'applique à l'échantillon tel que reçu; la taille des particules se réfère aux diamètres géométriques;
pour plus d'informations sur l'incertitude de mesure et la limite de détection, voir la fiche technique: www.passam.ch

site de mesure	échantillon ID	période de mesure			résultat											remarque
		début		temps d'expo. h	Particules SOMBRES: conc. [ug/m3] donnée pour les classes de taille de particules [um]					Particules BRILLANT: conc. [ug/m3] donnée pour les classes de taille de particules [um]					PM10 [ug/m3] modélée	
		date	heure		2.5 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 80	2.5 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 80		
7	FCH 51	12/01/2023	10:07	340,1	1,6	1,4	3,0	3,3	2,9	5,9	5,0	5,9	2,8	1,6	34,1	
19	FCH 56	12/01/2023	11:35	338,4	1,2	1,2	1,4	1,2	0,4	4,3	3,6	4,0	1,2	0,5	25,0	
1	FCH 57	12/01/2023	13:18	336,4	0,9	1,0	2,6	1,5	0,6	3,7	2,9	3,0	1,6	0,6	24,3	

passam ag, Schellenstrasse 44, 8708 Männedorf, Switzerland

page 1

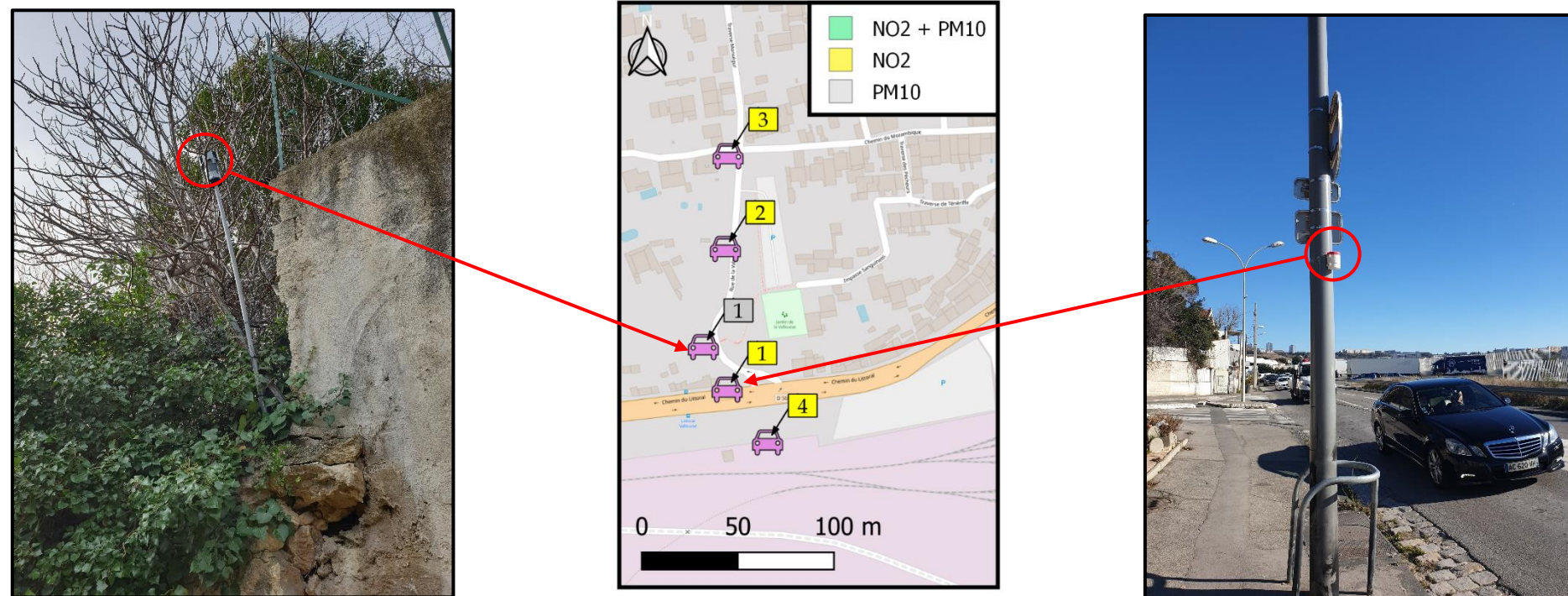
Figure 92 : Résultats des prélèvements passifs particules PM10 – Laboratoire PASSAM – Campagne de mesures période froide 2023

XVIII.2. Fiches de mesures

Point de mesures		1	Résultats		Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10	
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	Pour le NO ₂ : 889.043 Pour les PM10 : 889.036	Moyen de mesures	Passif PASSAM	Capteur passif PASSAM	Passif PASSAM	Passif PASSAM	
	Y	Pour le NO ₂ : 6253.304 Pour les PM10 : 6253.314	Code capteur**	347	57	49	FCH 24	
Adresse		Pour le NO ₂ : Chemin du Littoral, Saint-Henri, 13016 Marseille Pour les PM10 : Rue de la Valouise, Saint-Henri, 13016 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 13:19	12/01/2023 13:18	20/07/2022 14:15	20/07/2022 14:15	
			Fin de la mesure	13/02/2023 14:35	26/01/2023 13:40	17/08/2022 12:56	03/08/2022 09:26	
Type de site et influence		Urbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	769,3	336,4	670,7	331,2	
Polluants mesurés		NO ₂ + PM10	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	PASSAM	
Transects distance à la voie (m)		RD568 Partie Ouest : 1m	Concentration en µg/m ³ **	37,8	24,3	51,2	45,6	
			Observations	-	-	-	-	

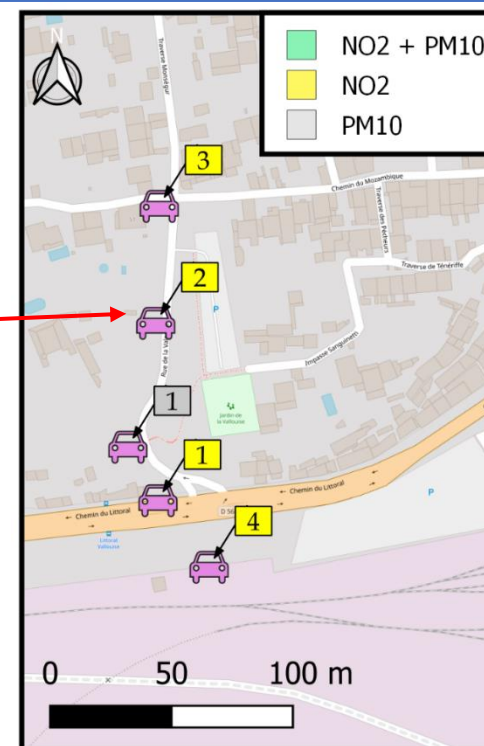
* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



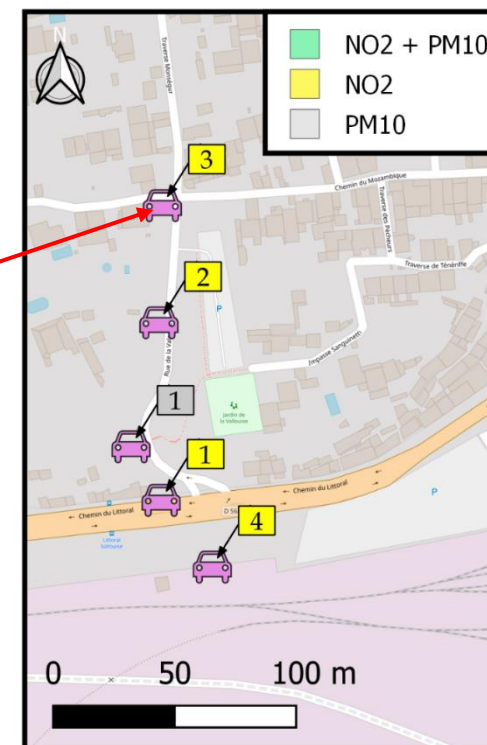
Point de mesures		2	Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	889.04	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-
	Y	6253.377	Code capteur**	304	-	135	-
Adresse		Rue de la Valouise, Saint-Henri, 13016 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 13:11	-	20/07/2022 14:33	-
			Fin de la mesure	13/02/2023 14:32	-	17/08/2022 12:59	-
Type de site et influence		Urbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	769,4	-	670,4	-
Polluants mesurés		NO ₂	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
Transects distance à la voie (m)		RD568 Partie Ouest : 74,4m	Concentration en µg/m ³ **	25,2	-	29,4	-
			Observations	-	-	-	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "/" : Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



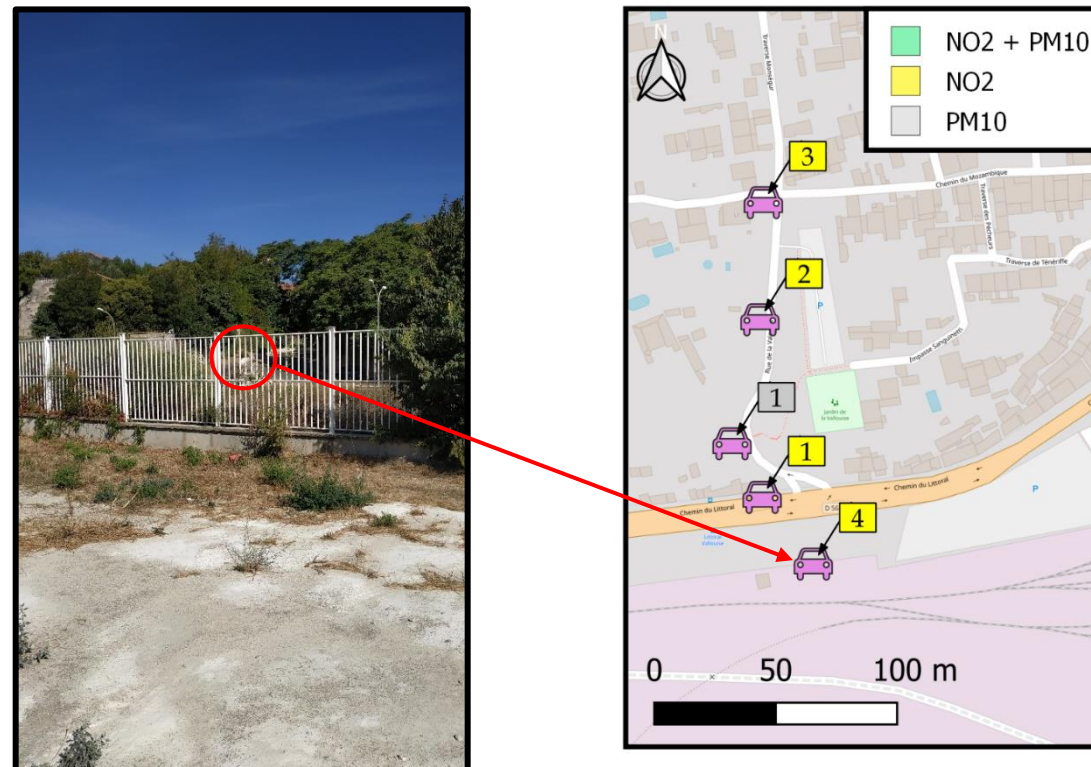
Point de mesures		3	Résultats		Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10	
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	889.04	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-	
	Y	6253.425	Code capteur**	327	-	14	-	
Adresse 57, Chemin du Mozambique, Saint-Henri, 13016 Marseille			Début de la mesure	12/01/2023 13:07	-	20/07/2022 14:31	-	
			Fin de la mesure	13/02/2023 14:32	-	17/08/2022 13:03	-	
Type de site et influence Urbain Trafic			Durée de la mesure (heures)	769,4	-	670,5	-	
			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-	
Polluants mesurés NO2			Concentration en µg/m ³ **	24,0	-	28,7	-	
Transects distance à la voie (m) RD568 Partie Ouest : 118,7m			Observations	-	-	-	-	

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "/" : Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



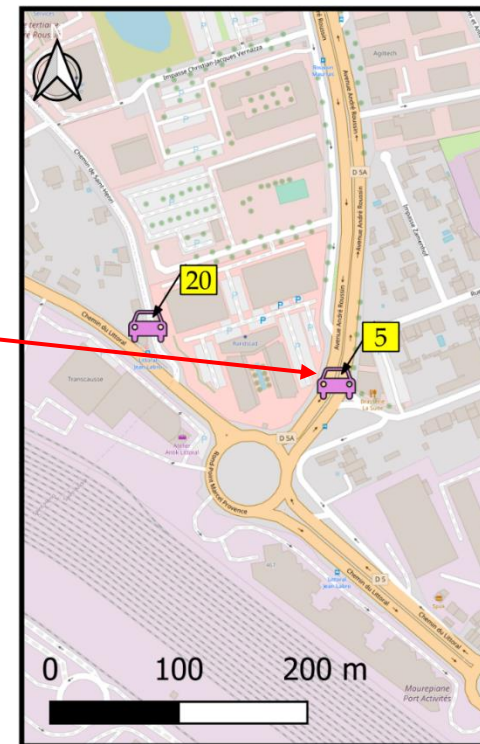
Point de mesures		4	Résultats		Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10	
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	889.064	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-	
	Y	6253.277	Code capteur**	342	-	109	-	
Adresse Chemin du Littoral, Saint-Henri, 13016 Marseille			Début de la mesure	12/01/2023 10:13	-	20/07/2022 15:12	-	
			Fin de la mesure	10/02/2023 14:52	-	17/08/2022 15:10	-	
Type de site et influence Urbain Trafic			Durée de la mesure (heures)	700,7	-	672,0	-	
			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-	
Polluants mesurés NO2			Concentration en µg/m ³ **	27,7	-	33,4	-	
Transects distance à la voie (m) RD568 Partie Ouest : 19,9m			Observations	-	-	-	-	

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "/" : Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



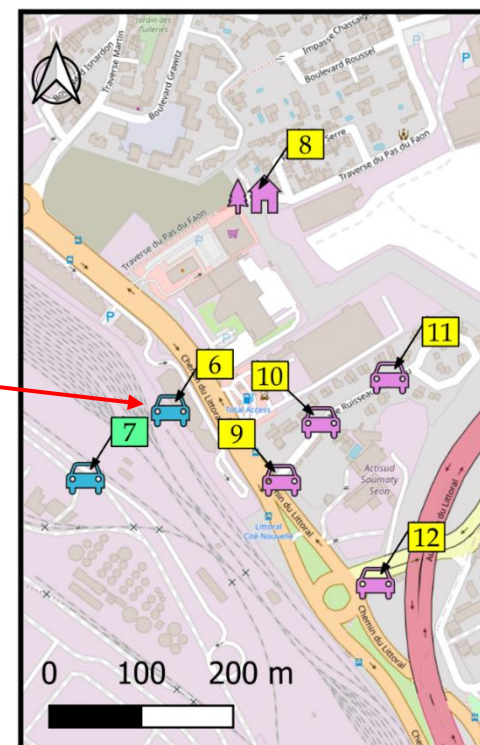
Point de mesures		5	Résultats		Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10	
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	889.628	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-	
	Y	6253.314	Code capteur**	316	-	103	-	
Adresse		Avenue André Roussin, Saint-André, 13016 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 13:49	-	20/07/2022 14:42	-	
			Fin de la mesure	13/02/2023 14:45	-	17/08/2022 12:34	-	
Type de site et influence		Urbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	768,9	-	669,9	-	
Polluants mesurés		NO ₂	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-	
Transects distance à la voie (m)		-	Concentration en µg/m ³ **	40,1	-	52,1	-	
			Observations	-	-	-	-	

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "/" : Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



Point de mesures		6	Résultats		Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10	
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	889.927	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-	
	Y	6252.867	Code capteur**	338	-	48	-	
Adresse		Chemin du Littoral, Saint-André, 13016 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 10:20	-	20/07/2022 15:17	-	
			Fin de la mesure	10/02/2023 14:59	-	17/08/2022 15:19	-	
Type de site et influence		Périurbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	700,7	-	672,0	-	
Polluants mesurés		NO ₂	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-	
Transects distance à la voie (m)		-	Concentration en µg/m ³ **	30,5	-	31,9	-	
			Observations	-	-	-	-	

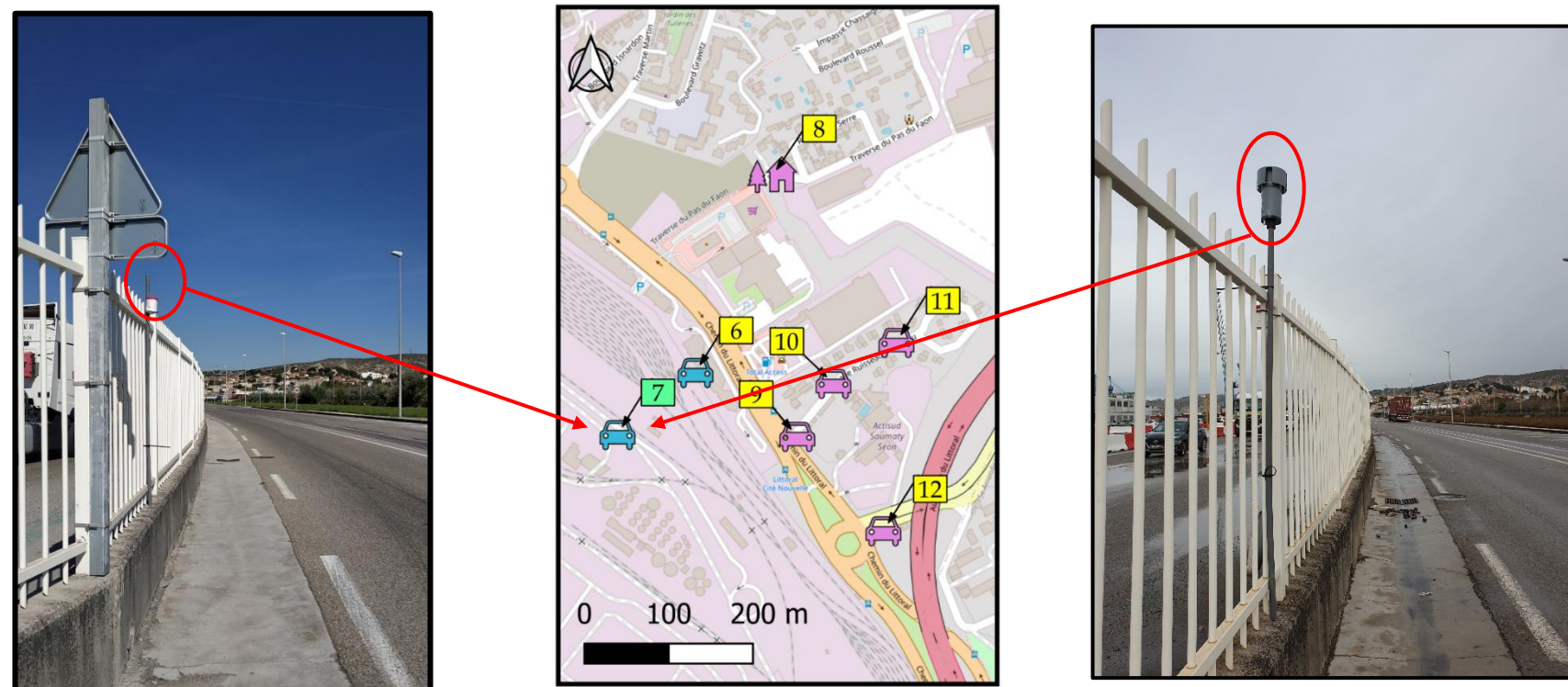
* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



Point de mesures			7	
Position				
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	889.837		
	Y	6252.791		
Adresse			Auvent 28, Rond-Point France-Indochine, Saint-André, 13016 Marseille	
Type de site et influence			Périurbain Trafic	
Polluants mesurés			NO2 + PM10	
Transects distance à la voie (m)			-	

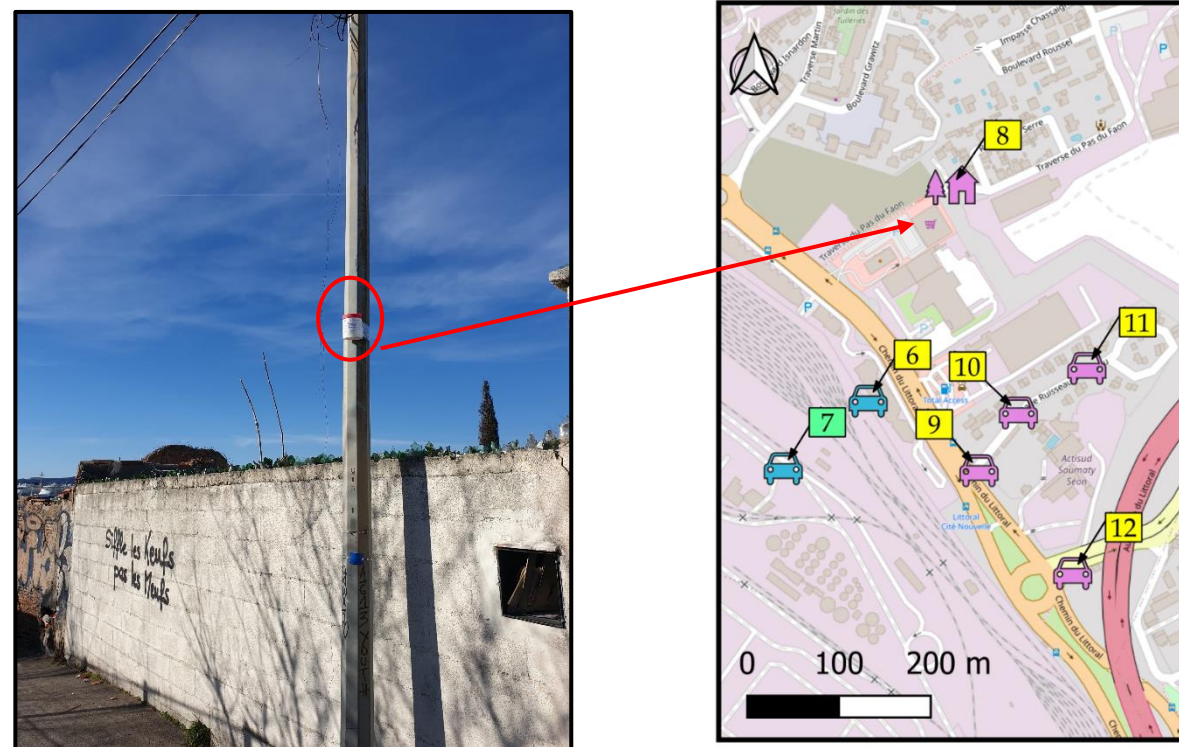
Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10
Composé				
Moyen de mesures	Passif PASSAM	Capteur passif PASSAM	Passif PASSAM	Passif PASSAM
Code capteur**	346/329//352	51	126//39	FCH 25
Début de la mesure	12/01/2023 10:07	12/01/2023 10:07	20/07/2022 14:57	20/07/2022 14:57
Fin de la mesure	10/02/2023 14:47	26/01/2023 14:13	17/08/2022 15:01	03/08/2022 09:40
Durée de la mesure (heures)	700,7	340,1	672,1	330,7
Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	PASSAM
Concentration en µg/m ³ **	35,6/37,5//< 0.3	34,1	55,1//< 0.6	45,2
Observations	-	-	-	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "//": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



Point de mesures		8	Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	890.011	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-
	Y	6253.101	Code capteur**	306	-	7	-
Adresse		Traverse du Pas du Faon, Saint-André, 13016 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 13:59	-	20/07/2022 13:50	-
			Fin de la mesure	13/02/2023 15:05	-	17/08/2022 12:24	-
Type de site et influence		Urbain Fond	Durée de la mesure (heures)	769,1	-	670,6	-
Polluants mesurés		NO ₂	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
Transects distance à la voie (m)		-	Concentration en µg/m ³ **	29,3	-	43,4	-
			Observations	-	-	-	-

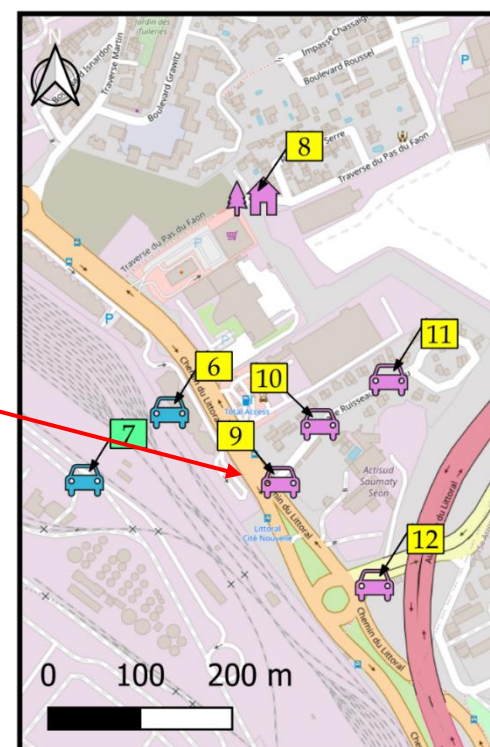
* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



Point de mesures		9	Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	890.05	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-
	Y	6252.795	Code capteur**	308	-	3	-
Adresse		Village Ruisseau Mirabeau, Saint-André, 13016 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 13:34	-	20/07/2022 12:31	-
			Fin de la mesure	13/02/2023 15:12	-	17/08/2022 12:05	-
Type de site et influence		Urbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	769,6	-	671,6	-
Polluants mesurés		NO ₂	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
Transects distance à la voie (m)		RD568 Partie Est : 7,5m	Concentration en µg/m ³ **	39,1	-	56,1	-
			Observations	-	-	-	-

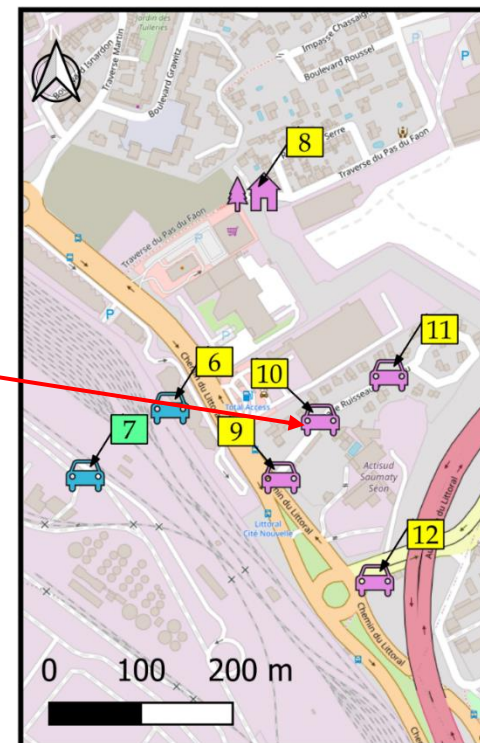
* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



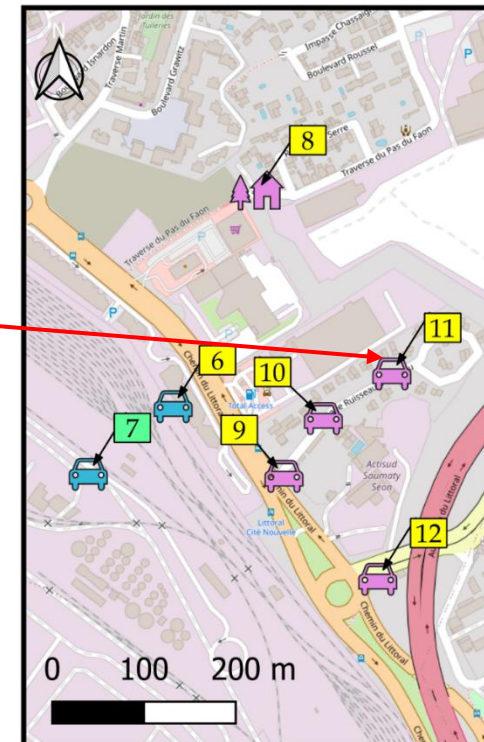
Point de mesures		10	Résultats		Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10	
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	890.091	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-	
	Y	6252.86	Code capteur**	321	-	35	-	
Adresse		Village Ruisseau Mirabeau, Saint-André, 13016 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 13:37	-	20/07/2022 12:41	-	
			Fin de la mesure	13/02/2023 15:15	-	17/08/2022 12:07	-	
Type de site et influence		Urbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	769,6	-	671,4	-	
Polluants mesurés		NO ₂	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-	
Transects distance à la voie (m)		RD568 Partie Est : 82m	Concentration en µg/m ³ **	35,6	-	49,0	-	
			Observations	-	-	-	-	

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



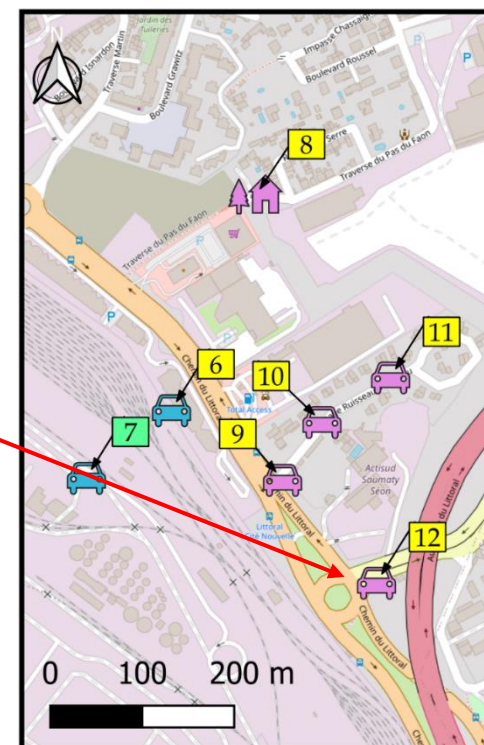
Point de mesures		11	Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	890.164	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-
	Y	6252.91	Code capteur**	353	-	122	-
Adresse		Village Ruisseau Mirabeau, Saint-André, 13016 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 13:40	-	20/07/2022 12:41	-
			Fin de la mesure	13/02/2023 15:18	-	17/08/2022 12:10	-
Type de site et influence		Urbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	769,6	-	671,5	-
Polluants mesurés		NO ₂	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
Transects distance à la voie (m)		RD568 Partie Est : 168m	Concentration en µg/m ³ **	35,5	-	43,4	-
			Observations	-	-	-	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "/" : Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



Point de mesures		12	Résultats		Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10	
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	890.156	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-	
	Y	6252.687	Code capteur**	335	-	121	-	
Adresse		Chemin du Ruisseau Mirabeau, Saint-André, 13015 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 12:08	-	20/07/2022 12:21	-	
			Fin de la mesure	13/02/2023 15:24	-	17/08/2022 12:02	-	
Type de site et influence		Urbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	771,3	-	671,7	-	
Polluants mesurés		NO ₂	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-	
Transects distance à la voie (m)		-	Concentration en µg/m ³ **	45,5	-	67,4	-	
			Observations	-	-	-	-	

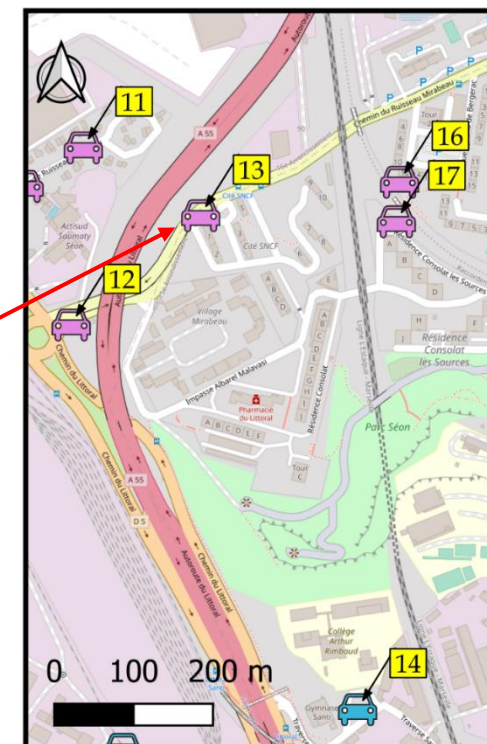
* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



Point de mesures		13	Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	890.315	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-
	Y	6252.829	Code capteur**	322	-	23	-
Adresse 1, Chemin du Ruisseau Mirabeau, Saint-André, 13015 Marseille			Début de la mesure	12/01/2023 12:00	-	20/07/2022 12:10	-
			Fin de la mesure	13/02/2023 15:26	-	17/08/2022 11:52	-
Type de site et influence Urbain Trafic			Durée de la mesure (heures)	771,4	-	671,7	-
			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
Polluants mesurés			Concentration en µg/m ³ **	43,8	-	58,8	-
Transects distance à la voie (m)			Observations	-	-	échantillonneur contaminé (toile d'araignée)	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

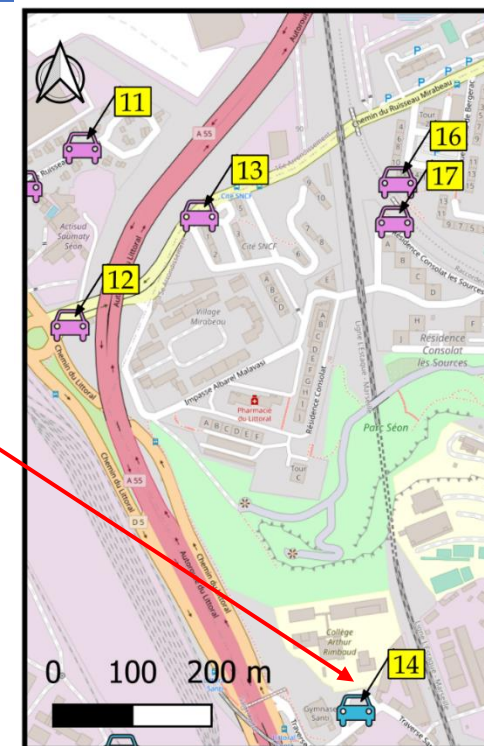
** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



Point de mesures		14	Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	890.531	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-
	Y	6252.214	Code capteur**	257	-	105	-
Adresse		Traverse Santi, La Calade, 13015 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 10:53	-	20/07/2022 15:00	-
			Fin de la mesure	13/02/2023 16:13	-	17/08/2022 10:37	-
Type de site et influence		Périurbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	773,3	-	667,6	-
Polluants mesurés		NO2	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
Transects distance à la voie (m)		-	Concentration en µg/m ³ **	33,7	-	40,3	-
			Observations	-	-	-	-

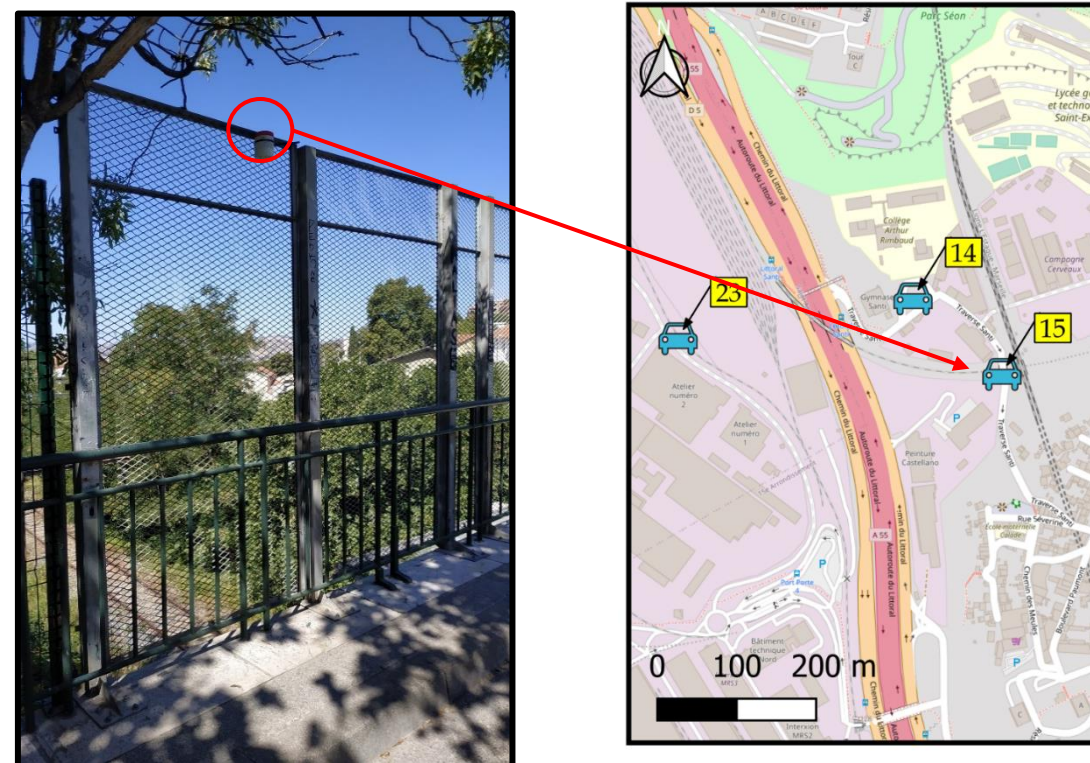
* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



Point de mesures		15	Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	890.646	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-
	Y	6252.122	Code capteur**	345	-	32	-
Adresse		Traverse Santi, La Calade, 13015 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 10:58	-	20/07/2022 14:59	-
			Fin de la mesure	13/02/2023 16:13	-	17/08/2022 10:32	-
Type de site et influence		Périurbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	773,3	-	667,6	-
Polluants mesurés		NO ₂	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
Transects distance à la voie (m)		-	Concentration en µg/m ³ **	29,7	-	34,6	-
			Observations	-	-	-	-

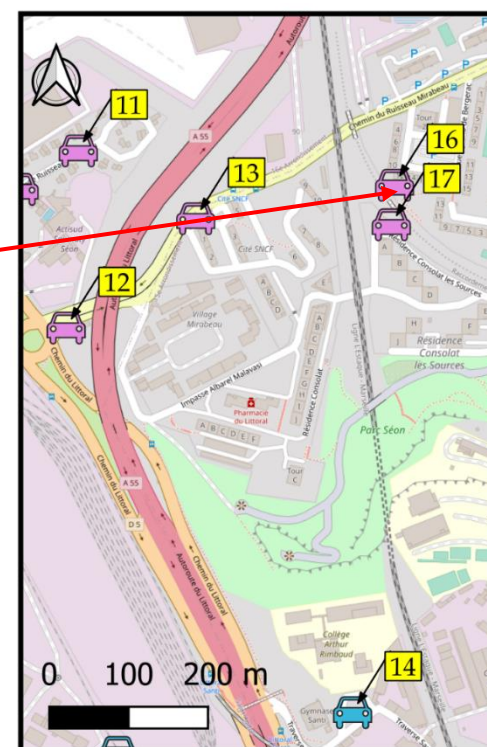
* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



Point de mesures		16	Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	890.564	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-
	Y	6252.879	Code capteur**	288	-	25	-
Adresse		12, Place François de Péliissot, Résidence Consolat-Mirabeau, 13015 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 11:47	-	20/07/2022 12:01	-
			Fin de la mesure	13/02/2023 15:32	-	17/08/2022 11:43	-
Type de site et influence		Urbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	771,8	-	671,7	-
Polluants mesurés		NO2	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
Transects distance à la voie (m)		-	Concentration en µg/m ³ **	31,3	-	38,6	-
			Observations	-	-	-	-

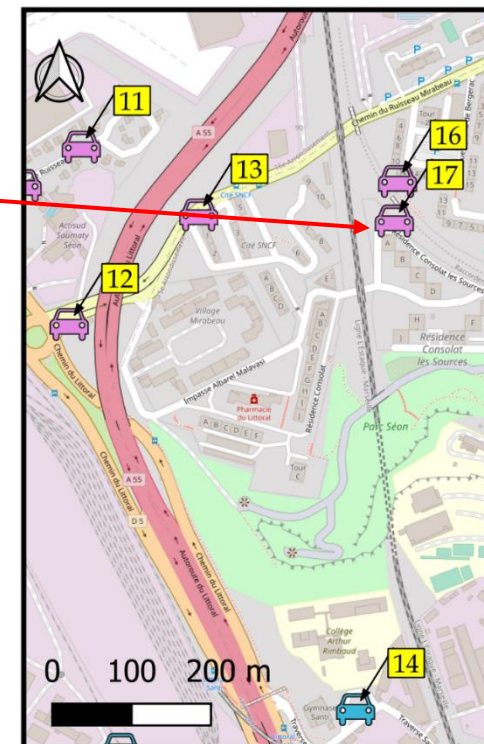
* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



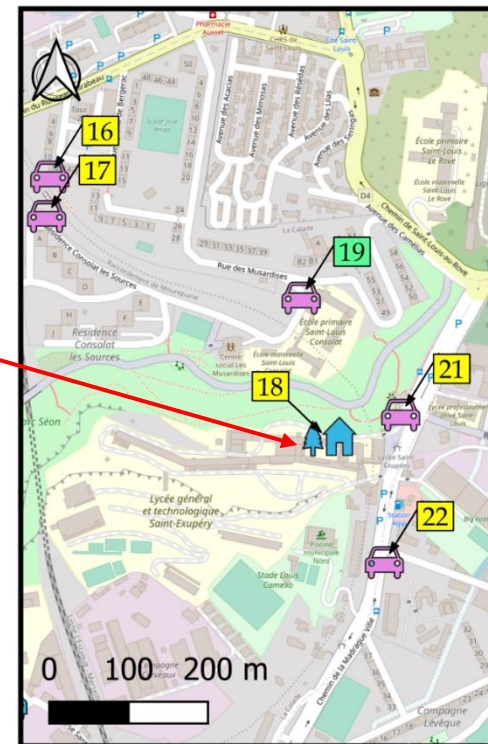
Point de mesures		17	Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	890.562	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-
	Y	6252.829	Code capteur**	336	-	40	-
Adresse		A, Résidence Consolat les Sources, 13015 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 11:50	-	20/07/2022 11:52	-
			Fin de la mesure	13/02/2023 15:32	-	-	-
Type de site et influence		Urbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	771,7	-	-	-
Polluants mesurés		NO ₂	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
Transects distance à la voie (m)		-	Concentration en µg/m ³ **	30,2	-	0,0	-
			Observations	-	-	tube volé	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "///": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



Point de mesures			18		Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé		NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10	
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	890.926	Moyen de mesures		Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	Passif PASSAM	
	Y	6252.558	Code capteur**		318	-	44	FCH 5	
Adresse Lycée général et technologique Saint-Exupéry, Chemin de la Madrague Ville, La Calade, 13015 Marseille			Début de la mesure		12/01/2023 11:15	-	20/07/2022 11:24	20/07/2022 11:24	
			Fin de la mesure		13/02/2023 15:50	-	17/08/2022 11:03	03/08/2022 09:59	
Type de site et influence Périurbain Fond			Durée de la mesure (heures)		772,6	-	671,7	334,6	
			Laboratoire d'analyse*		PASSAM	-	PASSAM	PASSAM	
Polluants mesurés			Concentration en µg/m ³ **		27,7	-	33,3	43,0	
Transects distance à la voie (m)			Observations		-	PM10 Déplacé au point 19 pour des raisons logistiques	-	-	

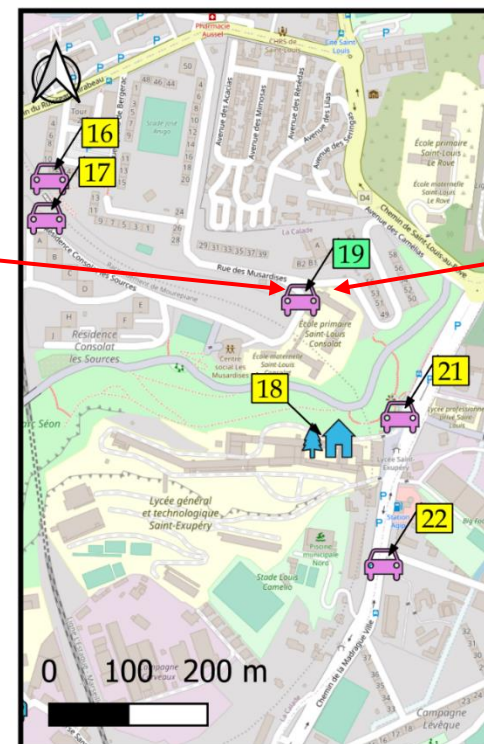
* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



Point de mesures		19	Résultats		Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10	
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	890.886	Moyen de mesures	Passif PASSAM	Capteur passif PASSAM	Passif PASSAM	-	
	Y	6252.736	Code capteur**	341	56	26	-	
Adresse Résidence Consolat-Mirabeau, 13015 Marseille			Début de la mesure	12/01/2023 11:35	12/01/2023 11:35	20/07/2022 11:36	-	
			Fin de la mesure	13/02/2023 15:39	26/01/2023 13:59	17/08/2022 11:15	-	
Type de site et influence Urbain Trafic			Durée de la mesure (heures)	772,1	338,4	671,7	-	
			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-	
Polluants mesurés			Concentration en µg/m ³ **	29,7	25,0	35,7	-	
Transects distance à la voie (m)			Observations	-	-	-	-	

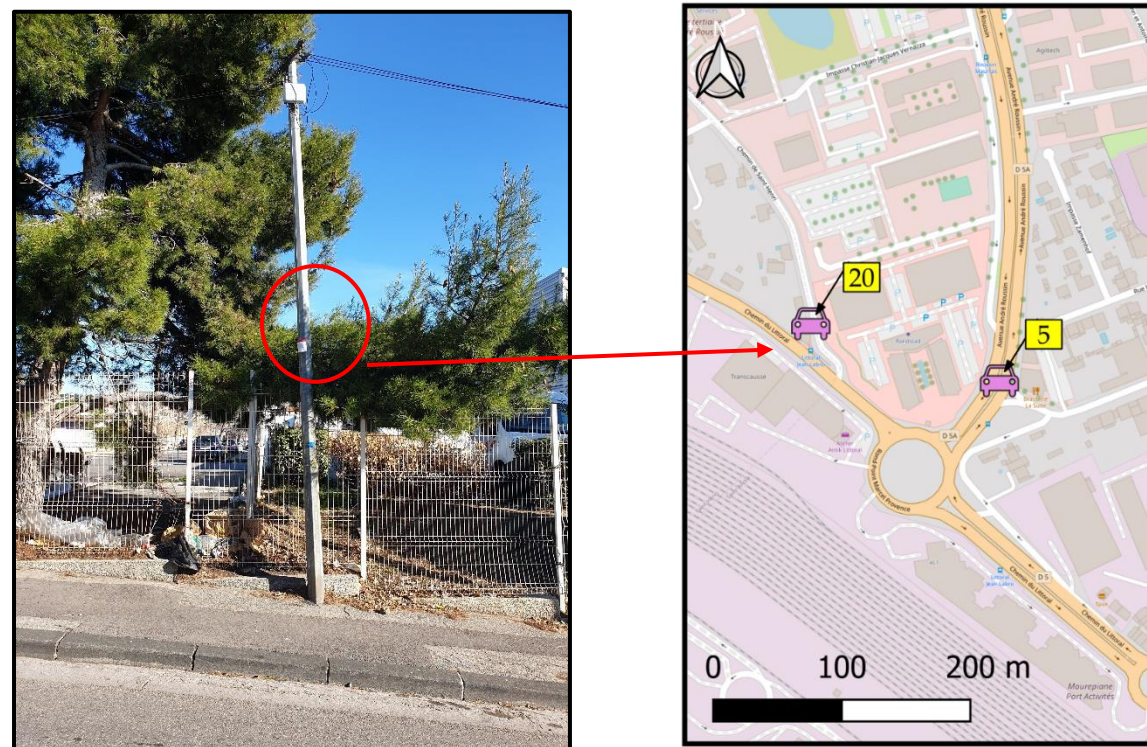
* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



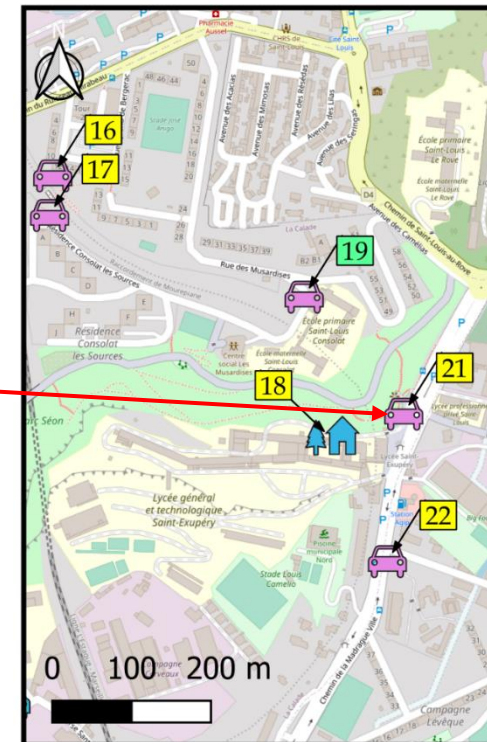
Point de mesures		20	Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	889.48	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-
	Y	6253.354	Code capteur**	300	-	119	-
Adresse		Chemin de Saint-Henri, Saint-Henri, 13016 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 13:25	-	20/07/2022 14:06	-
			Fin de la mesure	13/02/2023 14:40	-	17/08/2022 12:45	-
Type de site et influence		Urbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	769,3	-	670,7	-
Polluants mesurés		NO ₂	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
Transects distance à la voie (m)		-	Concentration en µg/m ³ **	28,7	-	53,8	-
			Observations	-	-	échantillonneur contaminé (toile d'araignée)	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



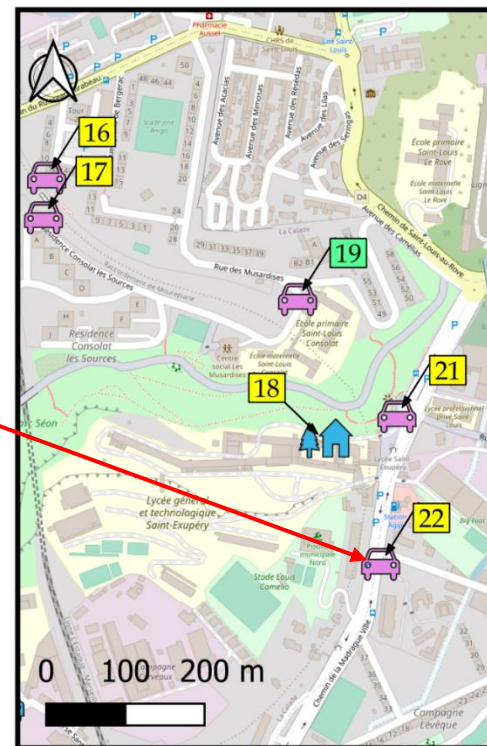
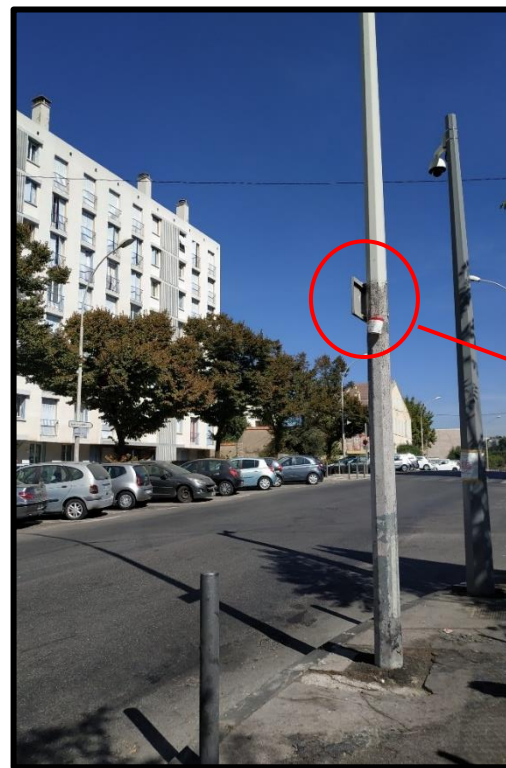
Point de mesures			21		Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé		NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10	
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	891.016	Moyen de mesures		Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-	
	Y	6252.592	Code capteur**		351	-	21	-	
Adresse			La Calade, 13015 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 11:19	-	20/07/2022 10:59	-	
				Fin de la mesure	13/02/2023 11:19	-	17/08/2022 10:55	-	
Type de site et influence			Urbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	768,0	-	671,9	-	
Polluants mesurés			NO ₂	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-	
Transects distance à la voie (m)			-	Concentration en µg/m ³ **	0,0	-	40,2	-	
				Observations	-	-	-	-	

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "/" : Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



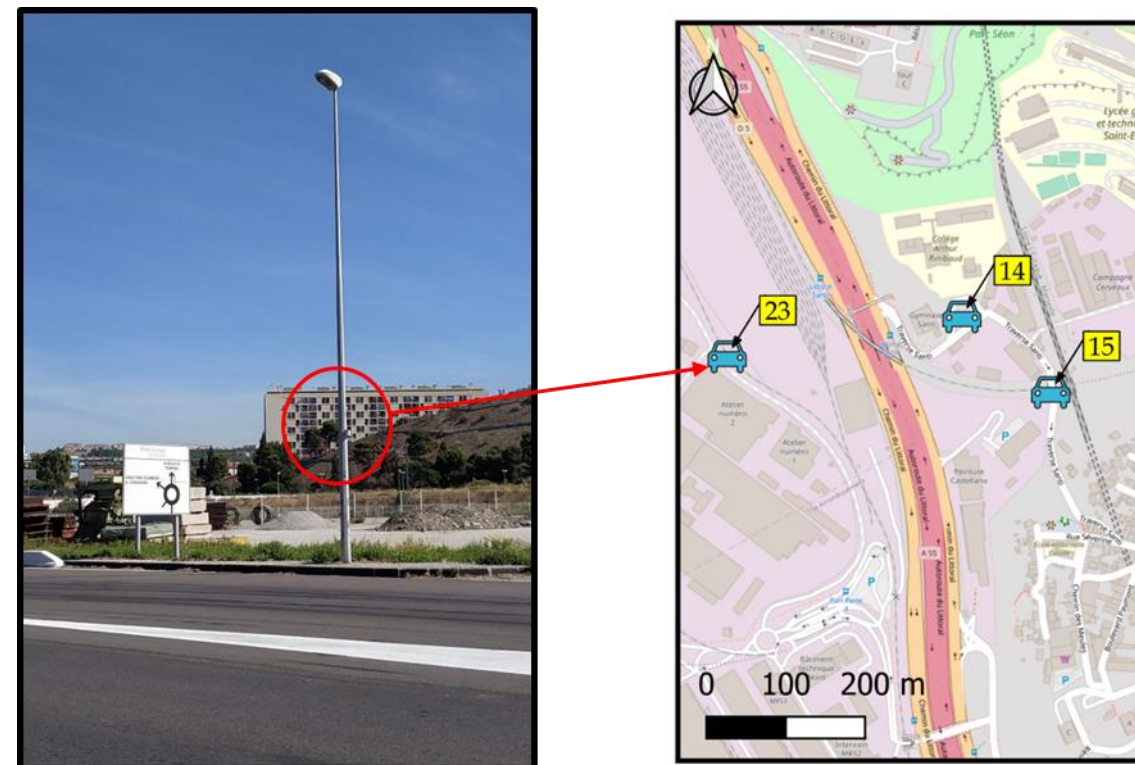
Point de mesures			22		Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10		
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	891.001	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-		
	Y	6252.406	Code capteur**	260	-	124	-		
Adresse Le CANA, 514, Chemin de la Madrague Ville, La Calade, 13015 Marseille			Début de la mesure	12/01/2023 11:06	-	20/07/2022 10:50	-		
			Fin de la mesure	13/02/2023 15:53	-	17/08/2022 10:45	-		
Type de site et influence Urbain Trafic			Durée de la mesure (heures)	772,8	-	671,9	-		
			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-		
Polluants mesurés NO2			Concentration en µg/m ³ **	37,8	-	46,4	-		
Transects distance à la voie (m)			Observations	-	-	-	-		

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



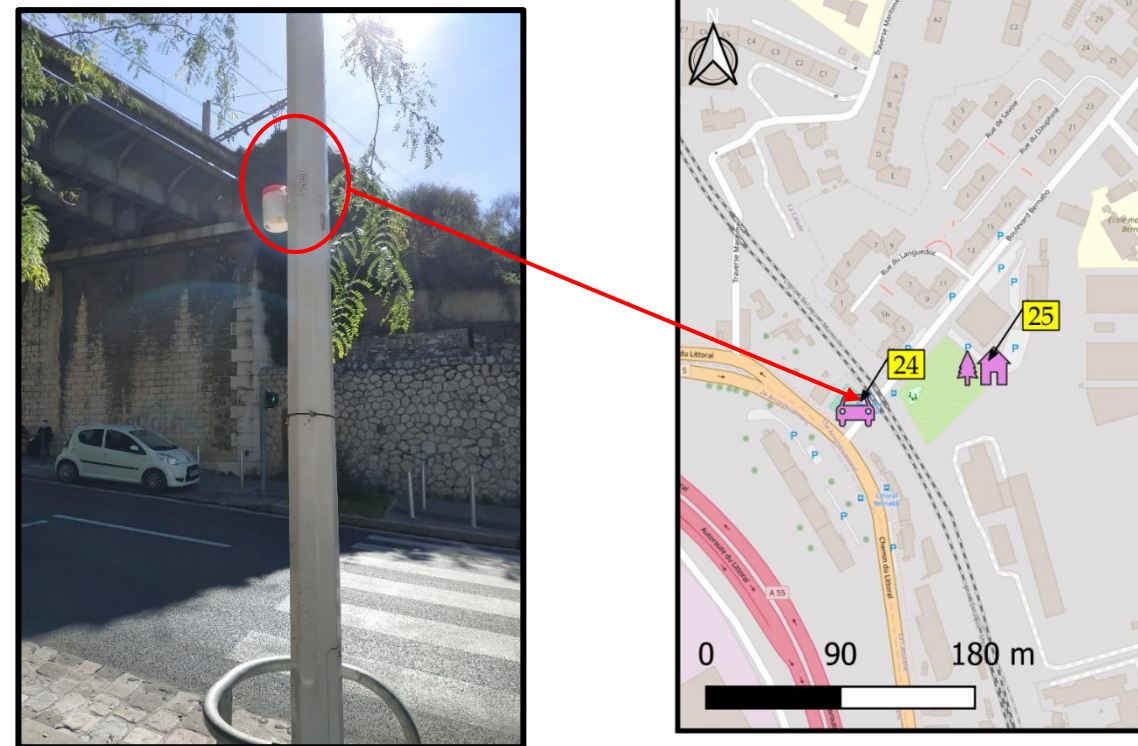
Point de mesures		23	Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	890.237	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-
	Y	6252.155	Code capteur**	301	-	104	-
Adresse		Atelier numéro 2, Chemin du Littoral, Saint-André, 13016 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 09:56	-	20/07/2022 14:50	-
			Fin de la mesure	10/02/2023 14:44	-	17/08/2022 14:53	-
Type de site et influence		Périurbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	700,8	-	672,1	-
Polluants mesurés		NO ₂	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
Transects distance à la voie (m)		-	Concentration en µg/m ³ **	34,6	-	41,1	-
			Observations	-	-	-	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



Point de mesures		24	Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	891.005	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-
	Y	6251.402	Code capteur**	319	-	37	-
Adresse		Jardin Bernabo, Boulevard Bernabo, La Cabucelle, 13015 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 10:43	-	20/07/2022 10:37	-
			Fin de la mesure	13/02/2023 16:03	-	17/08/2022 10:15	-
Type de site et influence		Urbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	773,3	-	671,6	-
Polluants mesurés		NO ₂	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
Transects distance à la voie (m)		-	Concentration en µg/m ³ **	48,5	-	61,4	-
			Observations	-	-	-	-

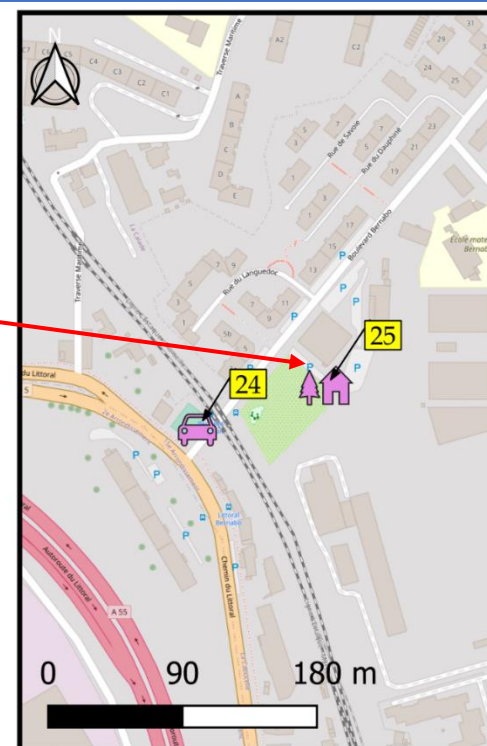
* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE
 ** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



Point de mesures		25	Résultats	Campagne période froide		Campagne période chaude	
Position			Composé	NO ₂	Particules PM10	NO ₂	Particules PM10
Coordonnées (Lambert 93 en km)	X	891.09	Moyen de mesures	Passif PASSAM	-	Passif PASSAM	-
	Y	6251.432	Code capteur**	282	-	FCH-1	-
Adresse		Jardin Bernabo, Boulevard Bernabo, La Cabucelle, 13015 Marseille	Début de la mesure	12/01/2023 10:39	-	20/07/2022 10:34	-
			Fin de la mesure	13/02/2023 16:03	-	17/08/2022 10:23	-
Type de site et influence		Urbain Fond	Durée de la mesure (heures)	773,4	-	671,8	-
Polluants mesurés		NO ₂	Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
Transects distance à la voie (m)		-	Concentration en µg/m ³ **	30,5	-	32,4	-
			Observations	-	-	-	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** "/": Tubes différents ; "/": Blanc - Concentrations brutes : Avant correction pour le dioxyde d'azote



XIX. ANNEXE : MESURES REALISEES IN SITU- CAMPAGNES PRECEDENTES (2020/2021)

Tableau 67 : Campagne de mesures estivale-2020 – État initial de la qualité de l'air de la zone d'étude

Campagne	Période de mesures	Méthode de prélèvement	Composés et paramètres mesurés	Nombre de sites
Estivale	28/07/2020 – 25/08/2020	Tubes passifs PASSAM	NO ₂	25
	28/07/2020 – 11/08/2020	Capteur passif de particules PASSAM	Particules PM10	3
Hivernale	18/01/2021 – 15/02/2021	Tubes passifs PASSAM	NO ₂	25
	01/02/2021 – 15/02/2021	Capteur passif de particules PASSAM	Particules PM10	3

Tableau 68 : Typologie et influence des sites de mesures et polluants d'intérêts

Numéro du point de mesures	Typologie et influence	Polluants mesurés
1	Urbain Trafic	NO ₂ + PM10
2	Urbain Trafic	NO ₂
3	Urbain Trafic	NO ₂
4	Urbain Trafic	NO ₂
5	Urbain Trafic	NO ₂
6	Périurbain Trafic	NO ₂
7	Périurbain Trafic	NO ₂ + PM10
8	Urbain Fond	NO ₂
9	Urbain Trafic	NO ₂
10	Urbain Trafic	NO ₂
11	Urbain Trafic	NO ₂
12	Urbain Trafic	NO ₂
13	Urbain Trafic	NO ₂
14	Périurbain Trafic	NO ₂
15	Périurbain Trafic	NO ₂
16	Urbain Trafic	NO ₂
17	Urbain Trafic	NO ₂
18	Périurbain Fond	NO ₂ + PM10
19	Urbain Trafic	NO ₂
20	Urbain Trafic	NO ₂
21	Urbain Trafic	NO ₂
22	Urbain Trafic	NO ₂
23	Périurbain Trafic	NO ₂
24	Urbain Trafic	NO ₂
25	Urbain Fond	NO ₂

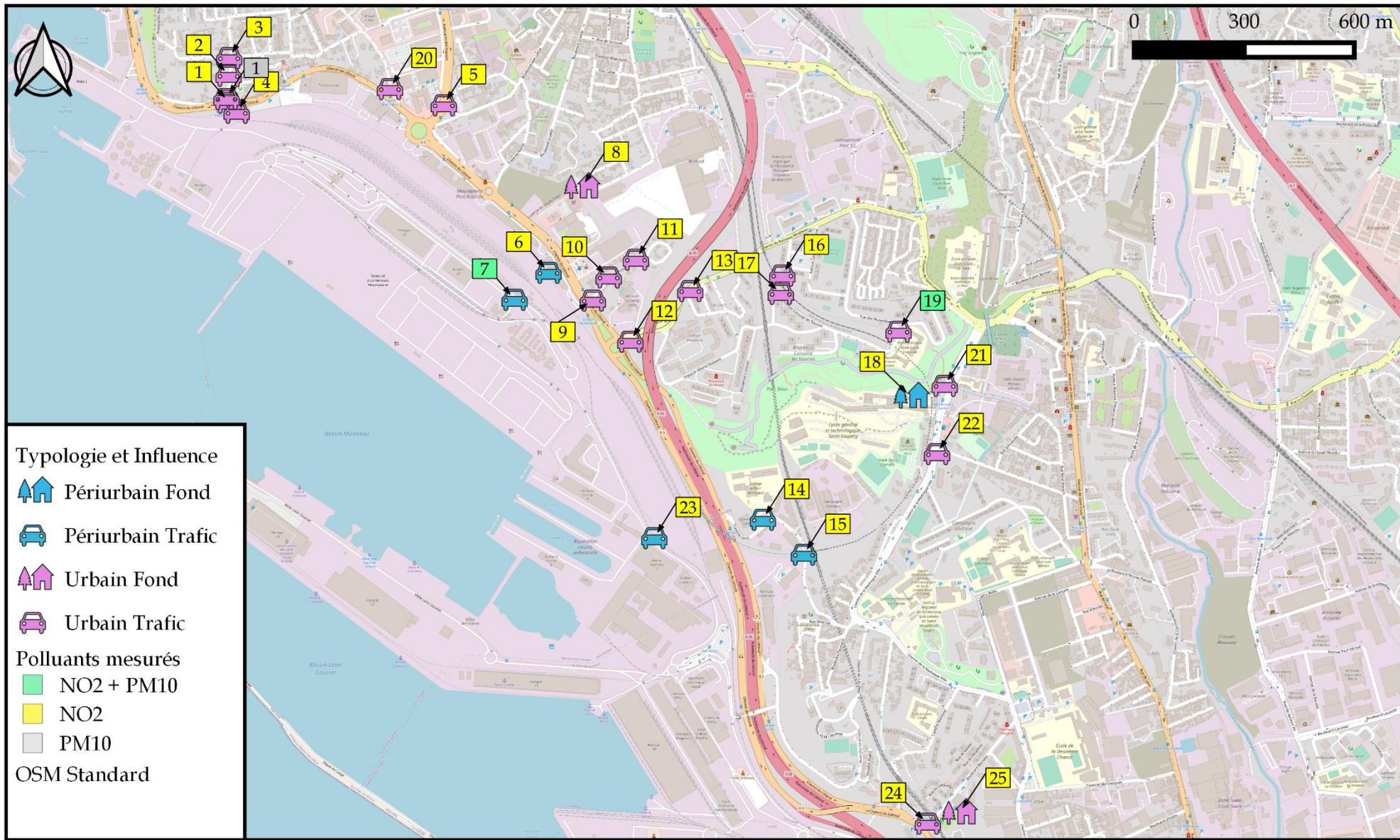


Figure 93 : Cartographie de la position des sites de prélèvements passifs, détail des composés mesurés

XIX.1. Conditions météorologiques lors des campagnes 2020/2021

XIX.1.1. Campagne estivale 2020

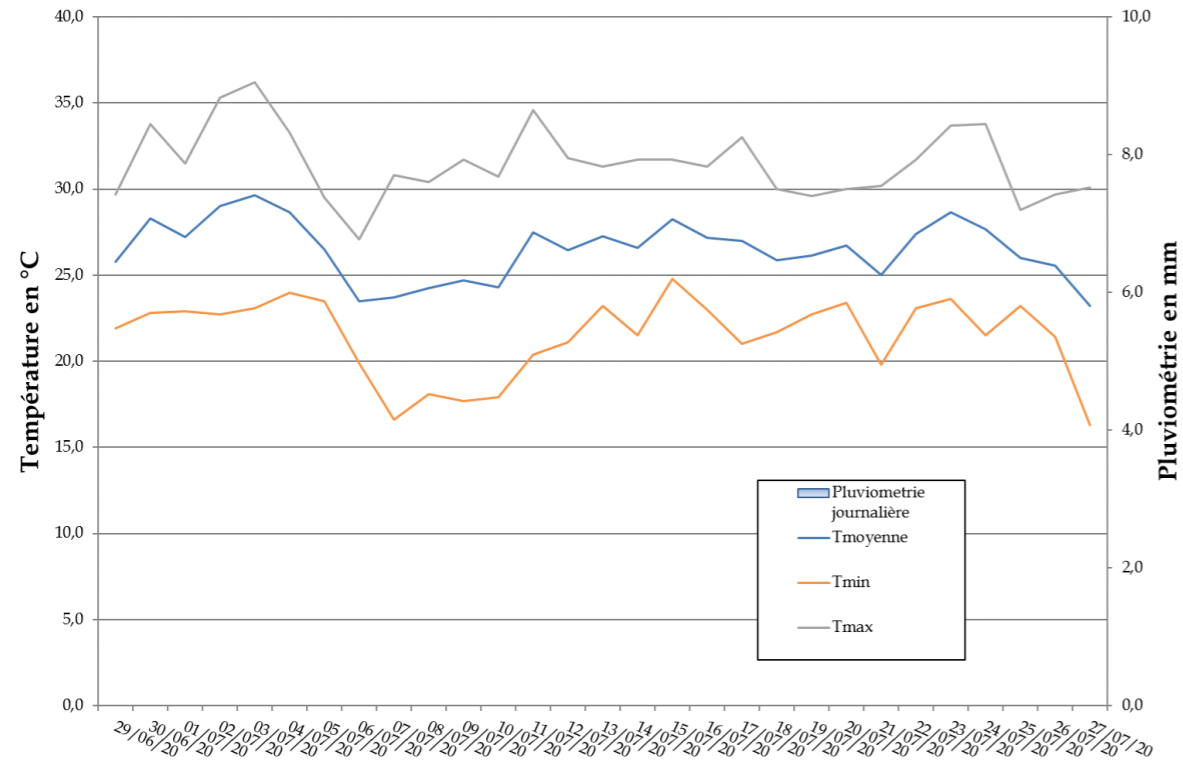


Figure 94 : Variations de températures et précipitations durant la campagne de mesures

Source : Météo France – Station Marignane (13)

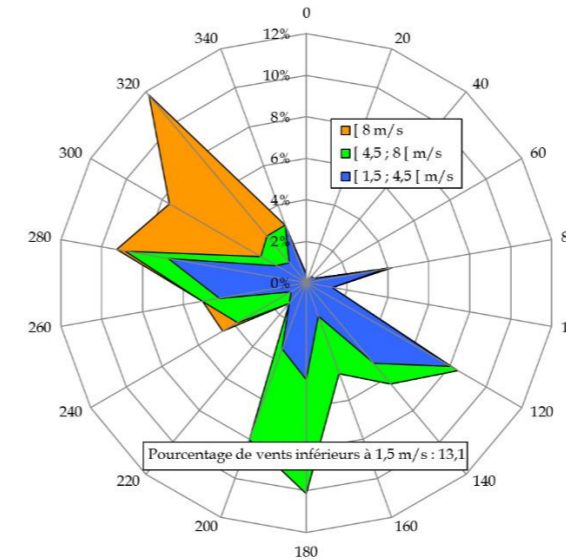


Figure 95 : Rose des vents observés durant la campagne de mesure estivale du 27/07/2020 au 25/08/2020 à la station Météo France Le Marignane (13)

Source : Météo France

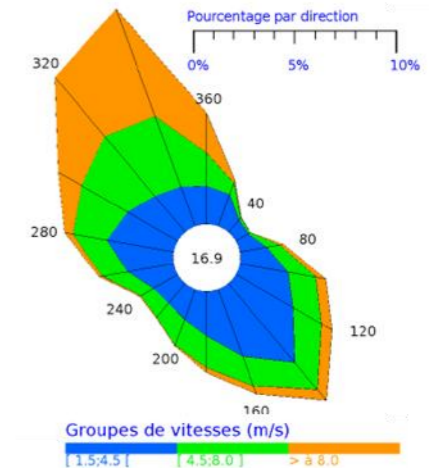


Figure 96 : Rose des vents normales de la station Marignane - Période 1991-2010

Source Météo France

Tableau 69 : Comparaison des données météo durant la campagne de mesure aux normales mensuelles de juillet à la station Météo France Marignane (13)

	Campagne	Normales mensuelles en août
Température moyenne (°C)	26,5	24,4
Moyenne des températures maximales (°C)	31,5	29,7
Moyenne des températures minimale (°C)	21,5	19
Température quotidienne la plus élevée (°C)	36,2	39,2
Température quotidienne la plus basse (°C)	16,3	8,1
Hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm)	0,0	85,6
Hauteur totale des précipitations (mm)	0,0	31
Nombre de jours de pluie	0,0	2,7

Source : Météo France – Données climatologiques - Station – Marignane (13)

Les moyennes journalières des températures s'échelonnent entre 23,2°C et 29,7°C. La température moyenne durant la campagne de mesure est de 26,5°C, et la température moyenne du mois d'août est de 24,4°C. **Les températures observées durant la campagne sont donc supérieures aux moyennes mensuelles en août.**

Concernant les précipitations, il n'y a eu aucun jour de pluie durant la campagne. **Ainsi, on peut conclure que les précipitations durant la campagne de mesures étaient moins abondantes que la moyenne.**

Des vents forts de secteur Nord-Ouest, a majoritairement soufflé durant la campagne (le Mistral), ainsi que des vents modérés provenant du Sud. Des vents plus faibles et moins fréquents en provenance du Sud-Est ont également pu être observés. Ces conditions de vents sont comparables à celles présentées dans la rose des vents moyennés sur 20 ans de la station Météo France. **Les vents observés durant la campagne estivale sont donc représentatifs des conditions de vent habituelles locales.**

XIX.1.2.Campagne hivernale 2021

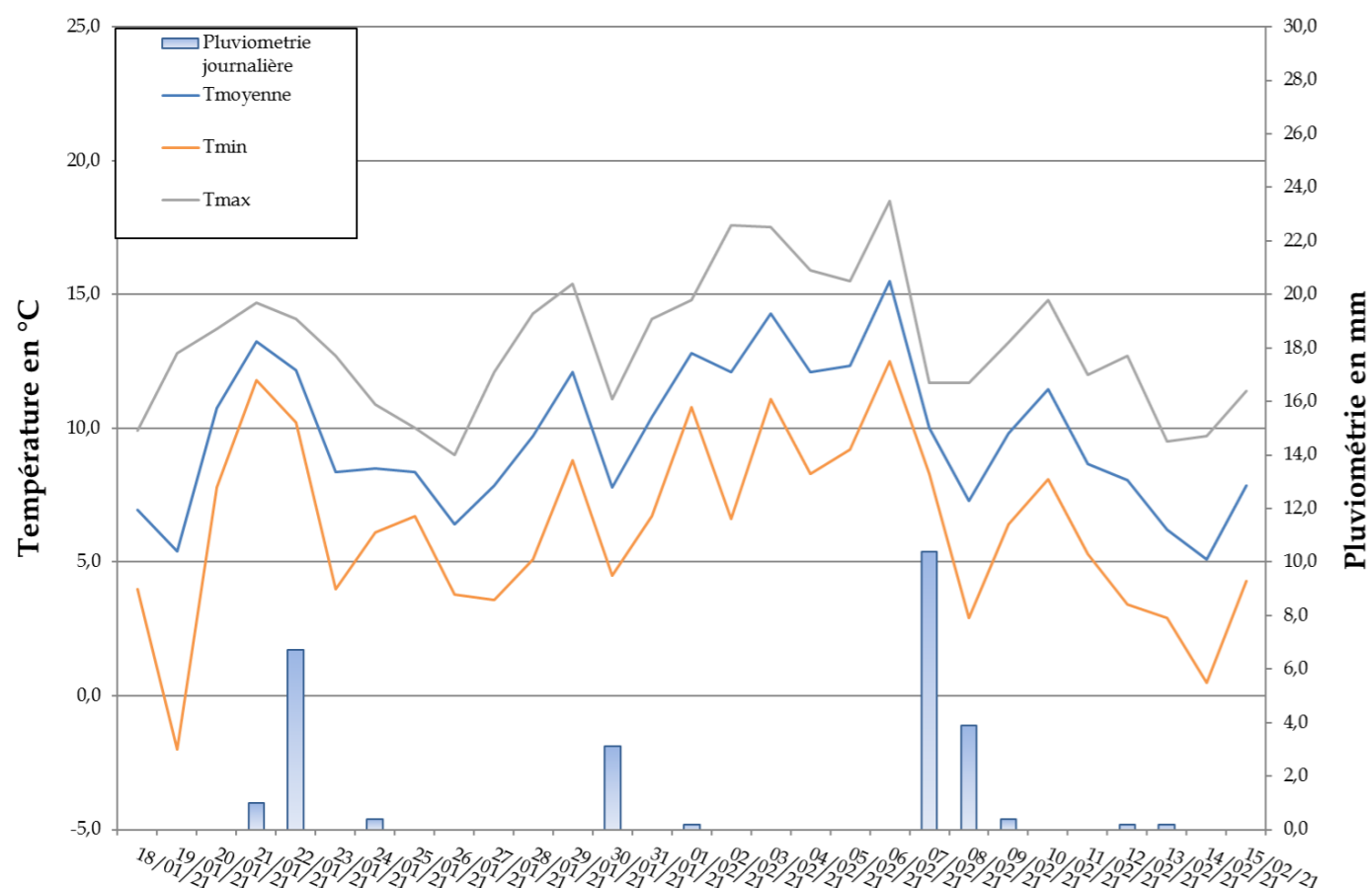


Figure 97 : Variations de températures et précipitations durant la campagne de mesures

Source : Météo France – Station Marignane (13)

Tableau 70 : Comparaison des données météo durant la campagne de mesure aux normales mensuelles de janvier-février à la station Météo France Marignane (13)

	Campagne	Normales mensuelles moyennes janvier-février
Température moyenne (°C)	9,7	7,6
Moyenne des températures maximales (°C)	13,1	12,0
Moyenne des températures minimale (°C)	6,3	3,3
Température quotidienne la plus élevée (°C)	18,5	21,2
Température quotidienne la plus basse (°C)	-2,0	-14,6
Hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm)	10,4	73,6
Hauteur totale des précipitations (mm)	26,5	39,7
Nombre de jours de pluie	10,0	4,9

Source : Météo France – Données climatologiques - Station – Marignane (13)

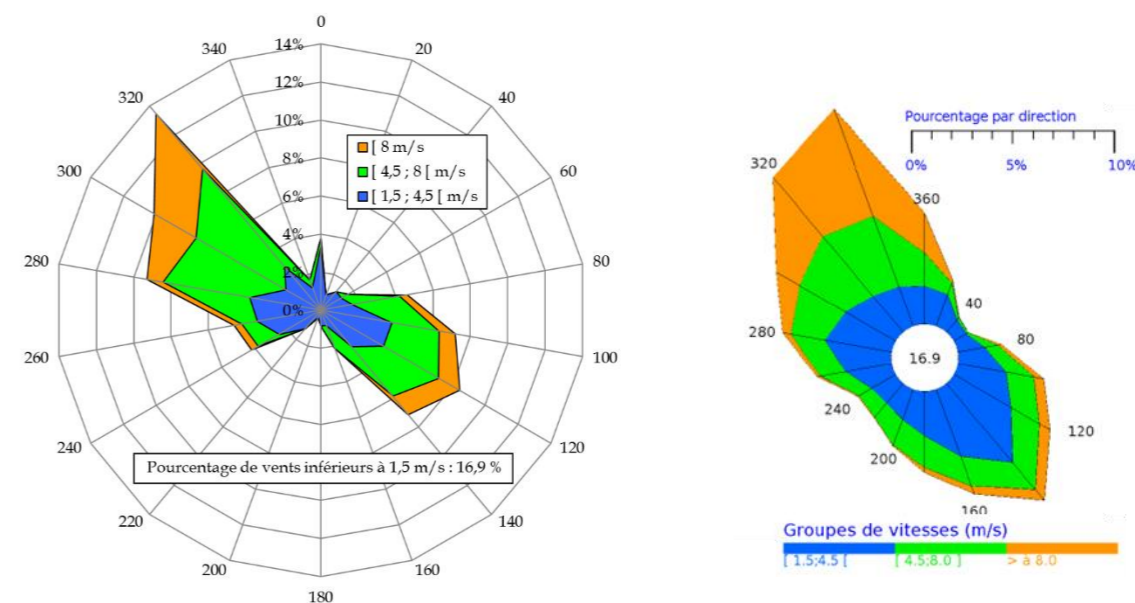


Figure 98 : Rose des vents observés durant la campagne de mesure estivale du 18/01/2021 au 15/02/2021 à la station Météo France Le Marignane (13)

Source : Météo France

Figure 99 : Rose des vents normales de la station Marignane - Période 1991-2010

Source Météo France

Les moyennes journalières des températures s'échelonnent entre 5,1°C et 15,5°C. La température moyenne durant la campagne de mesure est de 9,7°C, et la température moyenne en janvier-février est de 7,6°C. **Les températures observées durant la campagne sont donc supérieures aux moyennes mensuelles.**

Concernant les précipitations, il y a eu 10 jours de pluie durant la campagne pour une hauteur de précipitations de 26,5 mm, contre 39,7mm en 4,9 jours de pluie habituellement. **Ainsi, on peut conclure que les précipitations durant la campagne de mesures étaient plus récurrentes mais moins abondantes que la moyenne.**

Des vents forts de secteur Nord-Ouest, ont majoritairement soufflés durant la campagne (le Mistral), ainsi que des vents modérés provenant du Sud-Est. Des vents plus faibles et beaucoup moins fréquents en provenance du Nord ont également pu être observés. Ces conditions de vents sont comparables à celles présentées dans la rose des vents moyennés sur 20 ans de la station Météo France. **Les vents observés durant la campagne hivernale sont donc représentatifs des conditions de vent habituelles locales.**

XIX.2. Résultats 2020/2021

XIX.2.1. Dioxyde d'azote (NO₂)

Les concentrations issues de l'analyse brute du laboratoire PASSAM ont été corrigées comme préconisé dans le guide de référence « Échantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote » de l'ADEME (2002) : les résultats bruts ont été multipliés par un coefficient de 0,901 afin d'être représentatifs des concentrations réelles.

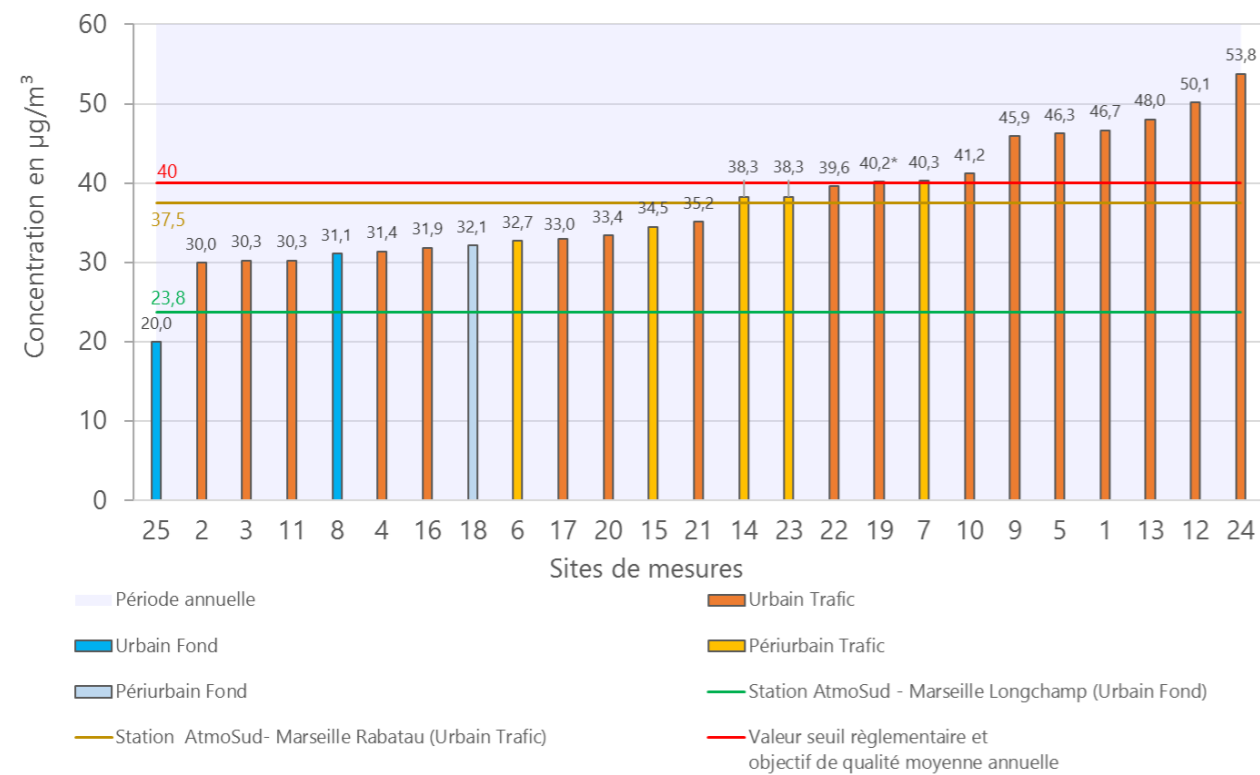
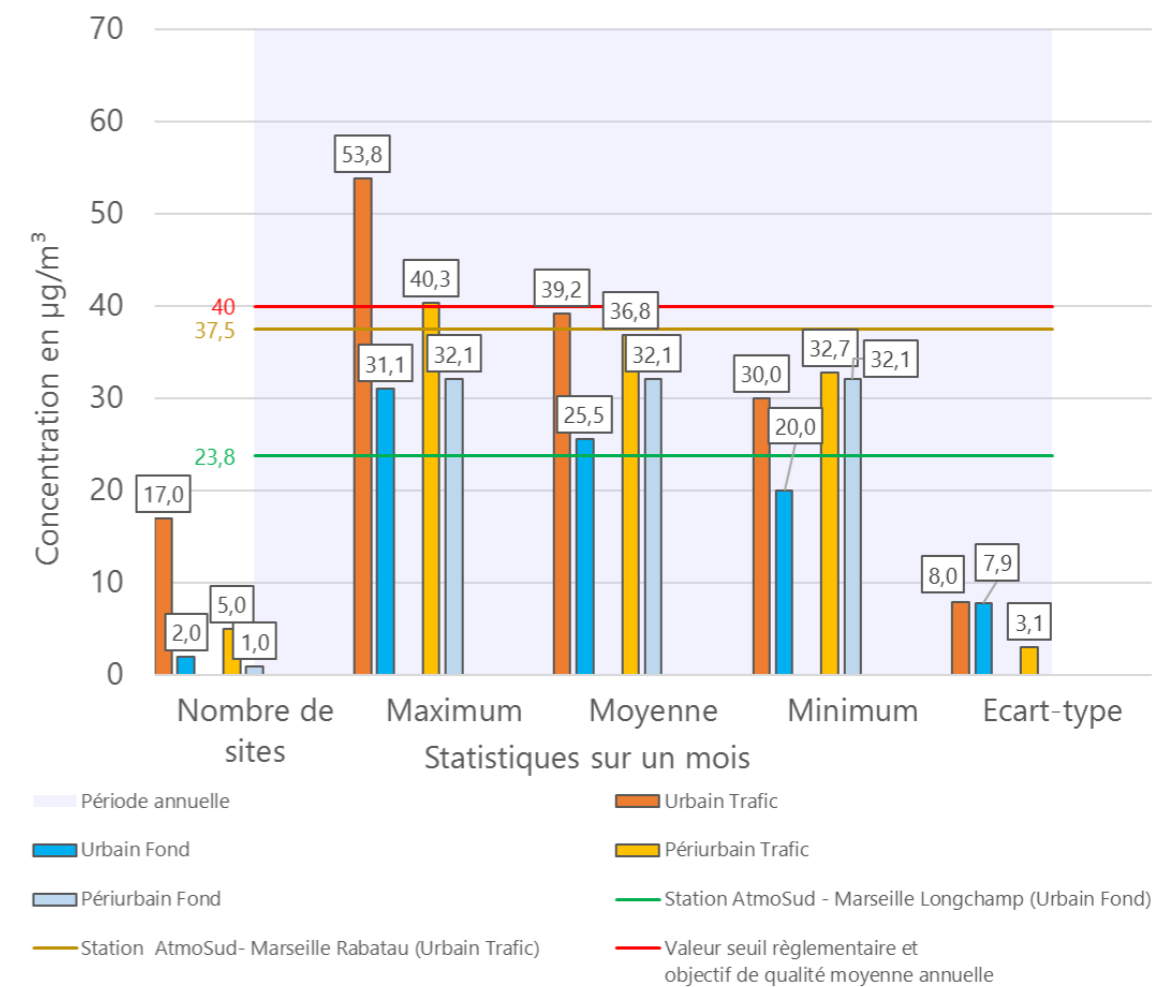


Figure 100 : Concentrations en NO₂ mesurées par tubes passifs – Concentration moyenne annuelle calculée

Tableau 71 : NO₂ : Statistiques par sites de différentes typologies sur les concentrations moyennes annuelles calculées

µg/m ³	Urbain Trafic	Périurbain Trafic	Urbain Fond	Périurbain Fond
Nombre de sites	17	5	2	1
Maximum	53,8	40,3	31,1	
Moyenne	39,2	36,8	25,5	32,1
Minimum	30,0	32,7	20,0	

Remarque : Uniquement deux sites urbain de fond et un seul site périurbain de fond – ce ne sont donc pas des statistiques dans ce cas mais des valeurs présentées à titre informatif



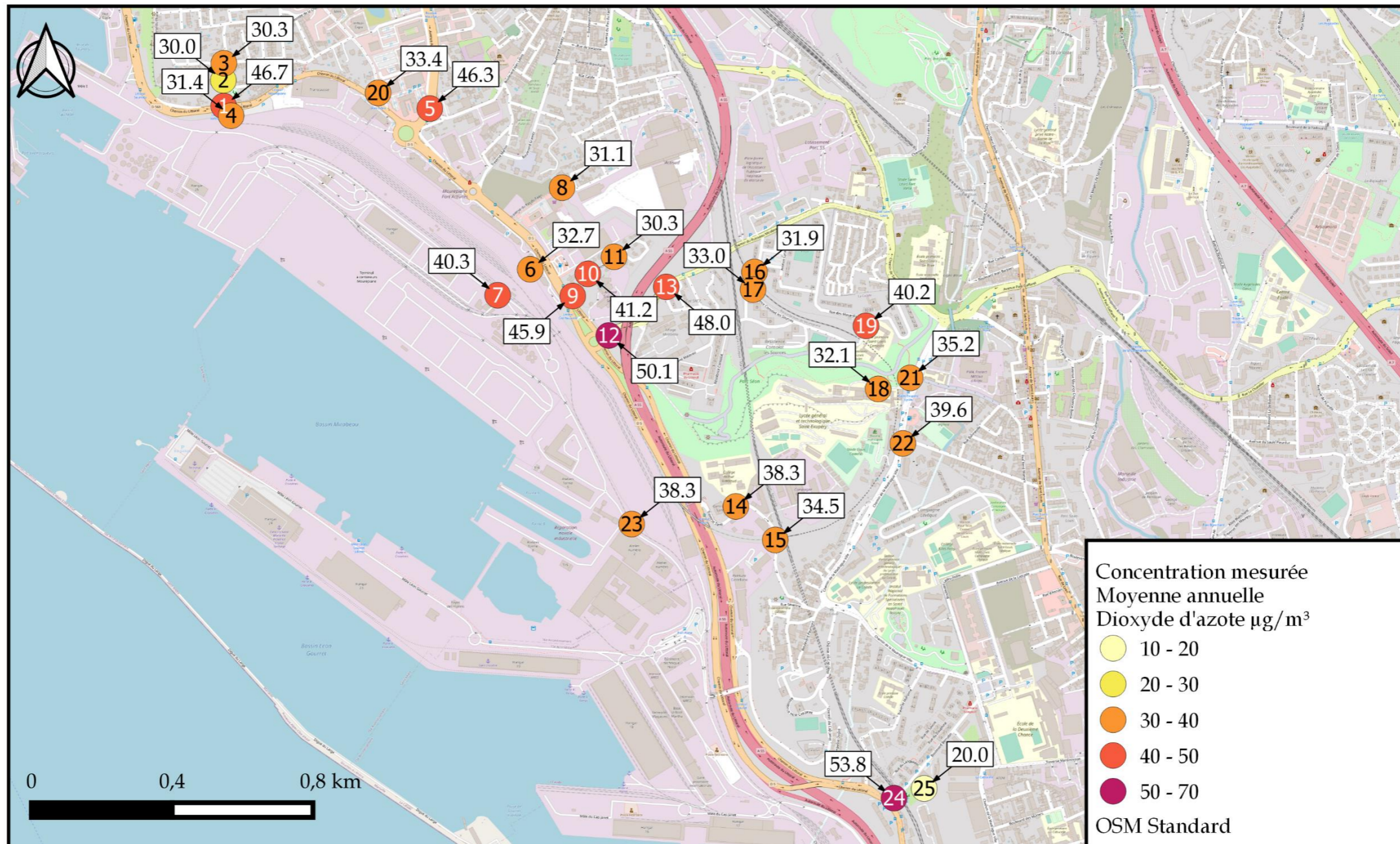
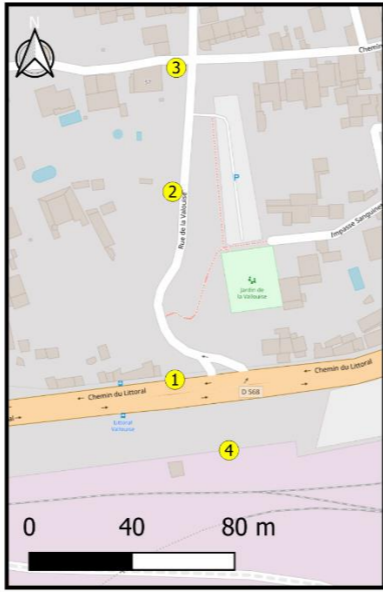



Figure 101 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles mesurées en dioxyde d'azote pendant les campagnes de mesures

Étude des transects

Tableau 72 : Transects installés le long des axes routiers, position, axe étudié et concentrations mesurées en NO₂ - Moyenne annuelle calculée

	Point	Concentration (µg/m ³)	Distance (m)	Position des points
Transect 1 : Chemin du Littoral (RD568) Partie Ouest	4	31,4	-19,9	
	1	46,7	1	
	2	30,0	74,4	
	3	30,3	118,7	
Transect 2 : Chemin du Littoral (RD568) Partie Est	9	45,9	7,5	
	10	41,2	82	
	11	30,3	168	

Etude de la dispersion atmosphérique le long des axes routiers

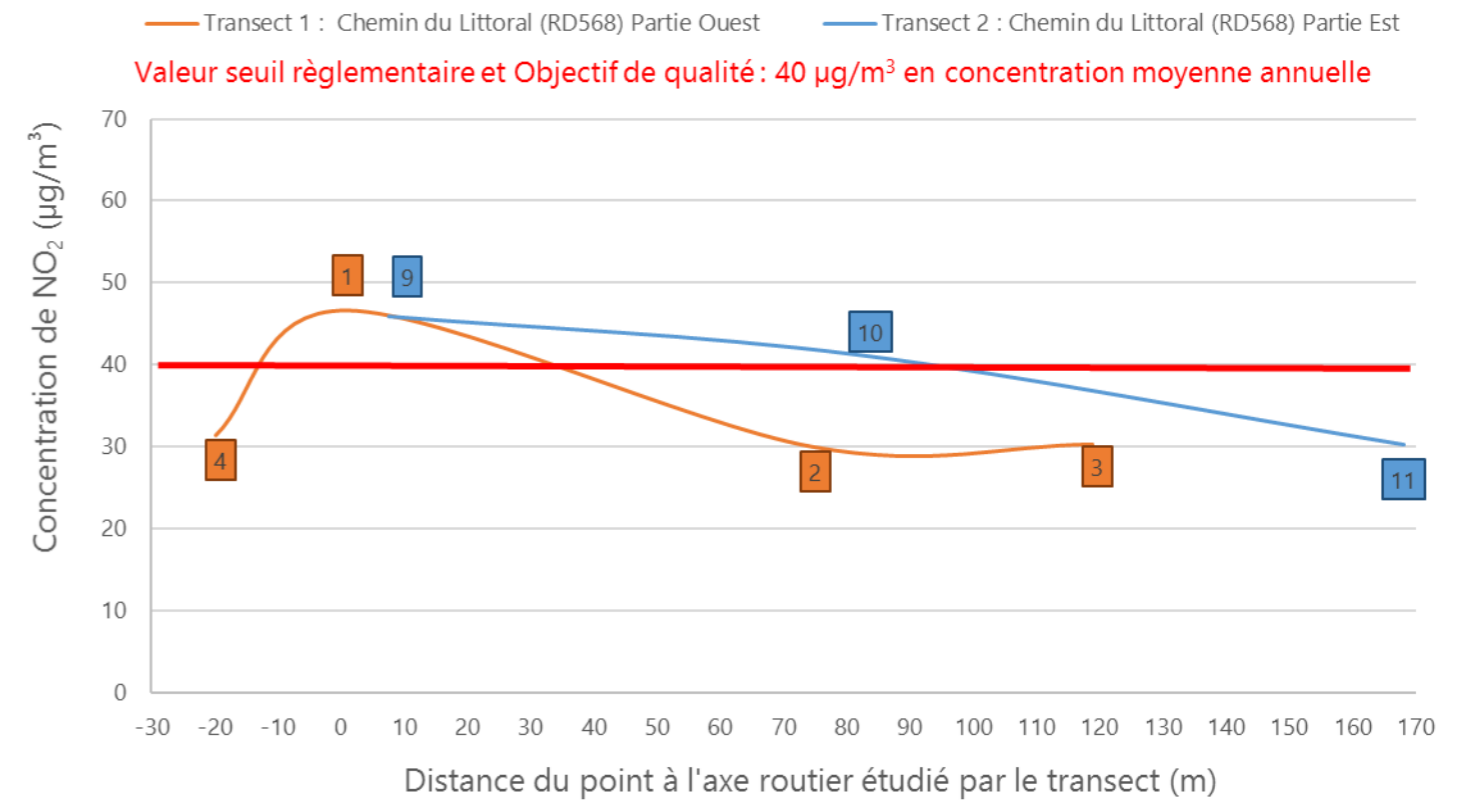


Figure 102 : Transects : Concentrations en NO₂ mesurées en fonction de la distance des points de mesure par rapport à l'axe routier étudié - Concentration moyenne annuelle

XIX.2.2. Particules PM10

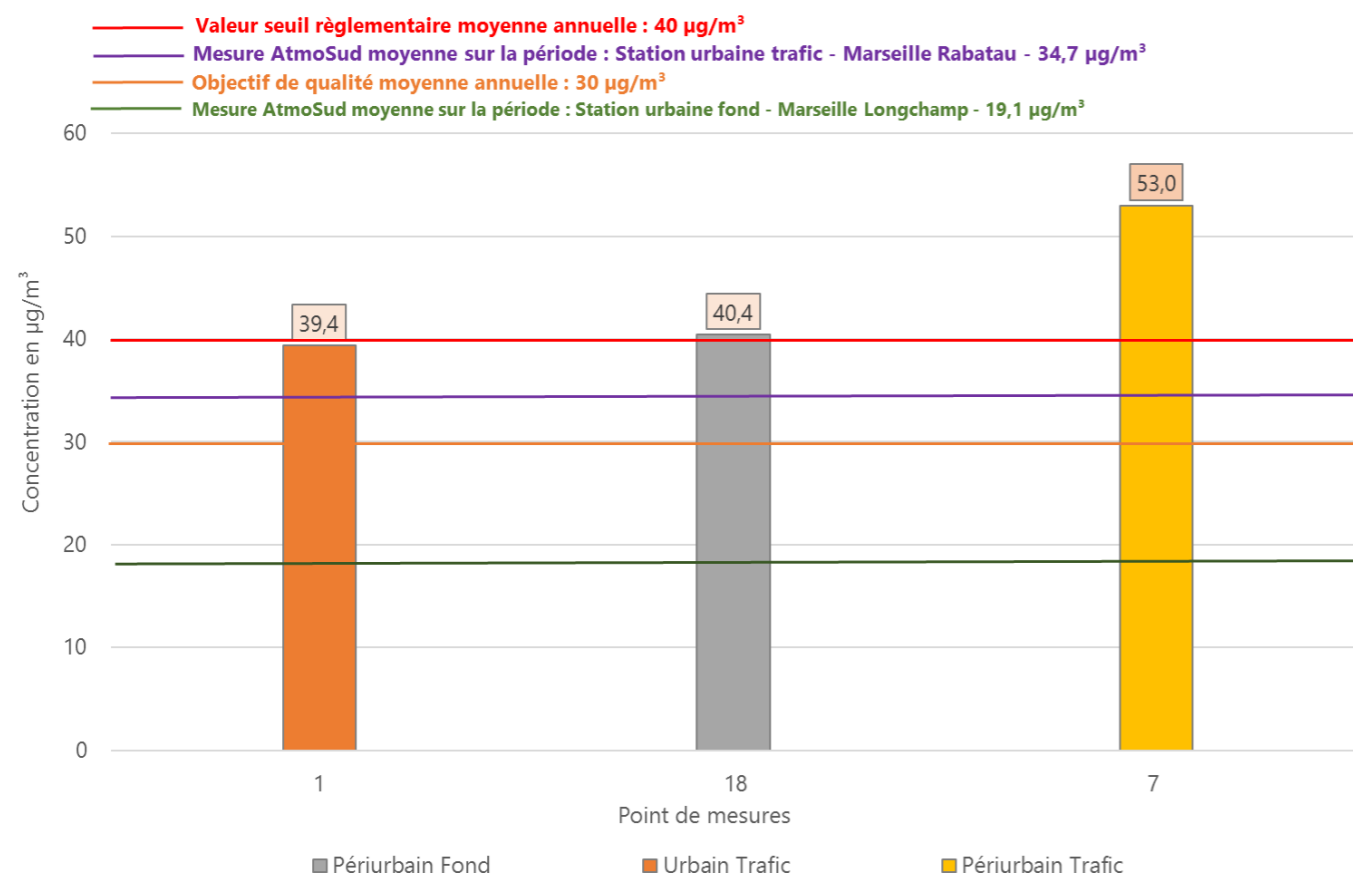


Figure 103 : Concentrations en PM10 mesurées par capteurs passifs – Concentration moyenne annuelle calculée

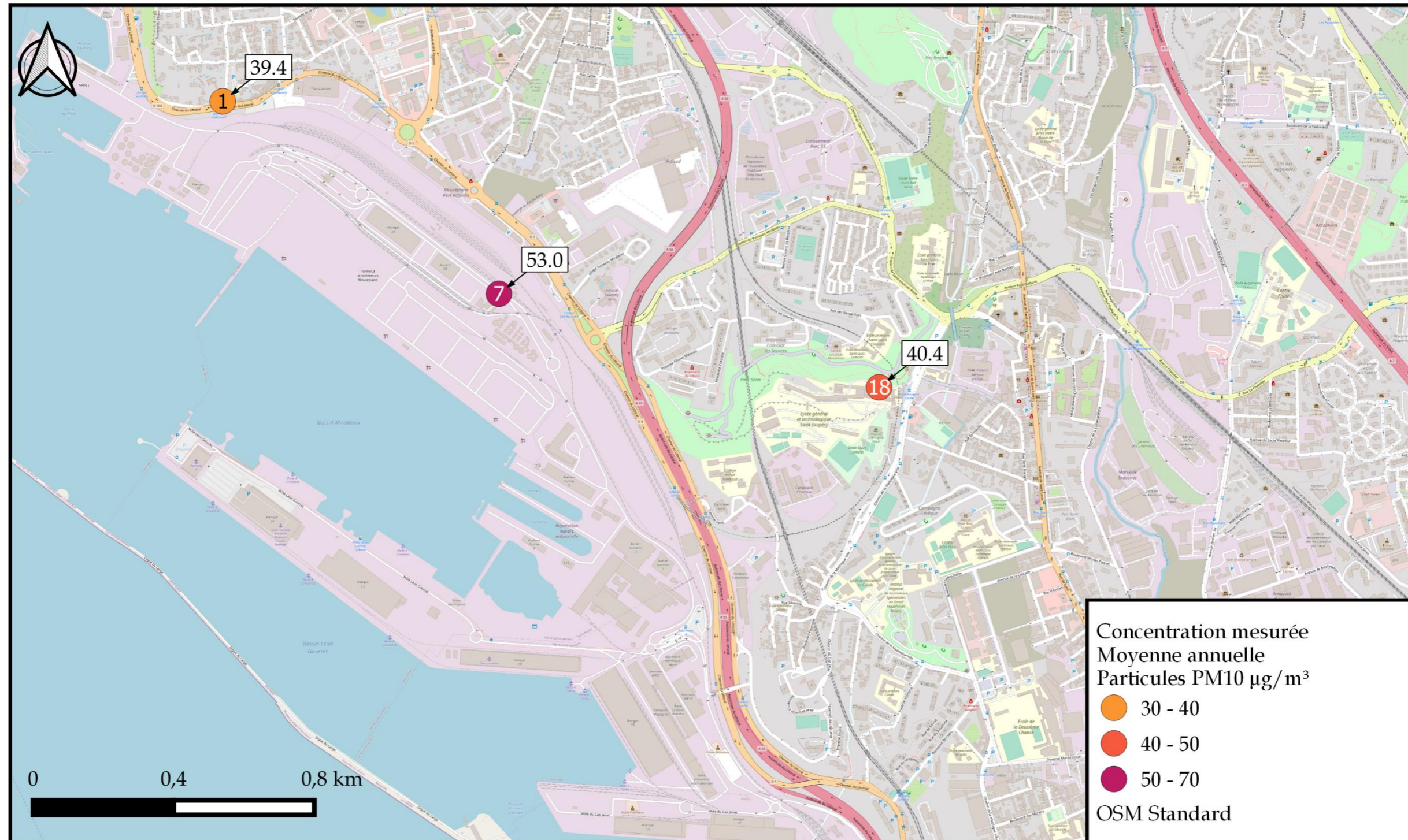


Figure 104 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles mesurées en particules PM10 sur les deux campagnes de mesures

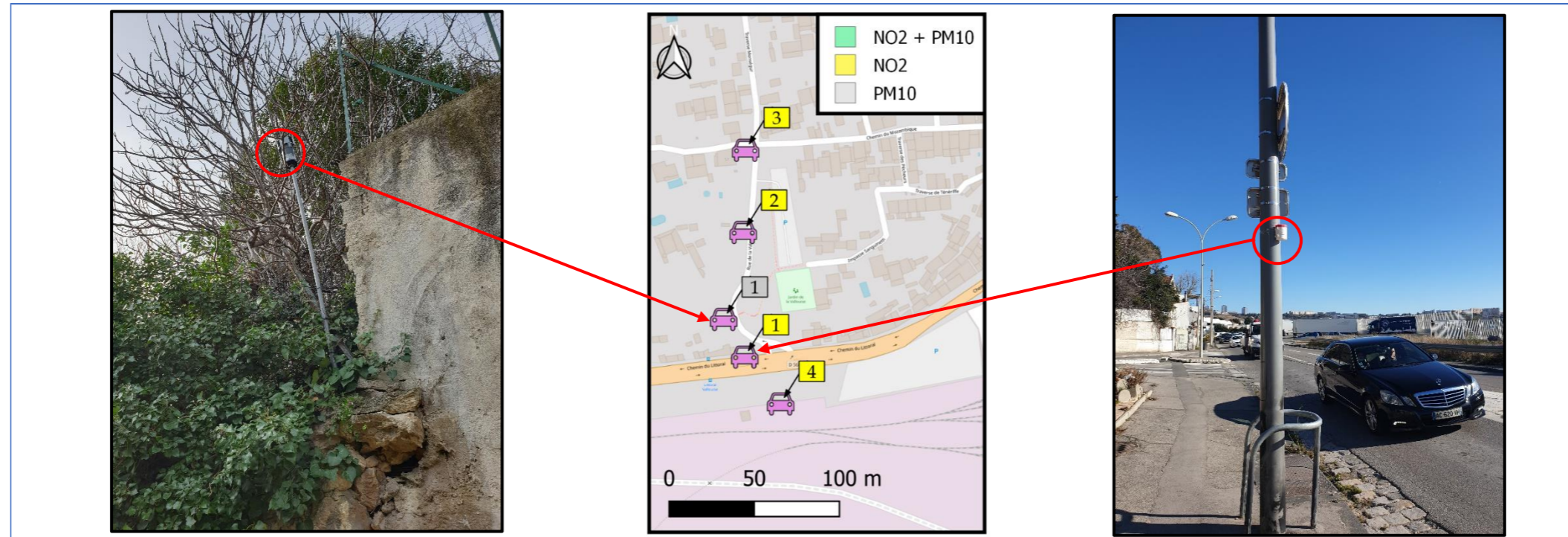
XIX.3. Fiches de mesures : 2020/2021

Point de mesures			1		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position					Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10
					Moyen de mesures	Tube passif	Capteur passif	Tube passif	Capteur passif
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	Pour le NO ₂ : 889.043 Pour les PM10 : 889.036			Code capteur PASSAM	89	6	285	31
	Y	Pour le NO ₂ : 6253.304 Pour les PM10 : 6253.314			Début de la mesure	28/07/2020 09:30	28/07/2020 09:30	18/01/2021 13:15	01/02/2021 10:45
Adresse	Pour le NO ₂ : Chemin du Littoral, Saint-Henri, 13016 Marseille Pour les PM10 : Rue de la Valouise, Saint-Henri, 13016 Marseille				Fin de la mesure	25/08/2020 13:15	11/08/2020 11:05	15/02/2021 14:05	15/02/2021 14:03
					Durée de la mesure (heures)	675,8	337,6	672,8	339,3
					Laboratoire d'analyse*	PASSAM	PASSAM	PASSAM	PASSAM
Type de site et influence	Urbain Trafic				Concentration en µg/m ³ **	60,7	38,2	42,8	40,5
Polluants mesurés	NO ₂ + PM10				Observations	-	-	-	-
Transects distance à la voie (m)	1								

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site



Point de mesures			Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position				NO ₂	PM10	NO ₂	PM10
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	889.04					
	Y	6253.377					
Adresse			Rue de la Valouise, Saint-Henri, 13016 Marseille				
Type de site et influence			Urbain Trafic				
Polluants mesurés			NO ₂				
Transects distance à la voie (m)			74,4				
			Moyen de mesures	Tube passif	-	Tube passif	-
			Code capteur PASSAM	98	-	382	-
			Début de la mesure	28/07/2020 09:20	-	18/01/2021 13:20	-
			Fin de la mesure	25/08/2020 13:10	-	15/02/2021 14:00	-
			Durée de la mesure (heures)	675,8	-	672,7	-
			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
			Concentration en µg/m ³ **	37,9	-	28,6	-
			Observations	-	-	-	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

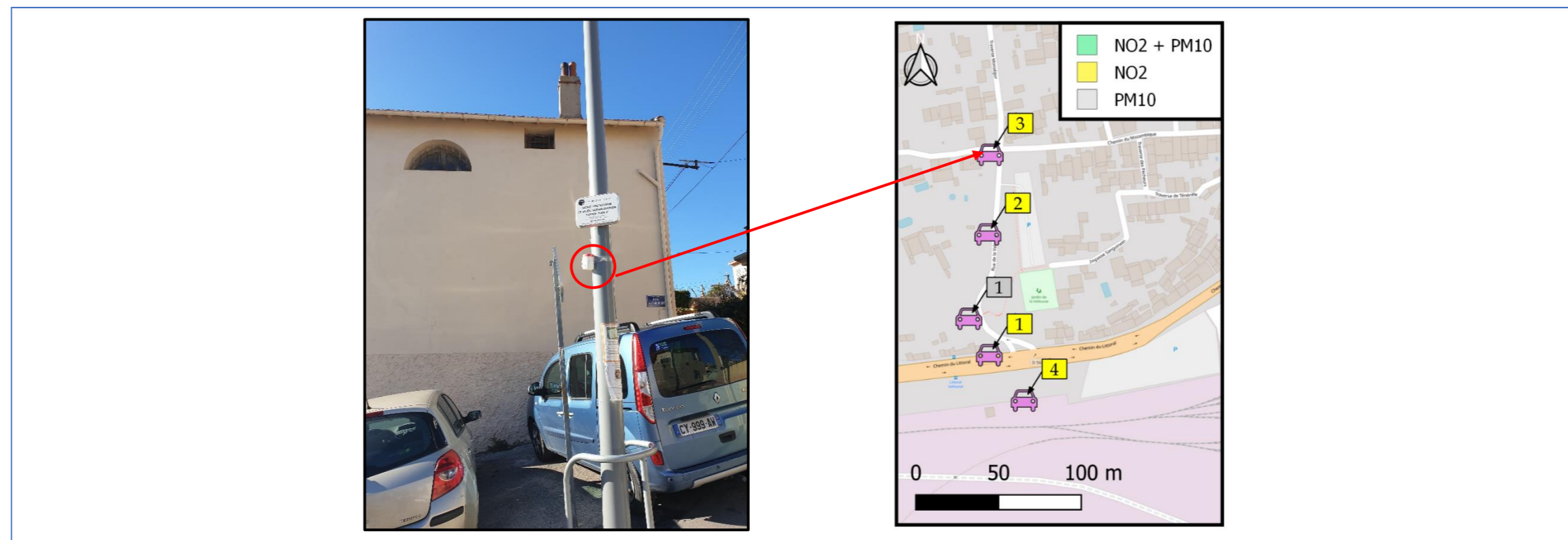


Point de mesures			3		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé		NO ₂	PM10	NO ₂	PM10	
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	889.04	Moyen de mesures		Tube passif	-	Tube passif	-	
	Y	6253.425	Code capteur PASSAM		148	-	381	-	
Adresse 57, Chemin du Mozambique, Saint-Henri, 13016 Marseille			Début de la mesure		28/07/2020 09:15	-	18/01/2021 13:25	-	
			Fin de la mesure		25/08/2020 13:05	-	15/02/2021 14:00	-	
Type de site et influence Urbain Trafic			Durée de la mesure (heures)		675,8	-	672,6	-	
			Laboratoire d'analyse*		PASSAM	-	PASSAM	-	
Polluants mesurés			Concentration en µg/m ³ **		37,1	-	30,1	-	
Transects distance à la voie (m)			Observations		-	-	-	-	

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

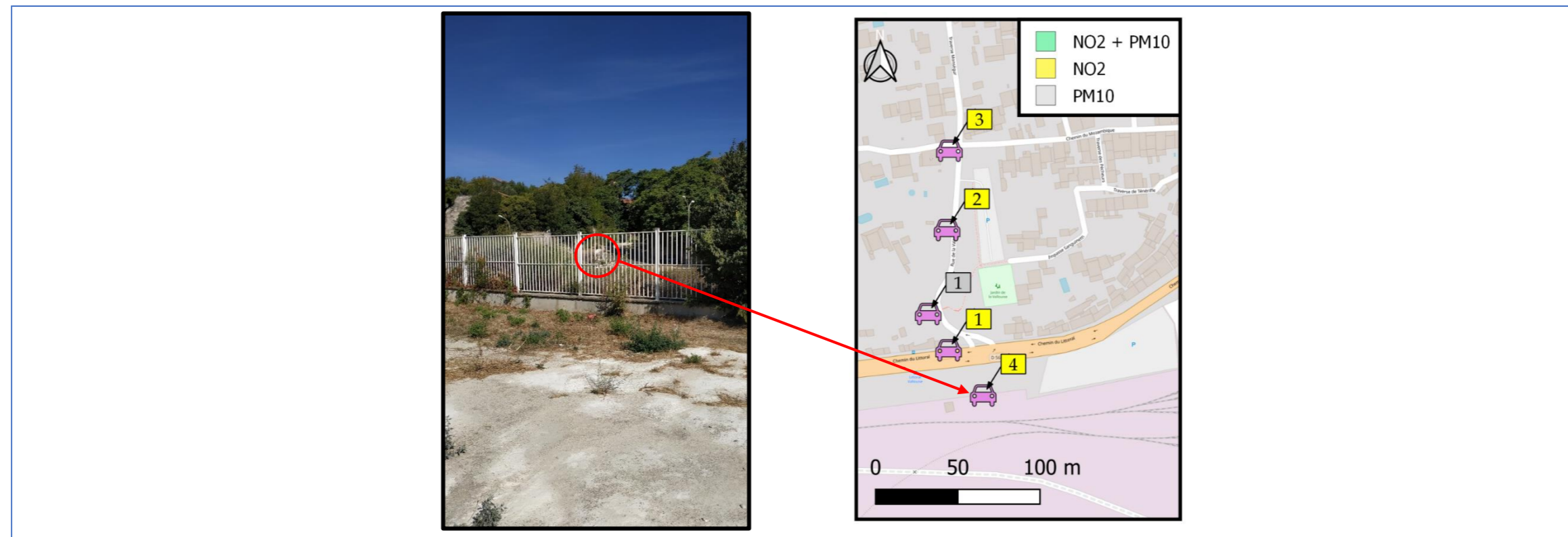


Point de mesures			4		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position					Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	889.064			Moyen de mesures	Tube passif	-	Tube passif	-
	Y	6253.277			Code capteur PASSAM	149	-	365	-
Adresse			Chemin du Littoral, Saint-Henri, 13016 Marseille		Début de la mesure	28/07/2020 10:25	-	18/01/2021 09:50	-
					Fin de la mesure	25/08/2020 10:30	-	15/02/2021 10:10	-
Type de site et influence			Urbain Trafic		Durée de la mesure (heures)	672,1	-	672,3	-
					Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
Polluants mesurés			NO ₂		Concentration en µg/m ^{3**}	38,2	-	31,5	-
Transects distance à la voie (m)			-		Observations	-	-	-	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

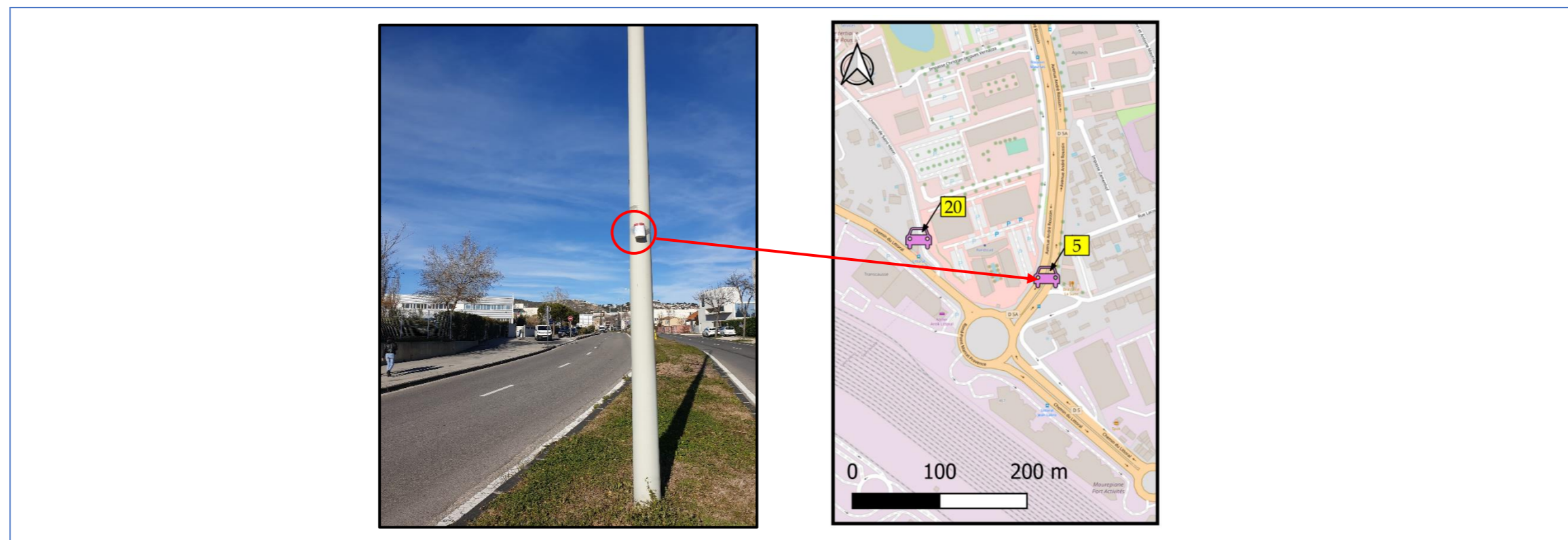


Point de mesures			5		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position					Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	889.628			Moyen de mesures	Tube passif	-	Tube passif	-
	Y	6253.314			Code capteur PASSAM	123	-	396	-
Adresse Avenue André Roussin, Saint-André, 13016 Marseille					Début de la mesure	28/07/2020 09:07	-	18/01/2021 14:05	-
					Fin de la mesure	25/08/2020 12:55	-	15/02/2021 12:10	-
Type de site et influence Urbain Trafic					Durée de la mesure (heures)	675,8	-	670,1	-
					Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
Polluants mesurés			NO2		Concentration en µg/m ^{3**}	60,6	-	42,1	-
Transects distance à la voie (m)			-		Observations	-	-	-	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

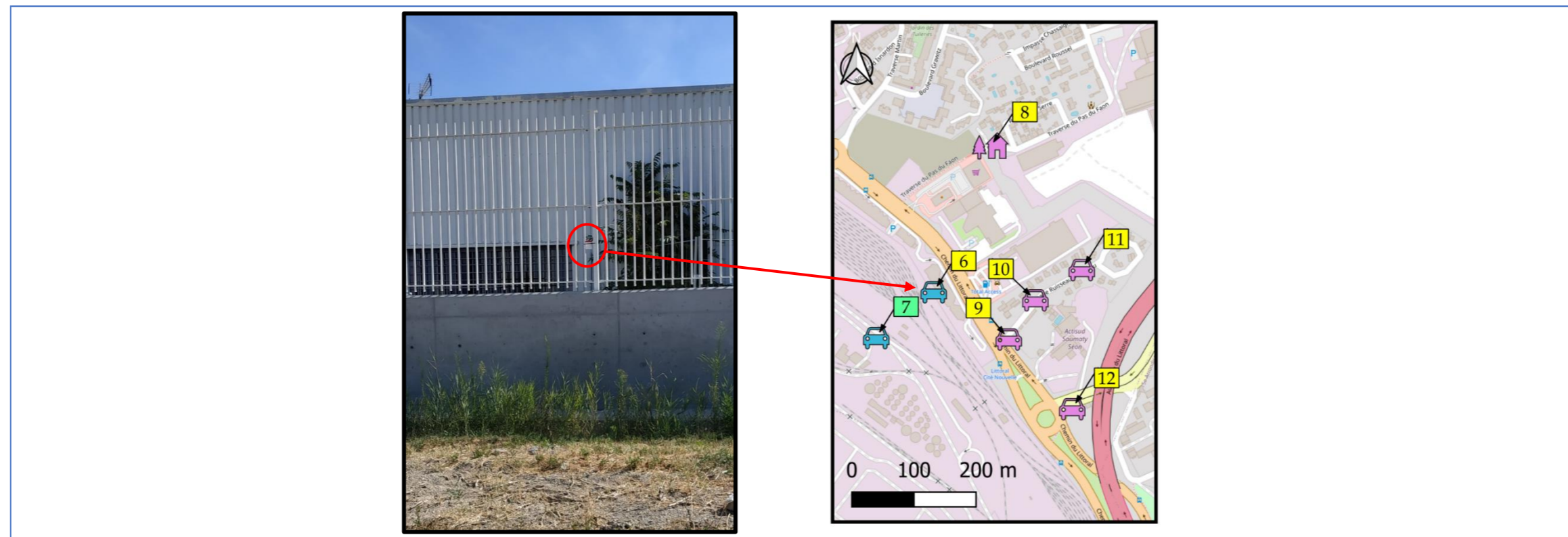


Point de mesures			6		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé		NO ₂	PM10	NO ₂	PM10	
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	889.927	Moyen de mesures		Tube passif	-	Tube passif	-	
	Y	6252.867	Code capteur PASSAM		181	-	391	-	
Adresse			Début de la mesure		28/07/2020 10:30	-	18/01/2021 10:00	-	
			Fin de la mesure		25/08/2020 10:35	-	15/02/2021 10:15	-	
Type de site et influence			Durée de la mesure (heures)		672,1	-	672,3	-	
			Laboratoire d'analyse*		PASSAM	-	PASSAM	-	
Polluants mesurés			Concentration en µg/m ^{3**}		43,3	-	29,4	-	
Transects distance à la voie (m)			Observations		-	-	-	-	

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

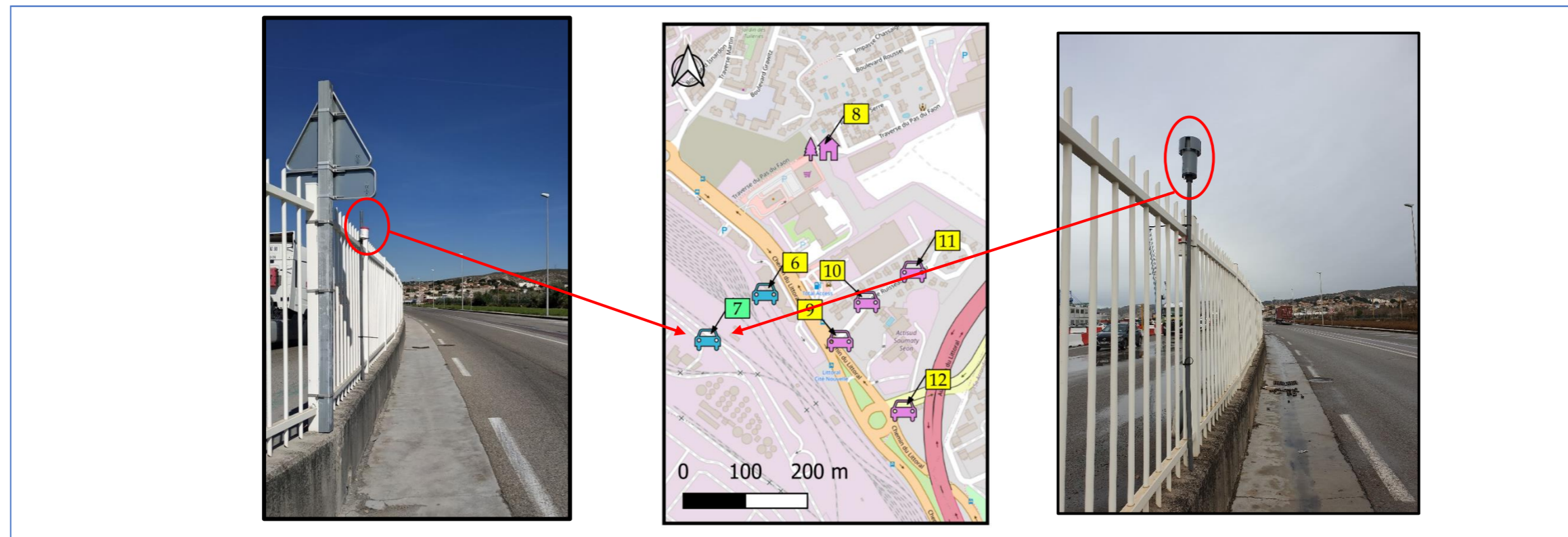


Point de mesures			7		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position					Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10
					Moyen de mesures	Tube passif	Capteur passif	Tube passif	Capteur passif
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	889.837			Code capteur PASSAM	191 puis 176	7	392	32
	Y	6252.791			Début de la mesure	28/07/2020 10:45 puis 11/08/2020 11:45	28/07/2020 10:45	18/01/2021 10:05	01/02/2021 10:05
Adresse		Auvent 28, Rond-Point France-Indochine, Saint-André, 13016 Marseille			Fin de la mesure	11/08/2020 11:45 puis 25/08/2020 10:45	11/08/2020 11:45	15/02/2021 10:23	15/02/2021 10:23
					Durée de la mesure (heures)	337,0 puis 335,0	337,0	672,3	336,3
Type de site et influence		Périurbain Trafic			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	PASSAM	PASSAM	PASSAM
Polluants mesurés		NO ₂ + PM10			Concentration en µg/m ^{3**}	55,1 puis 45,1 : 50,1 en moyenne	45,4	39,4	60,5
Transects distance à la voie (m)		-			Observations	Changement du tube NO ₂ au bout de deux semaines	-	-	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

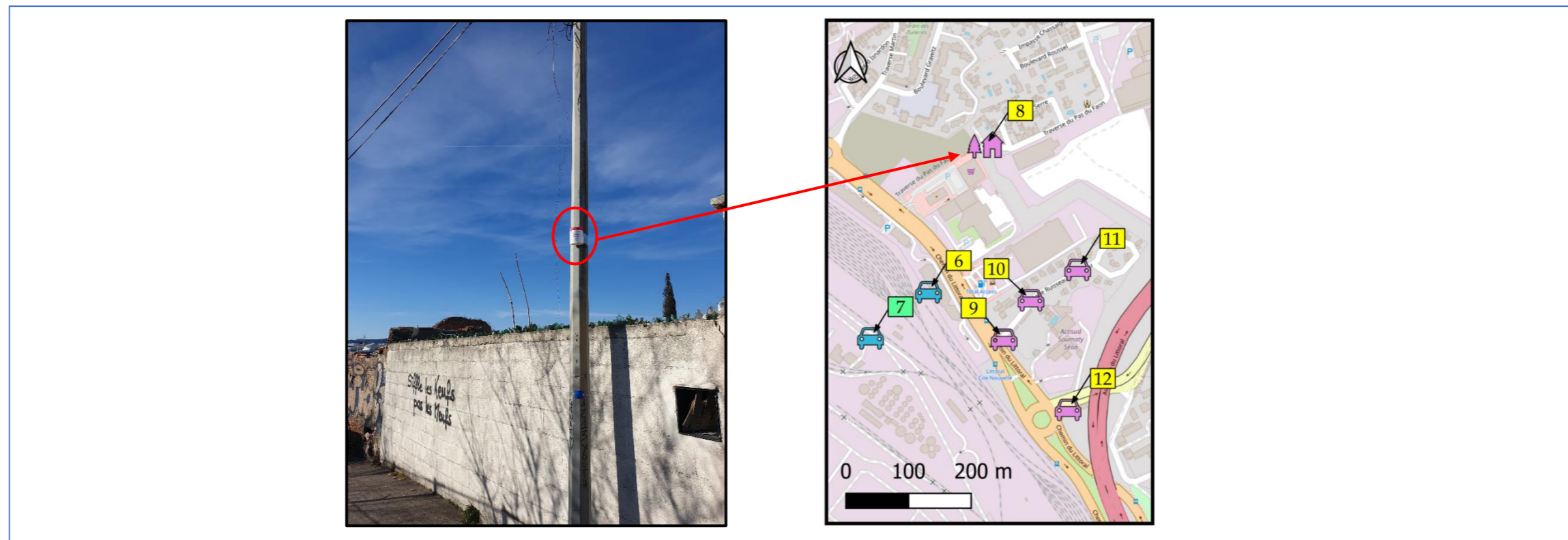


Point de mesures			8		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10		
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	890.011	Moyen de mesures	Tube passif	-	Tube passif	-		
	Y	6253.101	Code capteur PASSAM	195	-	371	-		
Adresse Traverse du Pas du Faon, Saint-André, 13016 Marseille			Début de la mesure	28/07/2020 11:40	-	18/01/2021 14:15	-		
			Fin de la mesure	25/08/2020 12:40	-	15/02/2021 14:20	-		
			Durée de la mesure (heures)	673,0	-	672,1	-		
			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-		
Type de site et influence	Urbain Fond		Concentration en µg/m ^{3**}	39,2	-	29,8	-		
Polluants mesurés	NO ₂		Observations	-	-	-	-		
Transects distance à la voie (m)	-								

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

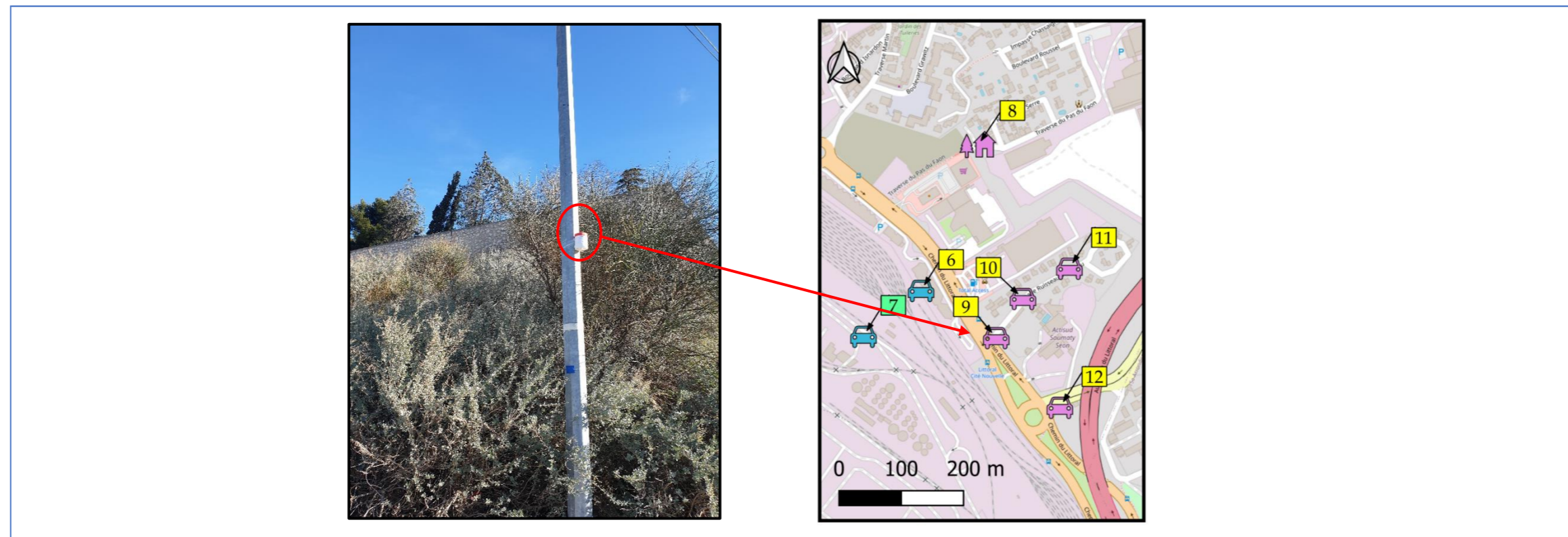


Point de mesures			9		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé		NO ₂	PM10	NO ₂	PM10	
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	890.05	Moyen de mesures		Tube passif	-	Tube passif	-	
	Y	6252.795	Code capteur PASSAM		189	-	399	-	
Adresse Village Ruisseau Mirabeau, Saint-André, 13016 Marseille			Début de la mesure		28/07/2020 11:10	-	18/01/2021 13:45	-	
			Fin de la mesure		25/08/2020 12:25	-	15/02/2021 11:55	-	
Type de site et influence Urbain Trafic			Durée de la mesure (heures)		673,3	-	670,2	-	
			Laboratoire d'analyse*		PASSAM	-	PASSAM	-	
Polluants mesurés			Concentration en µg/m ^{3**}		58,1	-	43,8	-	
Transects distance à la voie (m)			Observations		échantillonneur contaminé (toile d'araignée)	-	-	-	

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

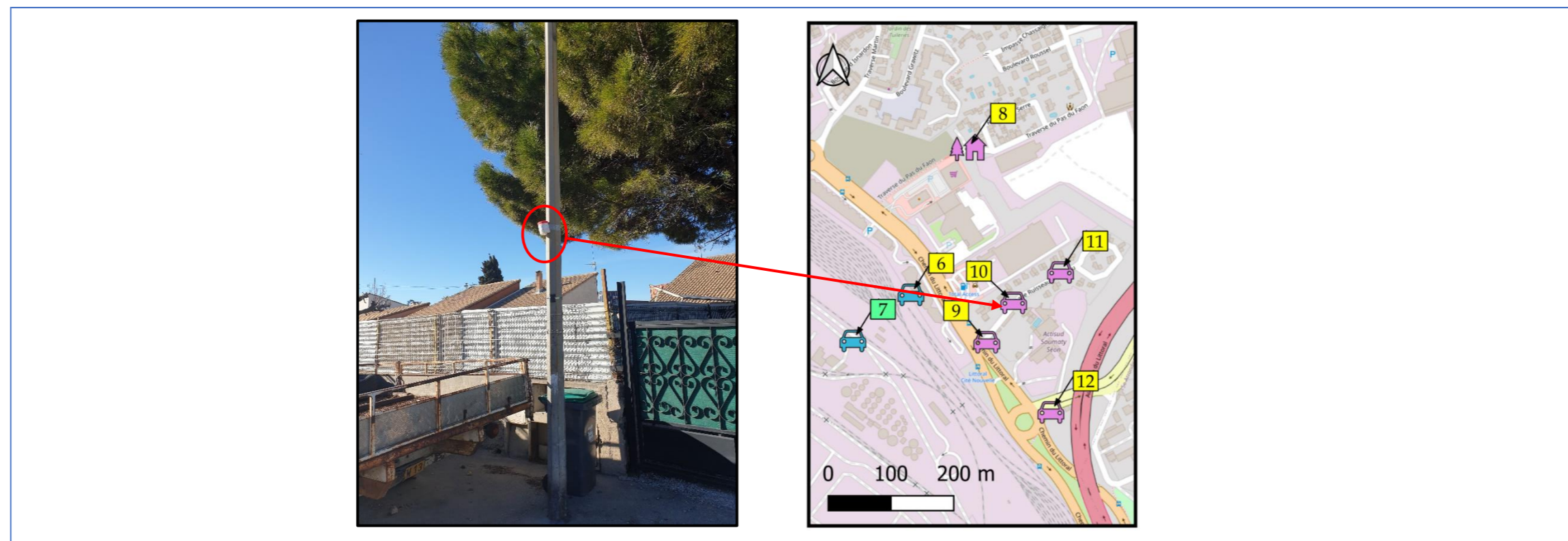


Point de mesures		10	Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	890.091	Moyen de mesures	Tube passif	-	Tube passif	-
	Y	6252.86	Code capteur PASSAM	11	-	388	-
Adresse		Village Ruisseau Mirabeau, Saint-André, 13016 Marseille	Début de la mesure	28/07/2020 11:15	-	18/01/2021 13:50	-
			Fin de la mesure	25/08/2020 12:30	-	15/02/2021 12:00	-
Type de site et influence		Urbain Trafic	Durée de la mesure (heures)	673,3	-	670,2	-
			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
Polluants mesurés		NO ₂	Concentration en µg/m ³ **	53,9	-	37,6	-
Transects distance à la voie (m)		82	Observations	-	-	-	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

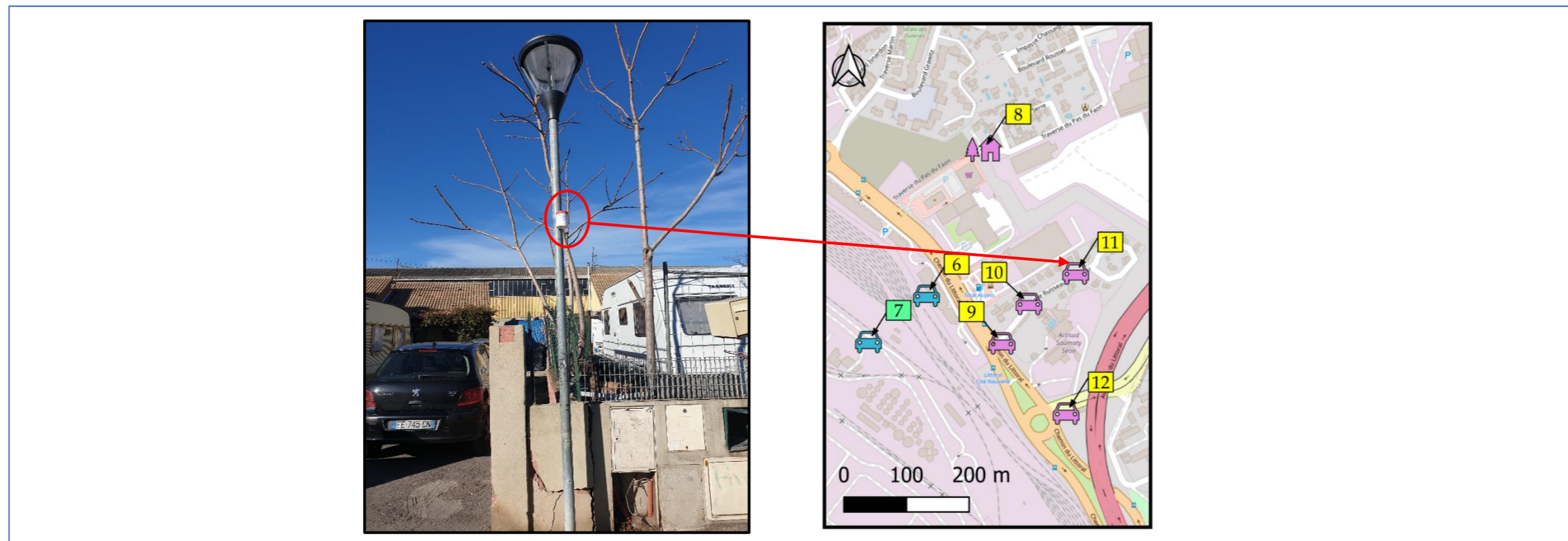


Point de mesures			11		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10		
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	890.164	Moyen de mesures	Tube passif	-	Tube passif	-		
	Y	6252.91	Code capteur PASSAM	59	-	394	-		
Adresse Village Ruisseau Mirabeau, Saint-André, 13016 Marseille			Début de la mesure	28/07/2020 11:20	-	18/01/2021 13:55	-		
			Fin de la mesure	25/08/2020 12:35	-	15/02/2021 12:00	-		
Type de site et influence Urbain Trafic			Durée de la mesure (heures)	673,3	-	670,1	-		
			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-		
Polluants mesurés			NO ₂	Concentration en µg/m ^{3**}		34,0	-	33,2	-
Transects distance à la voie (m)			168	Observations		-	-	-	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

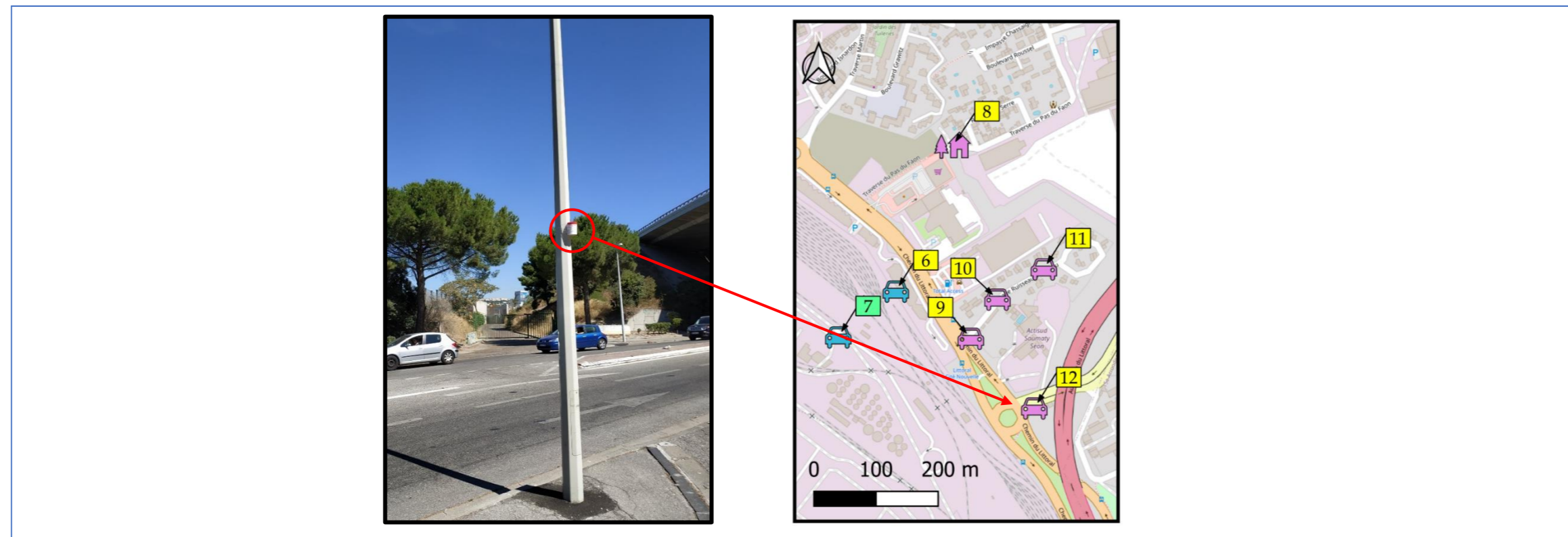


Point de mesures			12		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10		
Coordonnées Lambert 93 (km)			X	890.156					
			Y	6252.687					
Adresse			Chemin du Ruisseau Mirabeau, Saint-André, 13015 Marseille		Code capteur PASSAM	166	-	353	-
Type de site et influence			Urbain Trafic		Début de la mesure	28/07/2020 11:50	-	18/01/2021 13:35	-
Polluants mesurés			NO ₂		Fin de la mesure	25/08/2020 12:20	-	15/02/2021 11:50	-
Transects distance à la voie (m)			-		Durée de la mesure (heures)	672,5	-	670,3	-
					Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
					Concentration en µg/m ³ **	63,9	-	47,4	-
					Observations	-	-	-	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

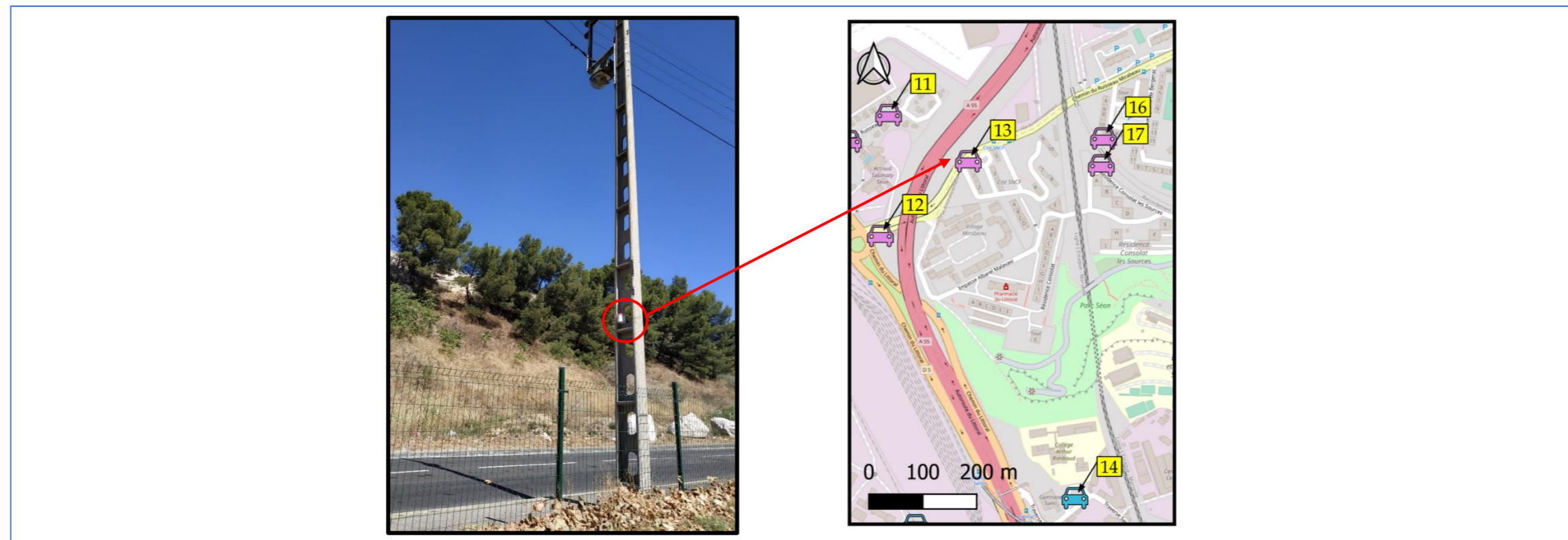


Point de mesures			13		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10		
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	890.315	Moyen de mesures	Tube passif	-	Tube passif	-		
	Y	6252.829	Code capteur PASSAM	114	-	356	-		
Adresse 1, Chemin du Ruisseau Mirabeau, Saint-André, 13015 Marseille			Début de la mesure	28/07/2020 11:55	-	18/01/2021 11:45	-		
			Fin de la mesure	25/08/2020 12:00	-	15/02/2021 11:45	-		
Type de site et influence Urbain Trafic			Durée de la mesure (heures)	672,1	-	672,0	-		
			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-		
Polluants mesurés			NO ₂	64,7	-	42,0	-		
Transects distance à la voie (m)			-	-	-	-	-		
			Concentration en µg/m ³ **						
			Observations	-	-	-	-		

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site



Point de mesures			14		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé		NO ₂	PM10	NO ₂	PM10	
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	890.531	Moyen de mesures		Tube passif	-	Tube passif	-	
	Y	6252.214	Code capteur PASSAM		180	-	355	-	
Adresse			Début de la mesure		28/07/2020 12:10	-	18/01/2021 10:40	-	
			Fin de la mesure		25/08/2020 12:10	-	15/02/2021 11:00	-	
Type de site et influence			Durée de la mesure (heures)		672,0	-	672,3	-	
			Laboratoire d'analyse*		PASSAM	-	PASSAM	-	
Polluants mesurés			Concentration en µg/m ^{3**}		50,0	-	35,0	-	
Transects distance à la voie (m)			Observations		-	-	-	-	

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

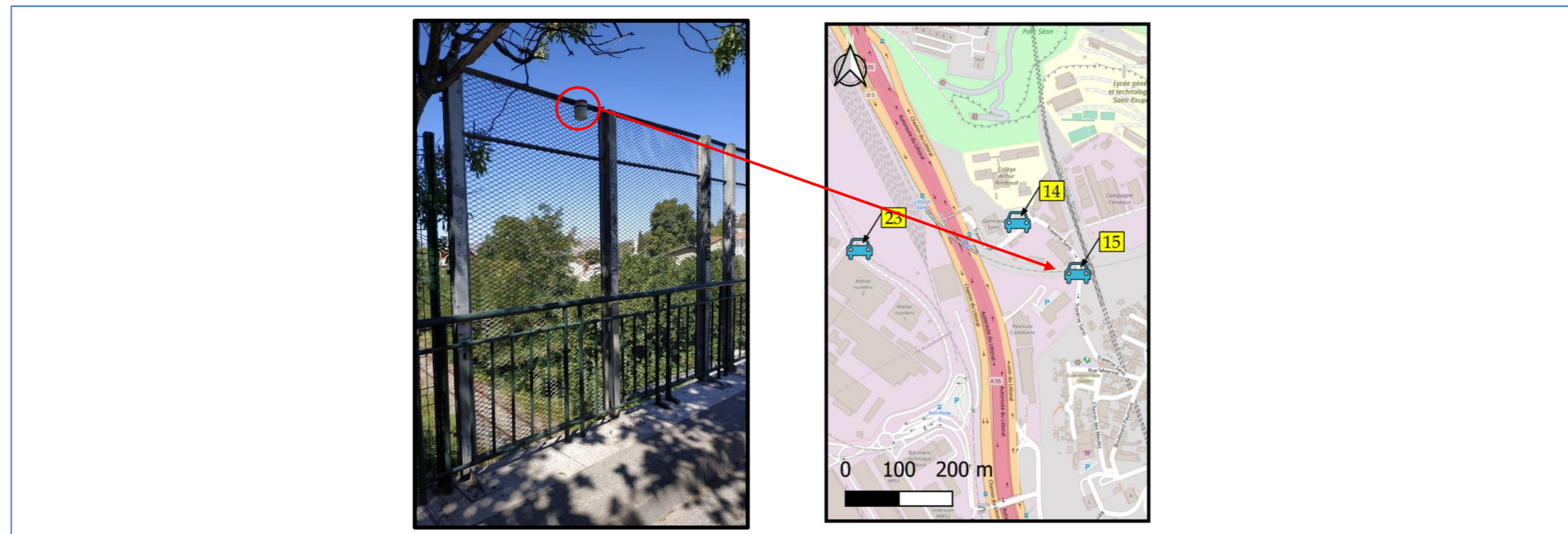


Point de mesures			15		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10		
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	890.646	Moyen de mesures	Tube passif	-	Tube passif	-		
	Y	6252.122	Code capteur PASSAM	167	-	397	-		
Adresse			Début de la mesure	28/07/2020 12:15	-	18/01/2021 10:45	-		
			Fin de la mesure	25/08/2020 12:15	-	15/02/2021 11:00	-		
Type de site et influence			Durée de la mesure (heures)	672,0	-	672,3	-		
			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-		
Polluants mesurés			Concentration en µg/m ^{3**}	41,7	-	34,9	-		
Transects distance à la voie (m)			Observations	-	-	-	-		

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

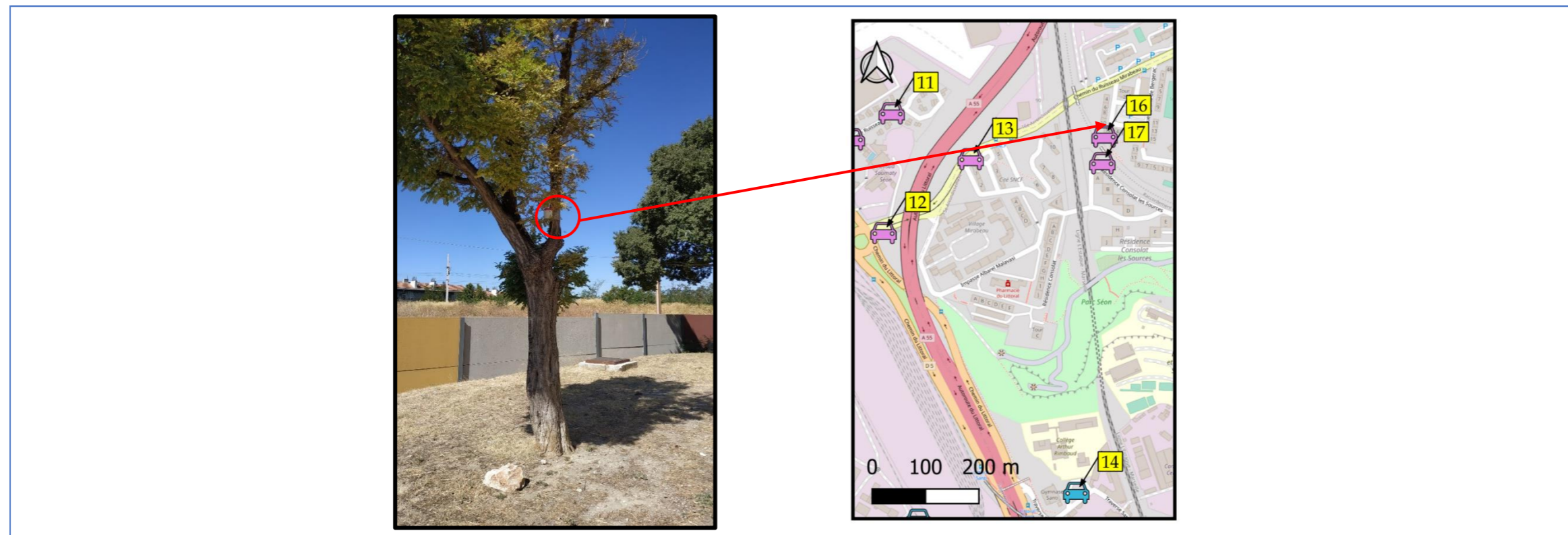


Point de mesures			16		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10		
Moyen de mesures			Tube passif	-	-	Tube passif	-		
Code capteur PASSAM			52	-	-	352	-		
Début de la mesure			28/07/2020 13:10	-	-	18/01/2021 11:30	-		
Fin de la mesure			25/08/2020 11:50	-	-	15/02/2021 11:35	-		
Durée de la mesure (heures)			670,7	-	-	672,1	-		
Laboratoire d'analyse*			PASSAM	-	-	PASSAM	-		
Concentration en µg/m ^{3**}			42,6	-	-	28,1	-		
Observations			-	-	-	-	-		
Type de site et influence			Urbain Trafic						
Polluants mesurés			NO ₂						
Transects distance à la voie (m)			-						
Coordonnées Lambert 93 (km)			X	890.564					
			Y	6252.879					
Adresse			12, Place François de Péliissot, Résidence Consolat-Mirabeau, 13015 Marseille						

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

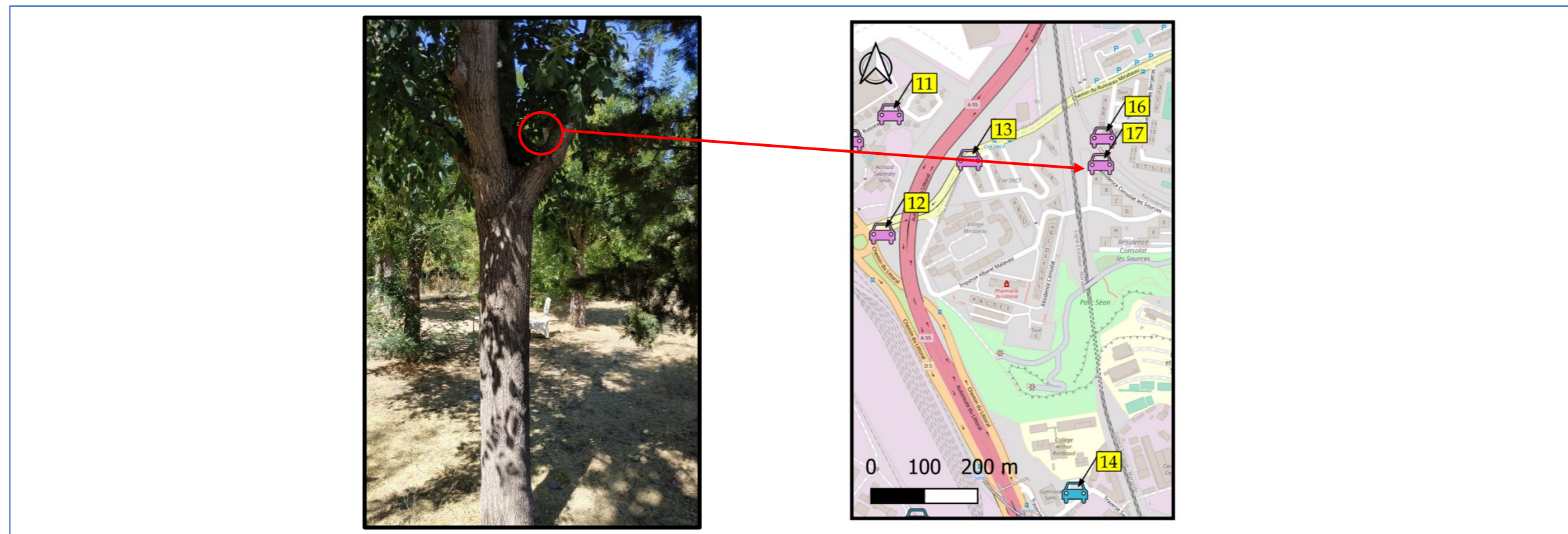


Point de mesures			17		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10		
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	890.562	Moyen de mesures	Tube passif	-	Tube passif	-		
	Y	6252.829	Code capteur PASSAM	160	-	398	-		
Adresse			Début de la mesure	28/07/2020 13:05	-	18/01/2021 11:25	-		
			Fin de la mesure	25/08/2020 11:50	-	15/02/2021 11:30	-		
Type de site et influence			Durée de la mesure (heures)	670,8	-	672,1	-		
			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-		
Polluants mesurés			Concentration en µg/m ^{3**}	43,7	-	29,4	-		
Transects distance à la voie (m)			Observations	-	-	-	-		

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

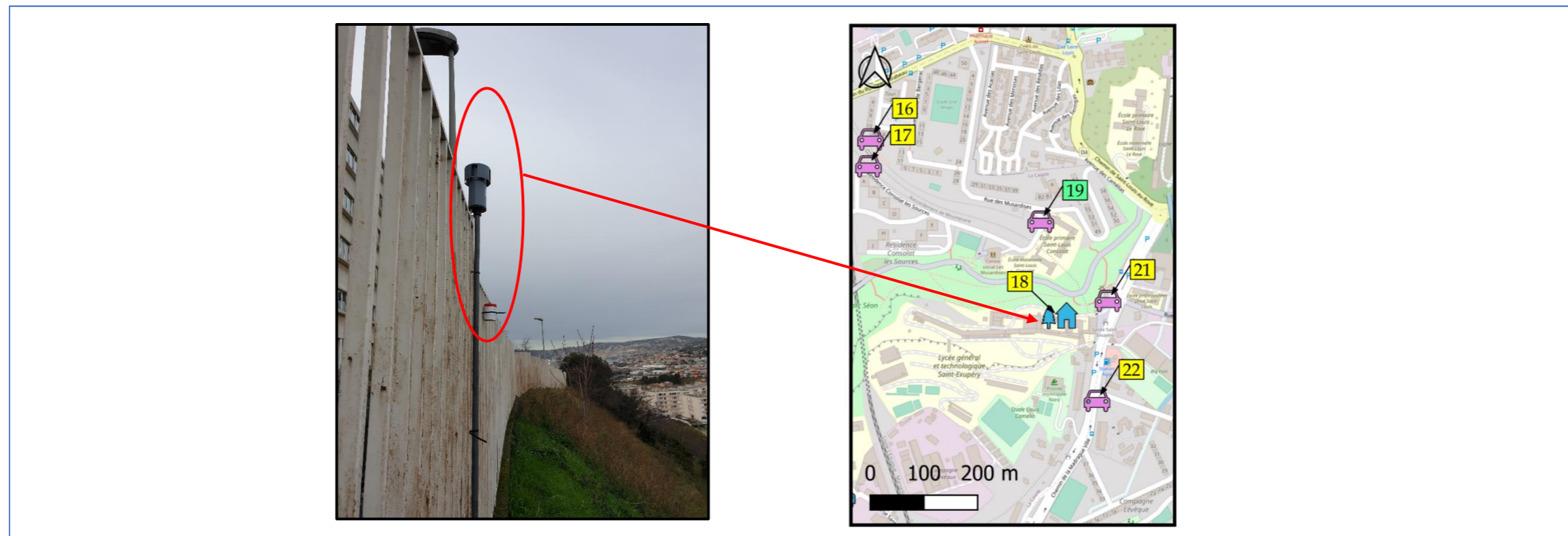


Point de mesures			18		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10		
			Moyen de mesures	Tube passif	Capteur passif	Tube passif	Capteur passif		
			Code capteur PASSAM	102	8	393	30		
			Début de la mesure	28/07/2020 12:45	28/07/2020 12:45	18/01/2021 11:05	01/02/2021 11:15		
			Fin de la mesure	25/08/2020 11:30	11/08/2020 10:40	15/02/2021 11:15	15/02/2021 11:15		
			Durée de la mesure (heures)	670,8	333,9	672,2	336,0		
			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	PASSAM	PASSAM	PASSAM		
			Concentration en µg/m ³ **	42,2	34,3	29,2	46,5		
			Observations	échantillonneur contaminé (saleté)	-	-	-		
			Type de site et influence	Périurbain Fond					
			Polluants mesurés	NO ₂ + PM10					
			Transects distance à la voie (m)	-					

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

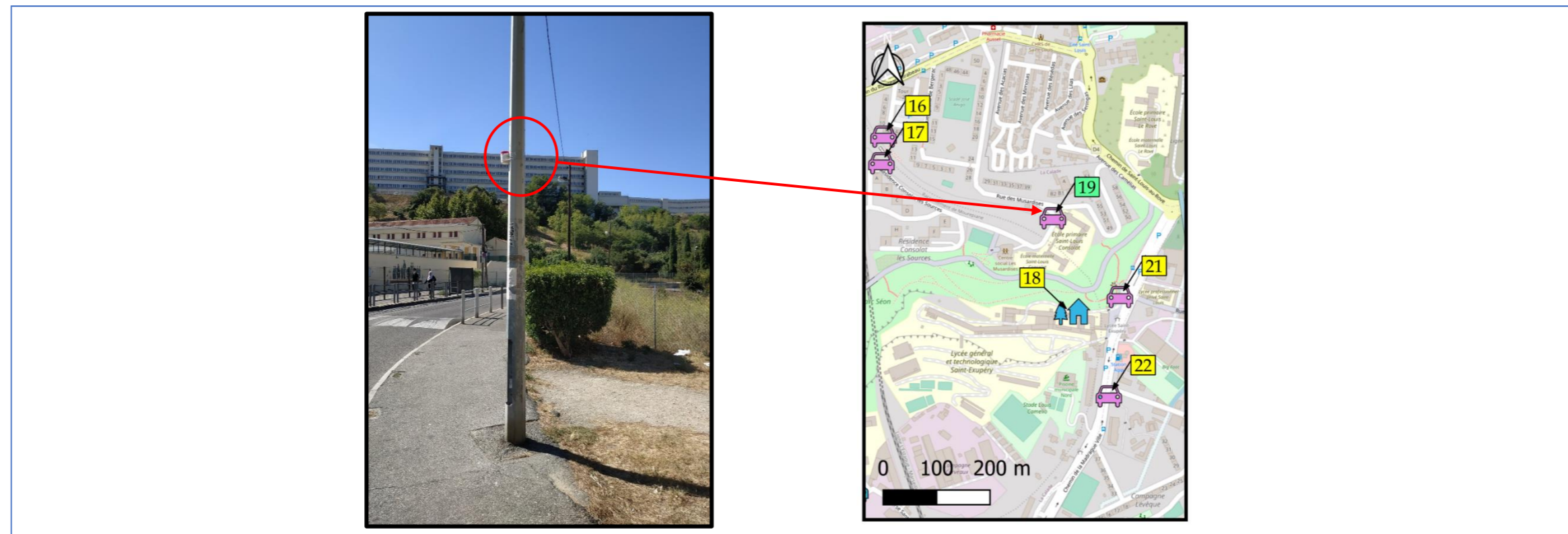


Point de mesures			19		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10		
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	890.886	Moyen de mesures	Tube passif	-	Tube passif	-		
	Y	6252.736	Code capteur PASSAM	10 / 196 // 117	-	351/390//369	-		
Adresse Résidence Consolat-Mirabeau, 13015 Marseille			Début de la mesure	28/07/2020 12:50	-	18/01/2021 11:15	-		
			Fin de la mesure	25/08/2020 11:35	-	-	-		
Type de site et influence Urbain Trafic			Durée de la mesure (heures)	670,8	-	-	-		
			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	-	-		
Polluants mesurés			Concentration en µg/m ^{3**}	44,2 / 45,0 // <0,3	-	-	-		
Transects distance à la voie (m)			Observations	-	-	dérobé	-		

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

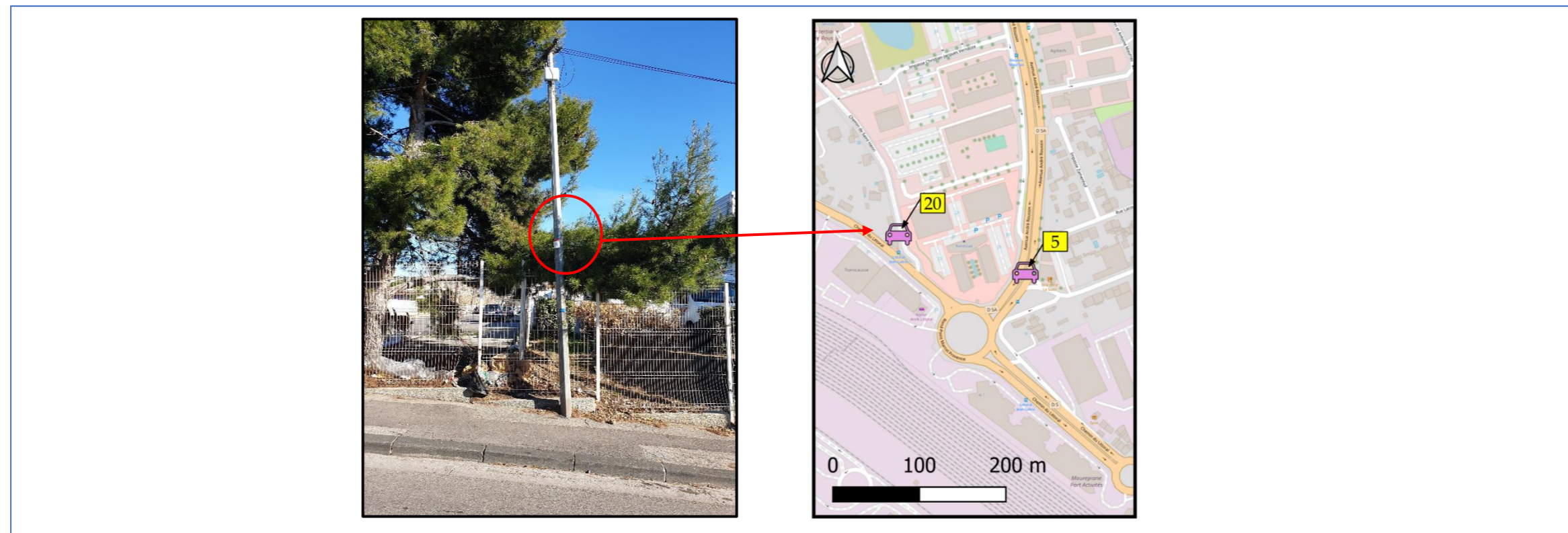


Point de mesures			20		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé		NO ₂	PM10	NO ₂	PM10	
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	889.48	Moyen de mesures		Tube passif	-	Tube passif	-	
	Y	6253.354	Code capteur PASSAM		106	-	386	-	
Adresse			Début de la mesure		28/07/2020 09:00	-	18/01/2021 13:30	-	
			Fin de la mesure		25/08/2020 13:00	-	15/02/2021 13:55	-	
Type de site et influence			Durée de la mesure (heures)		676,0	-	672,4	-	
			Laboratoire d'analyse*		PASSAM	-	PASSAM	-	
Polluants mesurés			Concentration en µg/m ³ **		43,3	-	30,8	-	
Transects distance à la voie (m)			Observations		-	-	-	-	

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

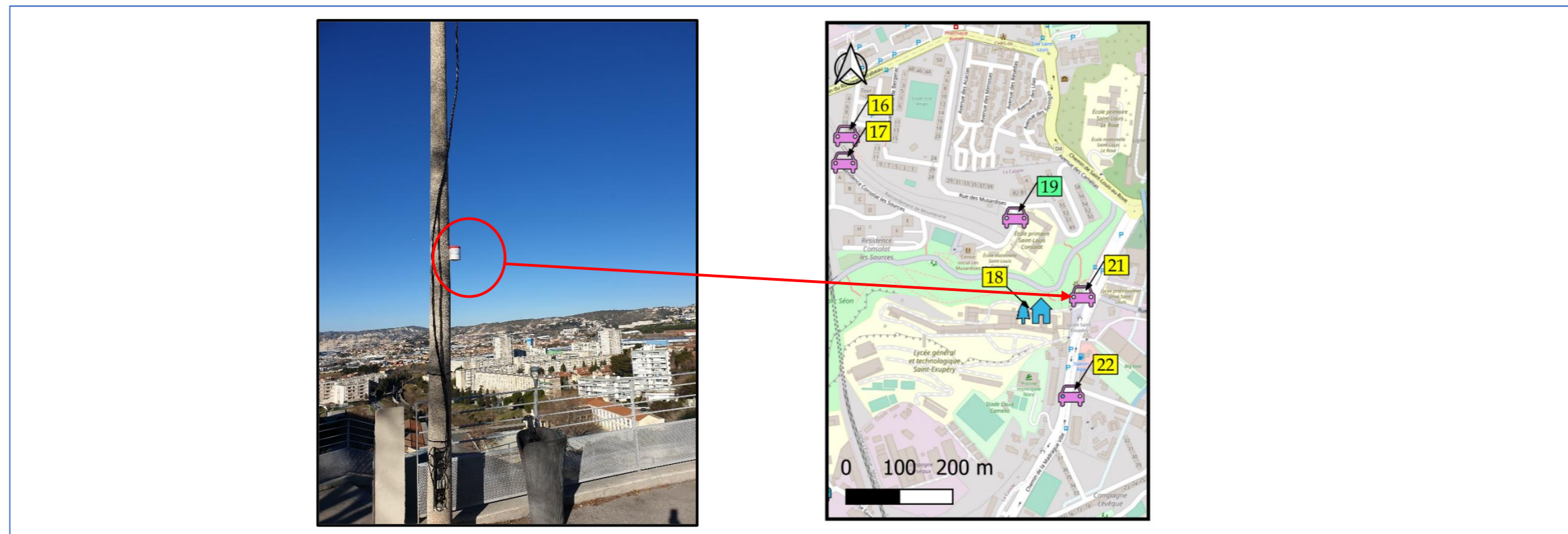


Point de mesures			21		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé		NO ₂	PM10	NO ₂	PM10	
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	891.016	Moyen de mesures		Tube passif	-	Tube passif	-	
	Y	6252.592	Code capteur PASSAM		128	-	373	-	
Adresse			Début de la mesure		28/07/2020 12:30	-	18/01/2021 11:00	-	
			Fin de la mesure		25/08/2020 11:25	-	15/02/2021 11:15	-	
Type de site et influence			Durée de la mesure (heures)		670,9	-	672,3	-	
			Laboratoire d'analyse*		PASSAM	-	PASSAM	-	
Polluants mesurés			Concentration en µg/m ³ **		43,5	-	34,6	-	
Transects distance à la voie (m)			Observations		-	-	-	-	

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

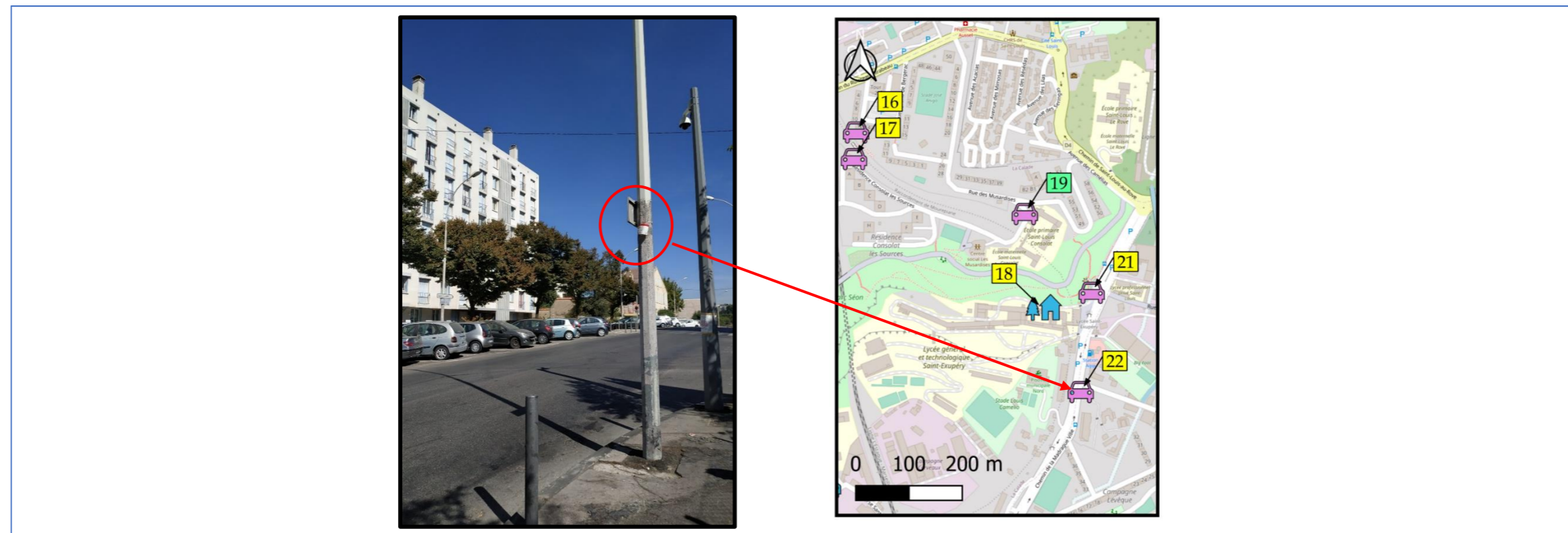


Point de mesures			22		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10		
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	891.001	Moyen de mesures	Tube passif	-	Tube passif	-		
	Y	6252.406	Code capteur PASSAM	94	-	380	-		
Adresse Le CANA, 514, Chemin de la Madrague Ville, La Calade, 13015 Marseille			Début de la mesure	28/07/2020 12:25	-	18/01/2021 10:50	-		
			Fin de la mesure	25/08/2020 11:20	-	15/02/2021 11:05	-		
Type de site et influence Urbain Trafic			Durée de la mesure (heures)	670,9	-	672,3	-		
			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-		
Polluants mesurés			NO ₂	48,5	-	39,5	-		
Transects distance à la voie (m)			-	-	-	-	-		
			Observations	-	-	-	-		

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

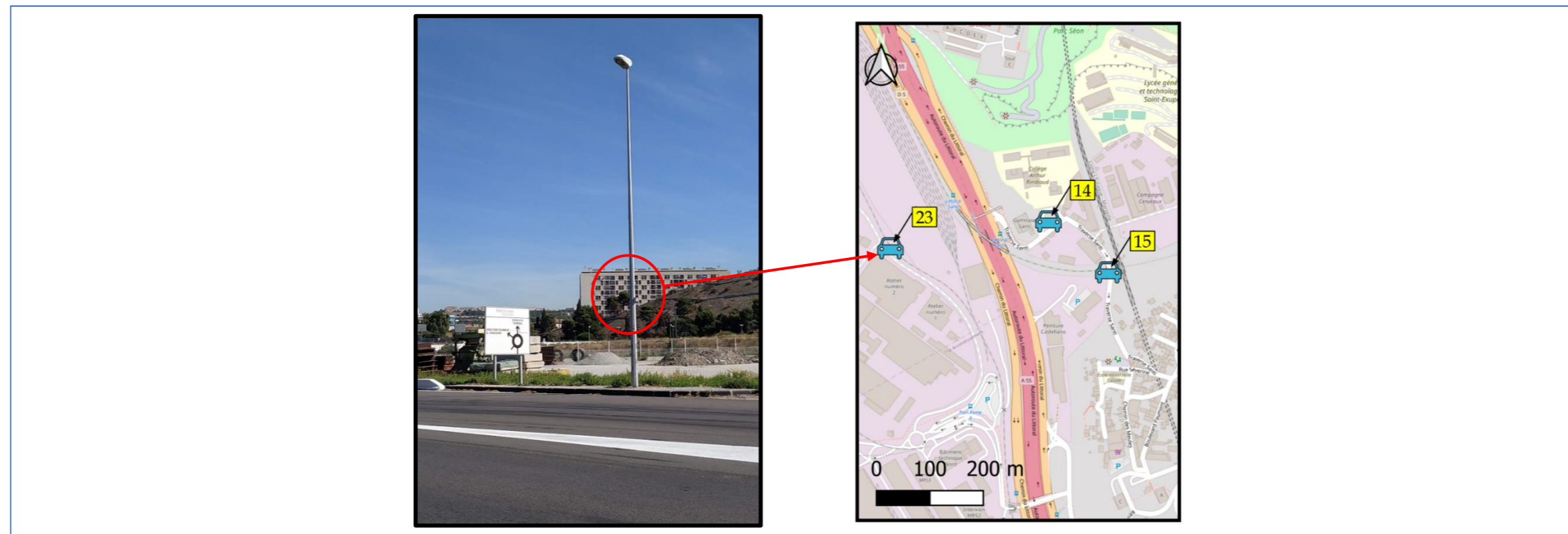


Point de mesures			23		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10		
Coordonnées Lambert 93 (km)			X	890.237	Moyen de mesures	Tube passif	-	Tube passif	-
			Y	6252.155	Code capteur PASSAM	46	-	383	-
Adresse			Atelier numéro 2, Chemin du Littoral, Saint-André, 13016 Marseille		Début de la mesure	28/07/2020 10:55	-	18/01/2021 10:15	-
Type de site et influence			Périurbain Trafic		Fin de la mesure	25/08/2020 10:50	-	15/02/2021 10:05	-
Polluants mesurés			NO ₂		Durée de la mesure (heures)	671,9	-	671,8	-
Transects distance à la voie (m)			-		Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
					Concentration en µg/m ^{3**}	45,8	-	39,1	-
					Observations	-	-	-	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

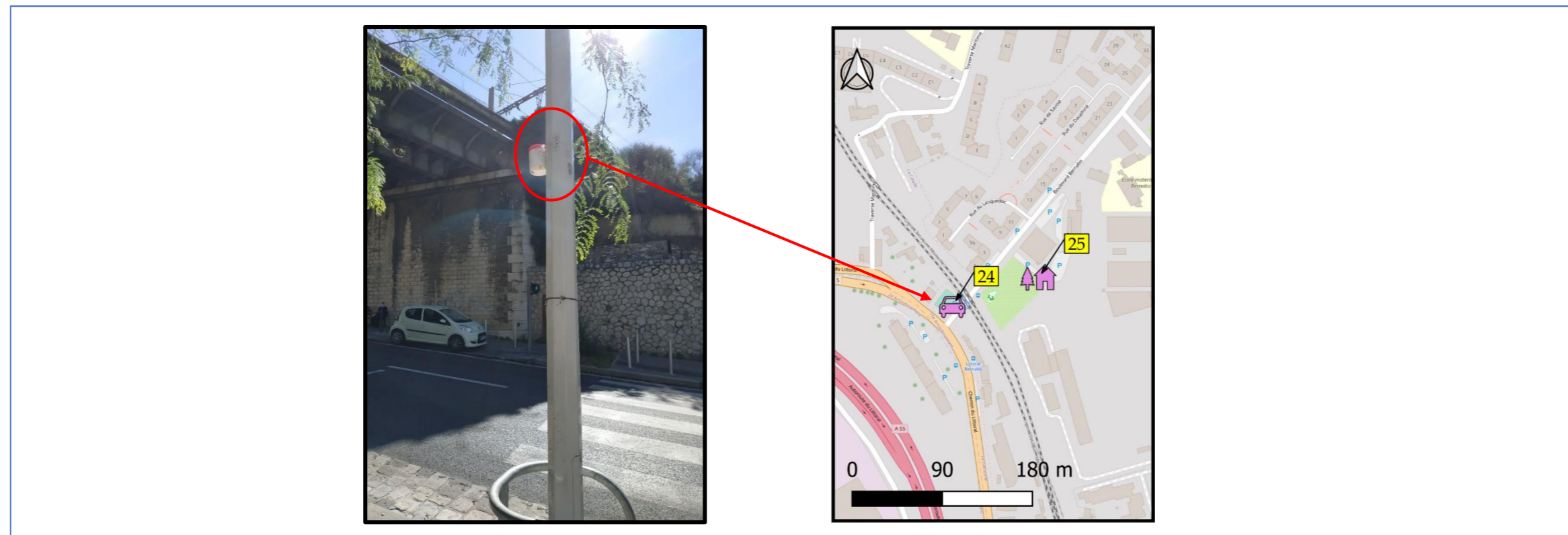


Point de mesures			24		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10		
Coordonnées Lambert 93 (km)	X	891.005	Moyen de mesures	Tube passif	-	Tube passif	-		
	Y	6251.402	Code capteur PASSAM	142	-	378	-		
Adresse Jardin Bernabo, Boulevard Bernabo, La Cabucelle, 13015 Marseille			Début de la mesure	28/07/2020 13:25	-	18/01/2021 10:20	-		
			Fin de la mesure	25/08/2020 11:00	-	15/02/2021 10:45	-		
Type de site et influence Urbain Trafic			Durée de la mesure (heures)	669,6	-	672,4	-		
			Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-		
Polluants mesurés			Concentration en µg/m ³ **	59,7	-	59,6	-		
Transects distance à la voie (m)			Observations	-	-	-	-		

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site

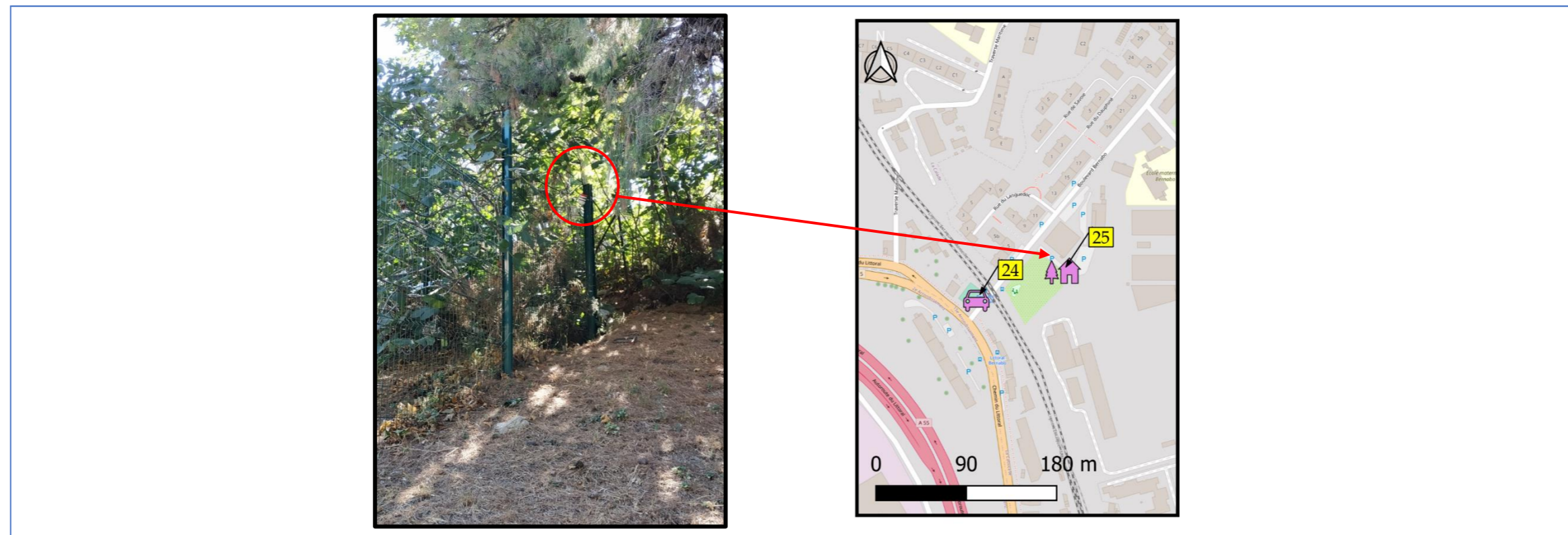


Point de mesures			25		Résultats	Campagne estivale		Campagne hivernale	
Position			Composé	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10		
Coordonnées Lambert 93 (km)			X	891.09	Moyen de mesures	Tube passif	-	Tube passif	-
			Y	6251.432	Code capteur PASSAM	111	-	368	-
Adresse			Jardin Bernabo, Boulevard Bernabo, La Cabucelle, 13015 Marseille		Début de la mesure	28/07/2020 13:30	-	18/01/2021 10:25	-
Type de site et influence			Urbain Fond		Fin de la mesure	25/08/2020 10:55	-	15/02/2021 10:50	-
Polluants mesurés			NO ₂		Durée de la mesure (heures)	669,4	-	672,4	-
Transects distance à la voie (m)			-		Laboratoire d'analyse*	PASSAM	-	PASSAM	-
					Concentration en µg/m ^{3**}	9,3	-	35,1	-
					Observations	échantillonneur contaminé (araignée)	-	échantillonneur contaminé (toile d'araignée)	-

* Adresse(s) laboratoire(s) d'analyses : PASSAM : Passam AG ; Schellenstrasse 44, CH-8708 Männedorf - SUISSE

** Concentration brute, avant correction selon facteur correctif pour le dioxyde d'azote (ADEME 2002)

/ : Doublet - // : Blanc de site



XIX.4. Résultats du laboratoire PASSAM

Rapport d'essai mesure de la pollution de l'air

passam ag

air quality monitoring

NO₂ Mesure du dioxyde d'azote par un échantillonneur passif

informations client	échantillonneurs passifs	analyse	rapport de test
client: CIA, Marseille	date de réception: 05.09.2020	méthode: SP01 photomètre, Salzm ann	créé le: 11.09.2020
ID client: FCH	type: tube (Palms)	analyte: NO ₂	créé par: K. Bodei
contact: Pierre-Yves Nadeau	polluant: NO ₂	date: 09.09.2020	vérifié le: 11.09.2020
projet: GPMM MOUREPIANE - CIA	taux d'échantillonnage: 0,8536 [ml/min]	lieu: passam ag	vérifié par: S. Huber
référence:	filtre de protection: non		nom de fichier: FCH012010
			pages: 2



notes: s'applique à l'échantillon tel que reçu; informations sur l'incertitude de mesure et la limite de détection, voir fiche technique: www.passam.ch; concentration calculée en supposant: T = 9°C; p = 1013 hPa; cette méthode est accréditée selon ISO 17025

site de mesure	échantillonneur passif		période de mesure				temps d'expo. [h]	mesure			résultat		Commentaire sur l'analyse
	ID	lot no.	début		fin			blanc [ABS]	dilution	valeur [ABS]	m analyte/sampler [ug]	C NO ₂ [ug/m ³]	
1	89	43822	28/07/2020	09:30	25/08/2020	13:15	675,8	0,002	1:2	0,474	2,10	60,7	
2	98	43822	28/07/2020	09:20	25/08/2020	13:10	675,8	0,002	1:2	0,296	1,31	37,9	
3	148	43822	28/07/2020	09:15	25/08/2020	13:05	675,8	0,002	1:2	0,290	1,28	37,1	
4	149	43822	28/07/2020	10:25	25/08/2020	10:30	672,1	0,002	1:2	0,297	1,32	38,2	
5	123	43822	28/07/2020	09:07	25/08/2020	12:55	675,8	0,002	1:2	0,473	2,10	60,6	
6	181	43822	28/07/2020	10:30	25/08/2020	10:35	672,1	0,002	1:2	0,336	1,49	43,3	
7	191	43822	28/07/2020	10:45	11/08/2020	11:45	337,0	0,002	1:2	0,215	0,95	55,1	
7	76	43822	11/08/2020	11:45	25/08/2020	10:45	335,0	0,002	1:2	0,175	0,77	45,1	
8	195	43822	28/07/2020	11:40	25/08/2020	12:40	673,0	0,002	1:2	0,305	1,35	39,2	
9	189	43822	28/07/2020	11:10	25/08/2020	12:25	673,3	0,002	1:2	0,452	2,00	58,1	échantillonneur contaminé (toile d'araignée)
10	11	43822	28/07/2020	11:15	25/08/2020	12:30	673,3	0,002	1:2	0,419	1,86	53,9	
11	59	43822	28/07/2020	11:20	25/08/2020	12:35	673,3	0,002	1:2	0,265	1,17	34,0	
12	166	43822	28/07/2020	11:50	25/08/2020	12:20	672,5	0,002	1:2	0,496	2,20	63,9	
13	114	43822	28/07/2020	11:55	25/08/2020	12:00	672,1	0,002	1:2	0,502	2,23	64,7	
14	180	43822	28/07/2020	12:10	25/08/2020	12:10	672,0	0,002	1:2	0,388	1,72	50,0	
15	167	43822	28/07/2020	12:15	25/08/2020	12:15	672,0	0,002	1:2	0,324	1,44	41,7	
16	52	43822	28/07/2020	13:10	25/08/2020	11:50	670,7	0,002	1:2	0,330	1,46	42,6	
17	160	43822	28/07/2020	13:05	25/08/2020	11:50	670,8	0,002	1:2	0,339	1,50	43,7	
18	102	43822	28/07/2020	12:45	25/08/2020	11:30	670,8	0,002	1:2	0,327	1,45	42,2	échantillonneur contaminé (saleté)
19	10	43822	28/07/2020	12:50	25/08/2020	11:35	670,8	0,002	1:2	0,343	1,52	44,2	
19	196	43822	28/07/2020	12:50	25/08/2020	11:35	670,8	0,002	1:2	0,349	1,55	45,0	
19	117	43822	28/07/2020	12:50	25/08/2020	11:35	670,8	0,002	1	0,004	< 0,01	< 0,3	blanc
20	FCH 106	43822	28/07/2020	09:00	25/08/2020	13:00	676,0	0,002	1:2	0,338	1,50	43,3	
21	128	43822	28/07/2020	12:30	25/08/2020	11:25	670,9	0,002	1:2	0,337	1,49	43,5	
22	94	43822	28/07/2020	12:25	25/08/2020	11:20	670,9	0,002	1:2	0,376	1,67	48,5	
23	46	43822	28/07/2020	10:55	25/08/2020	10:50	671,9	0,002	1:2	0,356	1,58	45,8	
24	142	43822	28/07/2020	13:25	25/08/2020	11:00	669,6	0,002	1:2	0,462	2,05	59,7	
25	111	43822	28/07/2020	13:30	25/08/2020	10:55	669,4	0,002	1	0,145	0,32	9,3	échantillonneur contaminé (araignée)

Figure 105 : Résultats des prélèvements passifs de NO₂ – bruts avant correction – Laboratoire PASSAM – Campagne de mesures estivale 2020

Rapport d'essai mesure de la pollution de l'air

passam ag

air quality monitoring

NO2 Mesure du dioxyde d'azote par un échantillonneur passif

informations client

client: CIA, Marseille
ID client: FCH
contact: Pierre-Yves Nadeau
projet: GPMM CIA
référence:

échantillonneurs passifs

date de réception: 23.02.2021
type: tube (Palms)
polluant: NO2
limite de détection: 0.6 ug/m3 (14 jours)
aux d'échantillonnage: 0,8536 [ml/min]
filtre de protection: non

analyse

méthode: SP01 photomètre, Salzman
analyte: NO2
date: 25.02.2021
lieu: passam ag

rapport de test

créé le: 02.03.2021
créé par: K. Bodei
vérifié le: 03.03.2021
vérifié par: S. Huber
nom de fichier: FCH012105
pages: 2



notes: s'applique à l'échantillon tel que reçu; les résultats inférieurs à la limite de détection sont indiqués par "*" et la valeur associée; cette méthode est accréditée selon ISO 17025
incertitude des mesures <25%; concentration calculée en supposant: T = 9°C; p = 1013 hPa; plus d'informations sur www.passam.ch

site de mesure	échantillonneur passif		période de mesure				temps d'expo. [h]	mesure		résultat		Commentaire sur l'analyse	
	ID	lot no.	date	heure	date	heure		blanc [ABS]	dilution	m analyte/sampler [ug]	C NO2 [ug/m3]		
1	285	44103	18/01/2021	13:15	15/02/2021	14:05	672,8	0,002	1:2	0,333	1,48	42,8	
2	382	44103	18/01/2021	13:20	15/02/2021	14:00	672,7	0,002	1:2	0,223	0,99	28,6	
3	381	44103	18/01/2021	13:25	15/02/2021	14:00	672,6	0,002	1:2	0,234	1,04	30,1	
4	FCH 365	44103	18/01/2021	09:50	15/02/2021	10:10	672,3	0,002	1:2	0,245	1,08	31,5	
5	396	44103	18/01/2021	14:05	15/02/2021	12:10	670,1	0,002	1:2	0,326	1,44	42,1	
6	391	44103	18/01/2021	10:00	15/02/2021	10:15	672,3	0,002	1:2	0,229	1,01	29,4	
7	392	44103	18/01/2021	10:05	15/02/2021	10:23	672,3	0,002	1:2	0,306	1,36	39,4	
8	371	44103	18/01/2021	14:15	15/02/2021	14:20	672,1	0,002	1:2	0,232	1,03	29,8	
9	399	44103	18/01/2021	13:45	15/02/2021	11:55	670,2	0,002	1:2	0,339	1,50	43,8	
10	388	44103	18/01/2021	13:50	15/02/2021	12:00	670,2	0,002	1:2	0,291	1,29	37,6	
11	394	44103	18/01/2021	13:55	15/02/2021	12:00	670,1	0,002	1:2	0,257	1,14	33,2	
12	353	44103	18/01/2021	13:35	15/02/2021	11:50	670,3	0,002	1:2	0,367	1,63	47,4	
13	356	44103	18/01/2021	11:45	15/02/2021	11:45	672,0	0,002	1:2	0,326	1,44	42,0	
14	355	44103	18/01/2021	10:40	15/02/2021	11:00	672,3	0,002	1:2	0,272	1,20	35,0	
15	397	44103	18/01/2021	10:45	15/02/2021	11:00	672,3	0,002	1:2	0,271	1,20	34,9	
16	352	44103	18/01/2021	11:30	15/02/2021	11:35	672,1	0,002	1:2	0,219	0,97	28,1	
17	398	44103	18/01/2021	11:25	15/02/2021	11:30	672,1	0,002	1:2	0,229	1,01	29,4	
18	393	44103	18/01/2021	11:05	15/02/2021	11:15	672,2	0,002	1:2	0,227	1,00	29,2	
19	351		18/01/2021	11:15	15/02/2021		672,0						échantillonneur non reçu
19	390		18/01/2021	11:15	15/02/2021		672,0						échantillonneur non reçu
19	369		18/01/2021	11:15	15/02/2021		672,0						échantillonneur non reçu
20	386	44103	18/01/2021	13:30	15/02/2021	13:55	672,4	0,002	1:2	0,240	1,06	30,8	
21	373	44103	18/01/2021	11:00	15/02/2021	11:15	672,3	0,002	1:2	0,269	1,19	34,6	
22	380	44103	18/01/2021	10:50	15/02/2021	11:05	672,3	0,002	1:2	0,307	1,36	39,5	
23	383	44103	18/01/2021	10:15	15/02/2021	10:05	671,8	0,002	1:2	0,304	1,35	39,1	
24	378	44103	18/01/2021	10:20	15/02/2021	10:45	672,4	0,002	1:2	0,463	2,05	59,6	
25	368	44103	18/01/2021	10:25	15/02/2021	10:50	672,4	0,002	1:2	0,273	1,21	35,1	échantillonneur contaminé (toile d'araignée)

Figure 106 : Résultats des prélèvements passifs de NO₂ – bruts avant correction – Laboratoire PASSAM – Campagne de mesures hivernale 2021

Mesure de particules avec échantillonneur passif SIGMA-2

passam ag

air quality monitoring

PM Mesure de particules avec échantillonneur passif SIGMA-2

informations client

ID client: FCH
projet: GPMM MOURE PIANE
référence:

échantillonneurs passifs

date de réception: 08.09.2020
type: SIGMA-2
polluant: PM

analyse

méthode: SP27 microscopie optique
date: 21.09.2020

rapport de test

créé le: 21.09.2020
nom de fichier: FCH SP27 6-8
pages: 1

notes: s'applique à l'échantillon tel que reçu; la taille des particules se réfère aux diamètres géométriques;
pour plus d'informations sur l'incertitude de mesure et la limite de détection, voir la fiche technique: www.passam.ch

site de mesure	échantillon ID	période de mesure			résultat											remarque
		début		temps d'expo. h	Particules SOMBRE S: conc. [ug/m3] donnée pour les classes de taille de particules [um]					Particules BRILLANT: conc. [ug/m3] donnée pour les classes de taille de particules [um]					PM10 [ug/m3] modélée	
		date	heure		2.5 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 80	2.5 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 80		
1	FCH 6	28/07/2020	09:30	337,6	1,6	2,1	3,5	3,2	0,6	6,3	6,4	5,9	2,8	1,9	38,2	
7	FCH 7	28/07/2020	10:45	337,0	1,8	2,1	3,9	2,7	2,1	8,0	8,9	9,3	4,6	3,1	45,4	
18	FCH 8	28/07/2020	12:45	333,9	0,9	1,1	1,5	1,2	1,0	6,8	8,8	9,5	4,4	2,1	34,3	

Figure 107 : Résultats des prélèvements passifs de particules PM10 – Laboratoire PASSAM – Campagne de mesures estivale 2020

Mesure de particules avec échantillonneur passif SIGMA-2

passam ag

air quality monitoring

PM Mesure de particules avec échantillonneur passif SIGMA-2

informations client

ID client: FCH
projet: GPMM CIA
référence:

échantillonneurs passifs

date de réception: 02.03.2021
type: SIGMA-2
polluant: PM

analyse

méthode: SP27 microscopie optique
date: 08.03.2021

rapport de test

créé le: 08.03.2021
nom de fichier: FCH SP27 30-32
pages: 1

notes: s'applique à l'échantillon tel que reçu; la taille des particules se réfère aux diamètres géométriques;
pour plus d'informations sur l'incertitude de mesure et la limite de détection, voir la fiche technique: www.passam.ch

site de mesure	échantillon ID	période de mesure			résultat											remarque
		début		temps d'expo. h	Particules SOMBRE S: conc. [ug/m3] donnée pour les classes de taille de particules [um]					Particules BRILLANT: conc. [ug/m3] donnée pour les classes de taille de particules [um]					PM10 [ug/m3] modélée	
		date	heure		2.5 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 80	2.5 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 80		
18	FCH 30	01/02/2021	11:15	336,0	1,0	1,4	1,7	1,1	0,3	10,8	8,1	6,4	3,9	0,6	46,5	
1	FCH 31	01/02/2021	10:45	339,3	1,5	1,5	3,2	1,9	1,1	7,8	5,4	4,7	2,6	0,3	40,5	
7	FCH 32	01/02/2021	10:05	336,3	2,1	3,1	5,1	4,4	2,5	11,9	7,9	6,9	5,0	2,0	60,5	

Figure 108 : Résultats des prélèvements passifs de particules PM10 – Laboratoire PASSAM – Campagne de mesures hivernale 2021

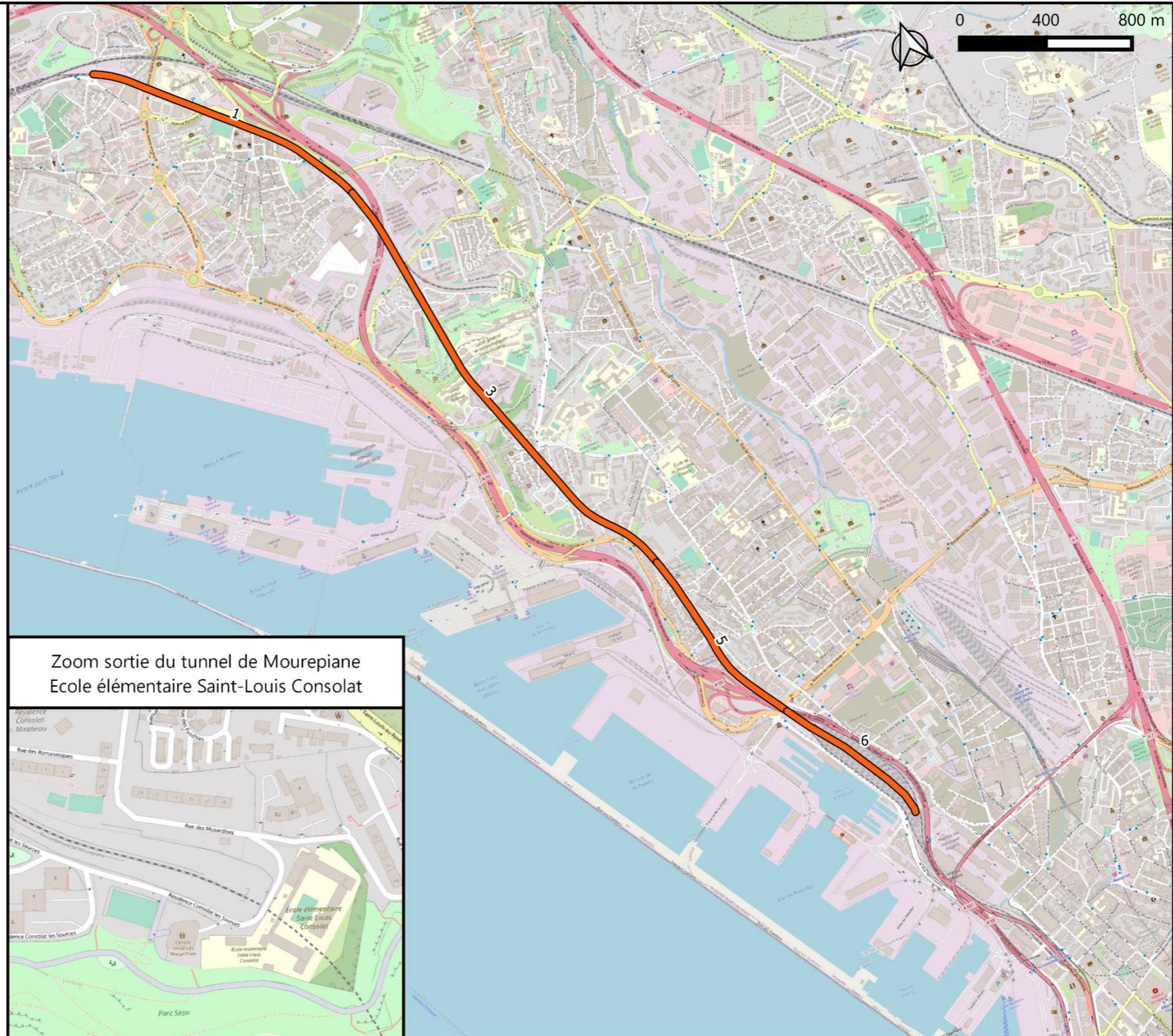
XX. ANNEXE : DONNÉES DE TRAFIC FERROVIAIRES FOURNIES

Tableau 73 : Brins ferroviaires, trajets et nombre de trains thermiques et électriques par jour – Données SNCF v10.1

N° brin	Longueur du brin (km)	Trajet									Nombre de frets par jour									
											Situation actuelle		Situation de référence		Situation de projet		Situation de référence		Situation de projet	
		2021		2026				2046												
		Electrique	Thermique	Electrique	Thermique	Electrique	Thermique	Electrique	Thermique	Electrique	Thermique	Electrique	Thermique							
1	1,3	X	X					X			8	2	2,5	2	8,1	2	2,8	2	13,6	2
2	1,7							X	X		0	0	0	0	7,1	7,1	0	0	12,6	12,6
3	2,3	X	X								8	2	2,5	2	1	2	2,8	2	1	2
5	0,9	X									1	2	2,5	2	1	2	2,8	2	1	2
6	0,8	X		X							1	7,6	2,5	2	1	2	2,8	2	1	2
7	0,4										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0,9		X								7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0,8			X							0	5,6	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,8			X		X				X	0	5,6	0	3	0	9,6	0	4	0	24
11	0,4			X		X	X			X	0	5,6	0	3	0	28,4	0	4	0	50,4
12	0,4			X		X	X				0	5,6	0	3	0	18,8	0	4	0	26,4
13	0,8							X		X	0	0	0	0	7,1	9,6	0	0	12,6	24
14	0,3						X	X		X	0	0	0	0	7,1	28,4	0	0	12,6	50,4
20	1,3		X	X							7	5,6	0	0	0	0	0	0	0	0
100	1,1			X	X	X				X	0	13,9	0	11,3	0	17,6	0	12	0	32
200	0,8							X			0	0	0	0	7,1	0	0	0	12,6	0
1000	0,5			X	X	X					0	13,9	0	11,3	0	8	0	12	0	8
10000	0,4										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1,1			X							0	5,6	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0,1			X		X				X	0	5,6	0	3	0	9,6	0	4	0	24
3000	1									X	0	0	0	0	0	9,6	0	0	0	24
101	0,6			X	X	X				X	0	13,9	0	11,3	0	17,6	0	12	0	32

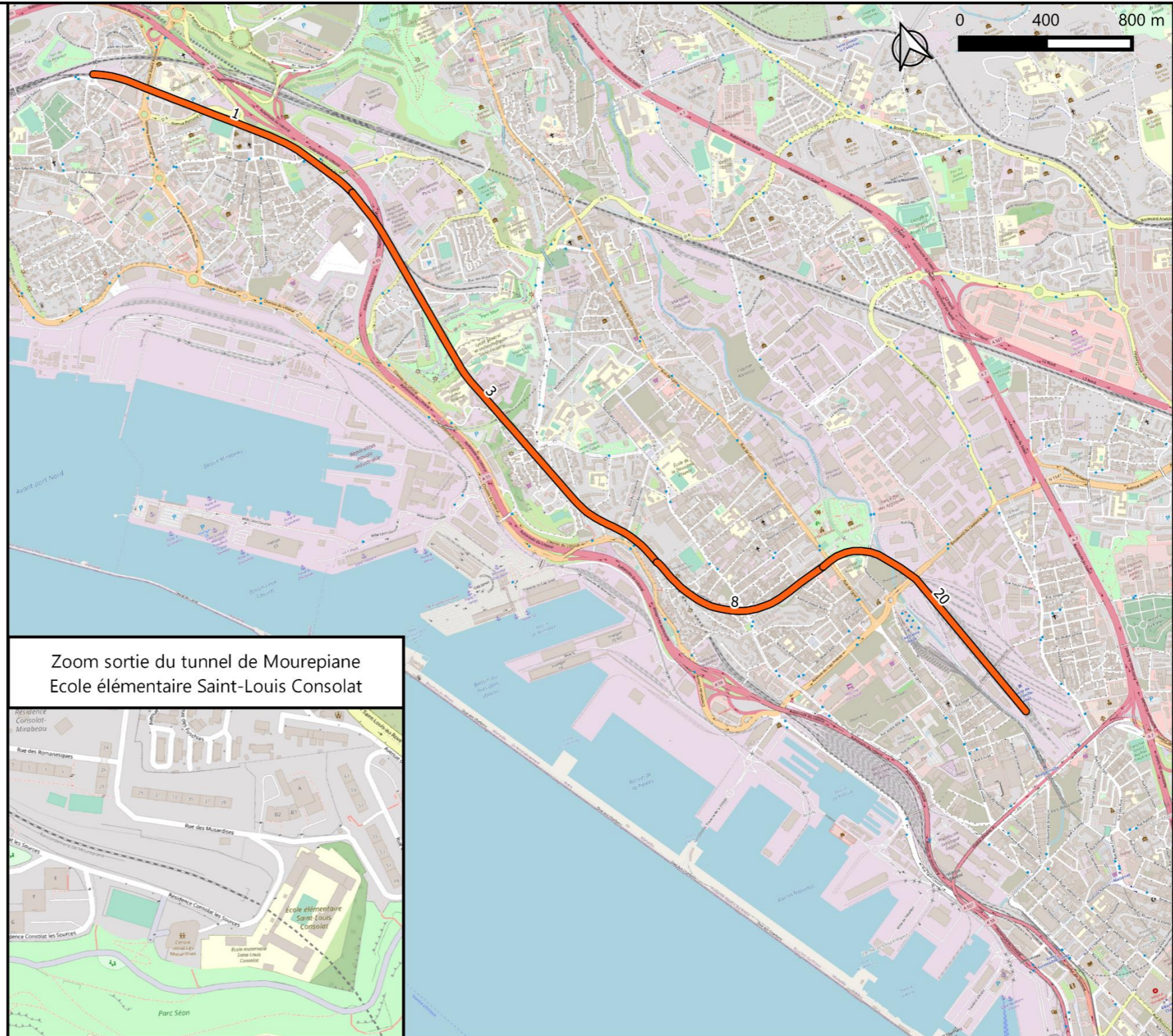
Brins ferroviaires empruntés
 Numéro du brin à relier au tableau de trafic ferroviaire
 en annexe

 SNCFR St André/ Arenc



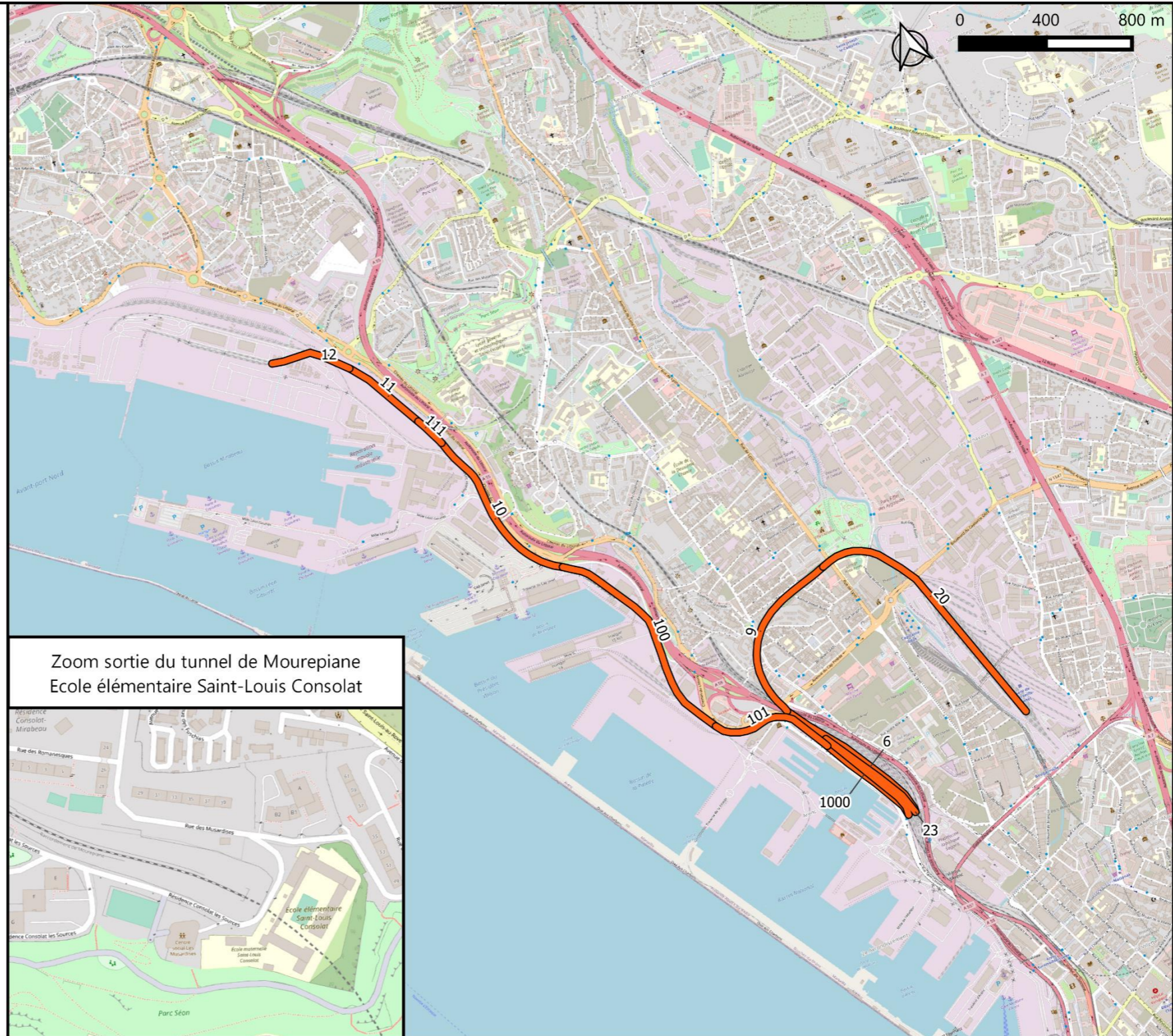
Brins ferroviaires empruntés
 Numéro du brin à relier au tableau de trafic ferroviaire
 en annexe

 SNCFR St André/ Canet



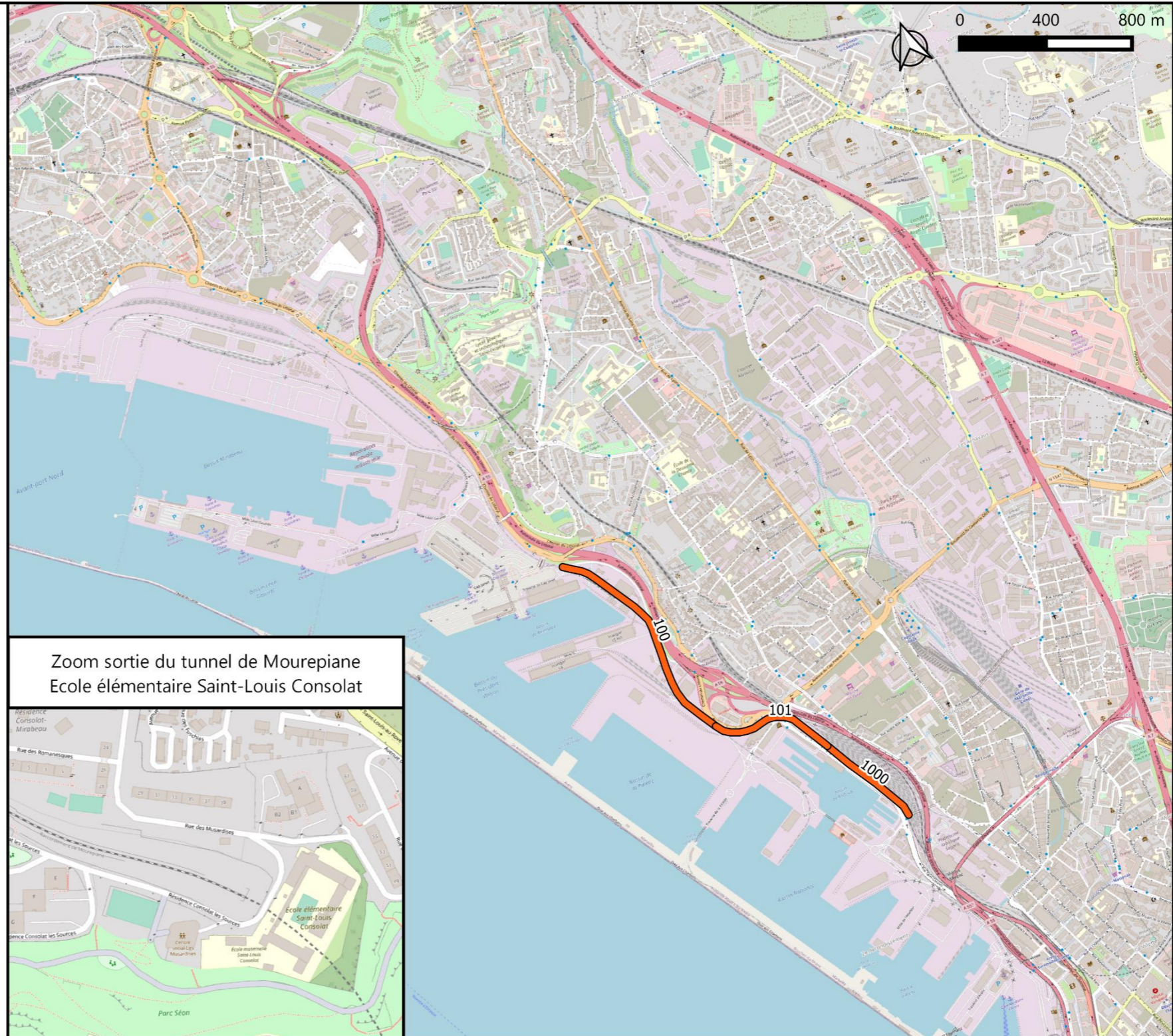
Brins ferroviaires empruntés
 Numéro du brin à relier au tableau de trafic ferroviaire
 en annexe

 GPMM Canet /MET



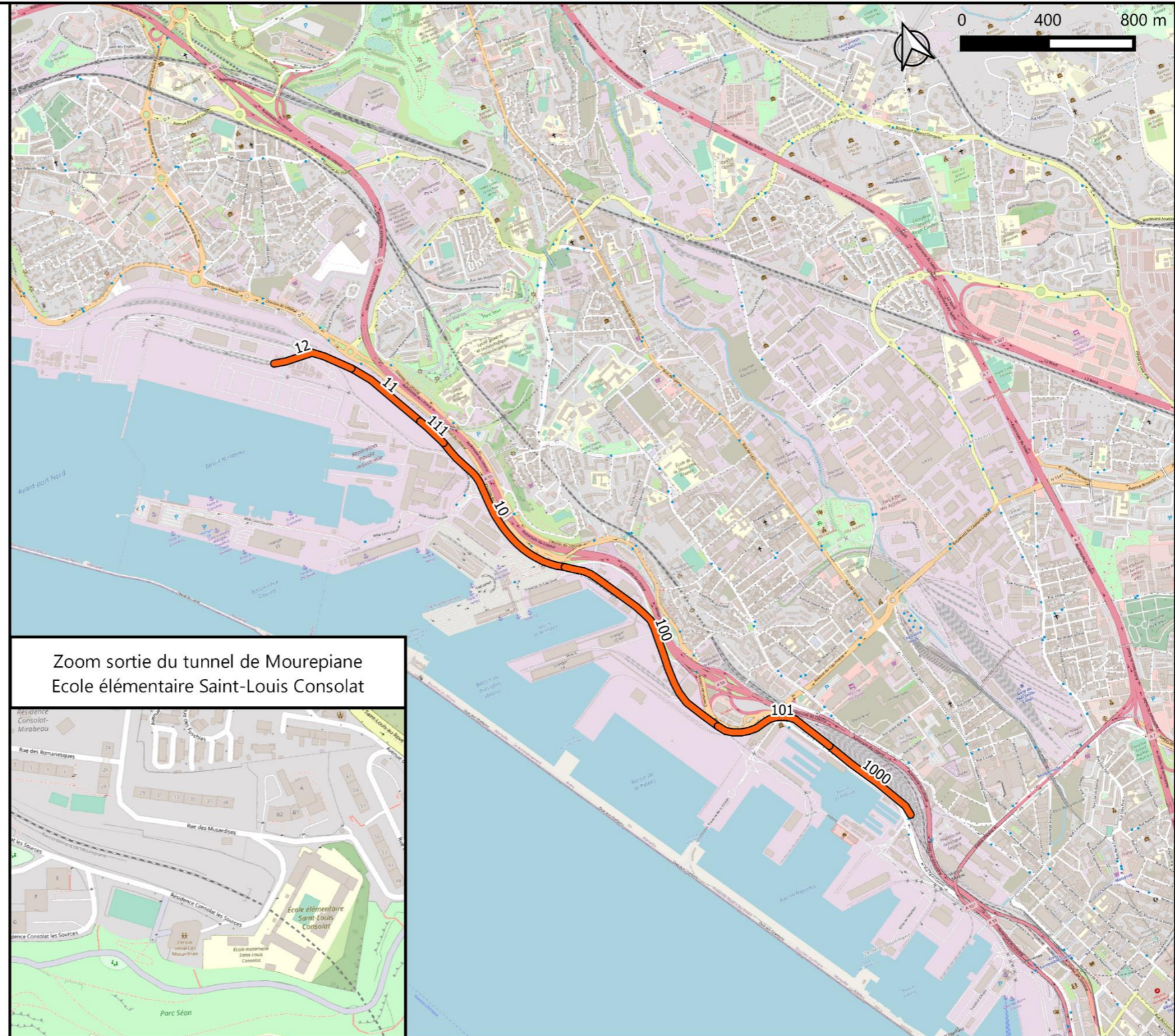
Brins ferroviaires empruntés
 Numéro du brin à relier au tableau de trafic ferroviaire
 en annexe

 GPMM Arenc/ poste 14



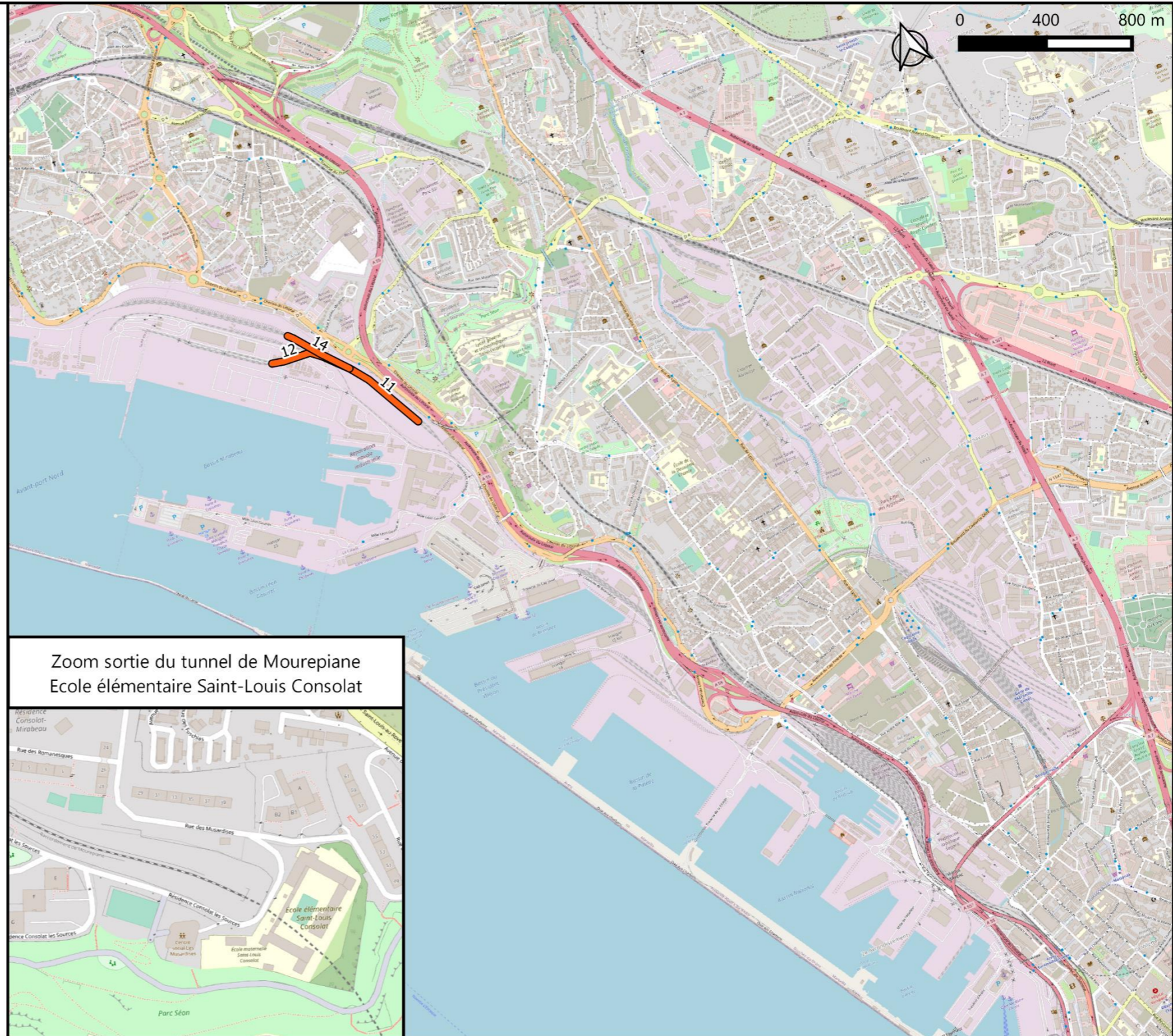
Brins ferroviaires empruntés
 Numéro du brin à relier au tableau de trafic ferroviaire
 en annexe

 GPMM Arenc /MET



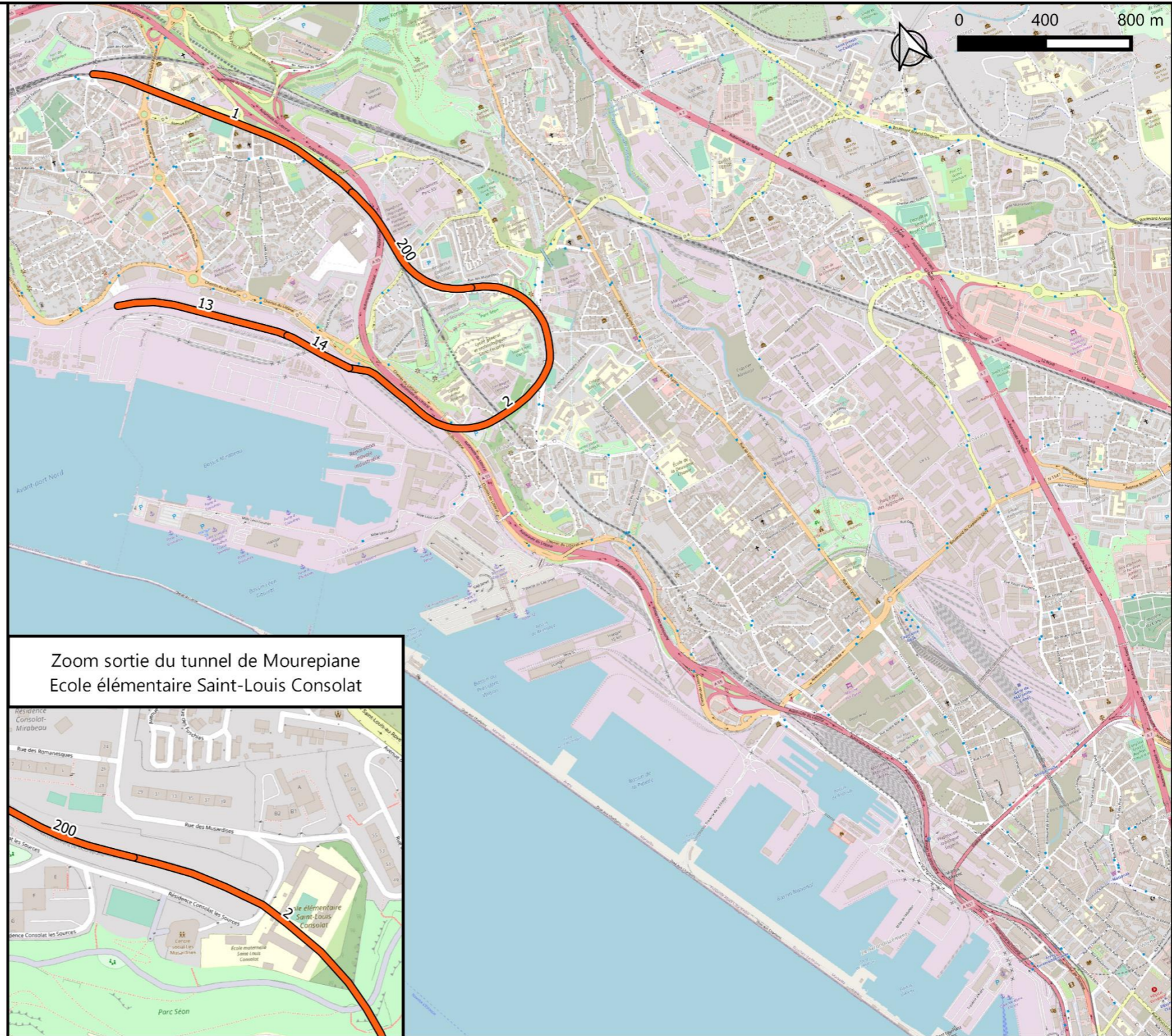
Brins ferroviaires empruntés
 Numéro du brin à relier au tableau de trafic ferroviaire
 en annexe

 GPMM Mourepiane MET



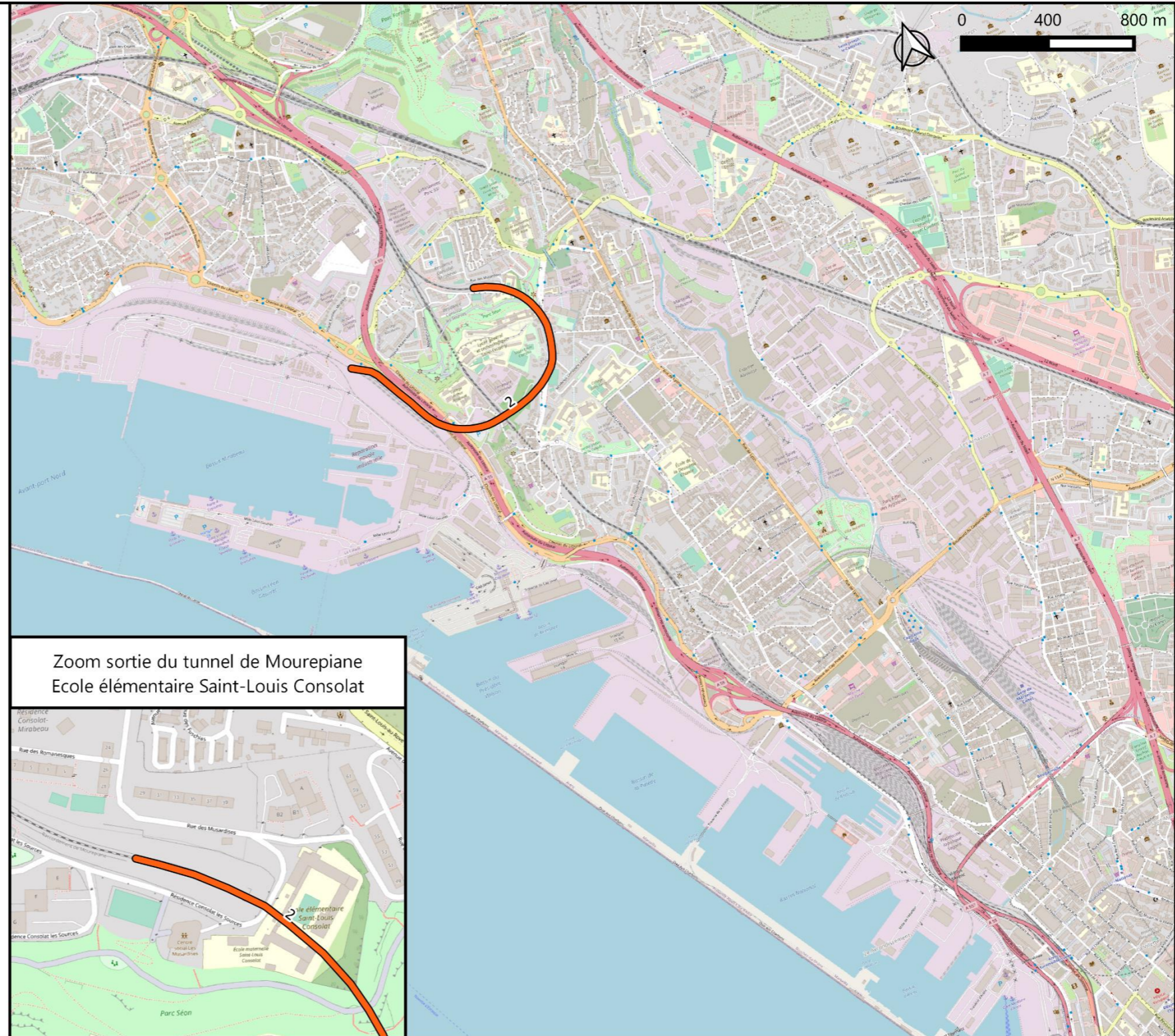
Brins ferroviaires empruntés
 Numéro du brin à relier au tableau de trafic ferroviaire
 en annexe

 SNCFR St André/ Mourepiane




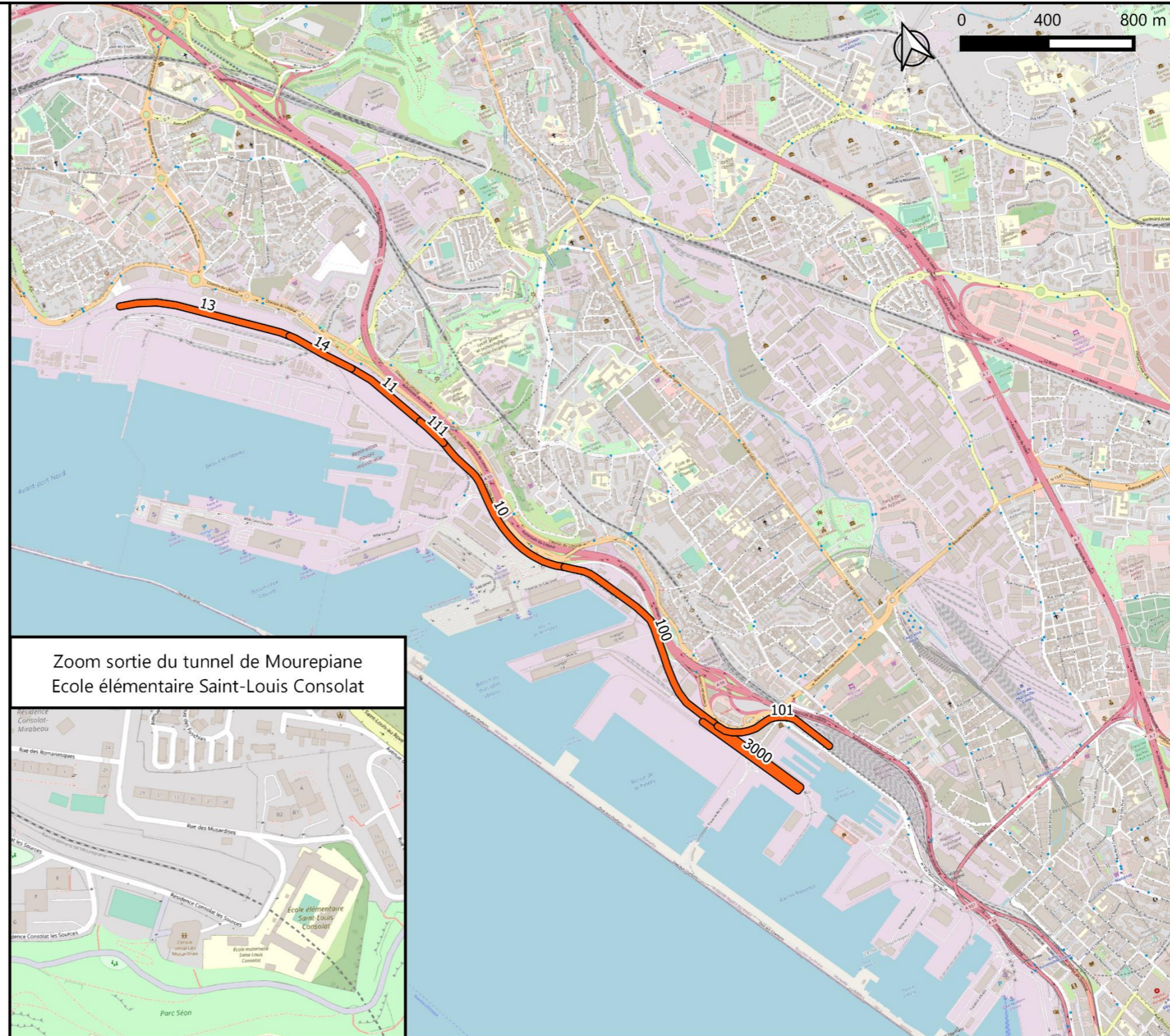
Brins ferroviaires empruntés
 Numéro du brin à relier au tableau de trafic ferroviaire
 en annexe

 Pousse sortie



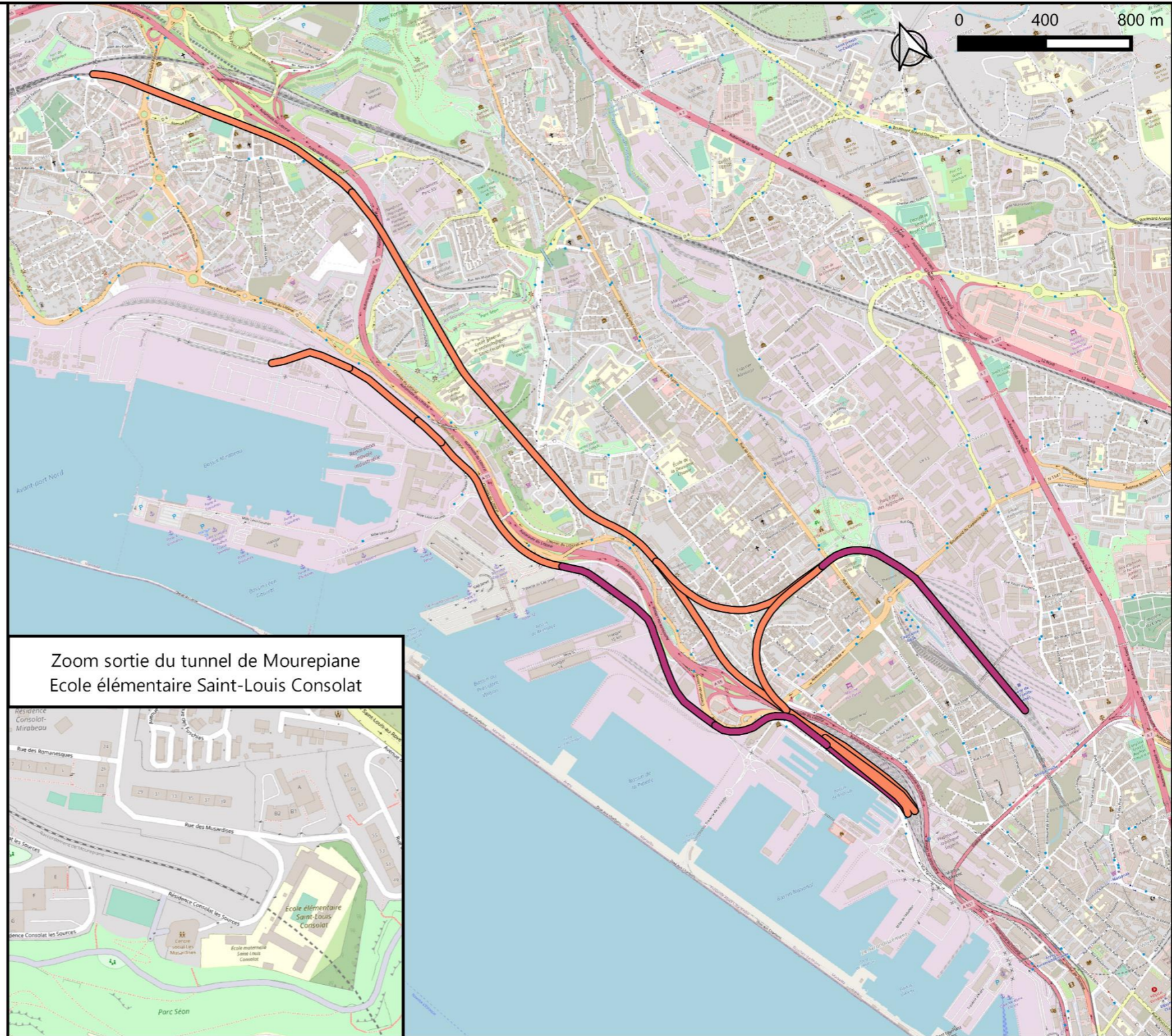
Brins ferroviaires empruntés
 Numéro du brin à relier au tableau de trafic ferroviaire
 en annexe

 GPM TPN/ faisceau Mourepiane



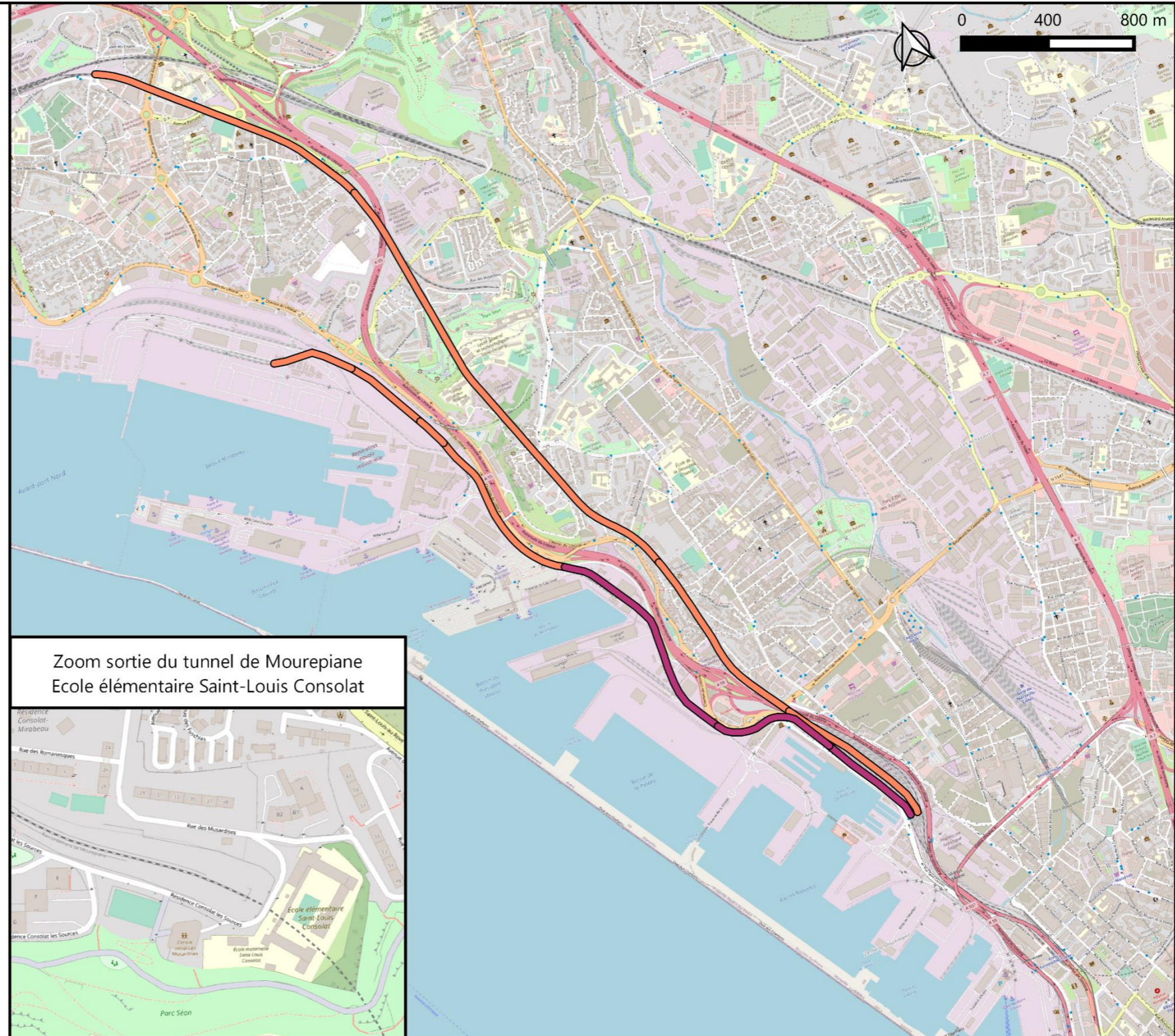
Nombre de Frets par jour
 (électriques + thermiques)

- 1 - 10
- 10 - 20



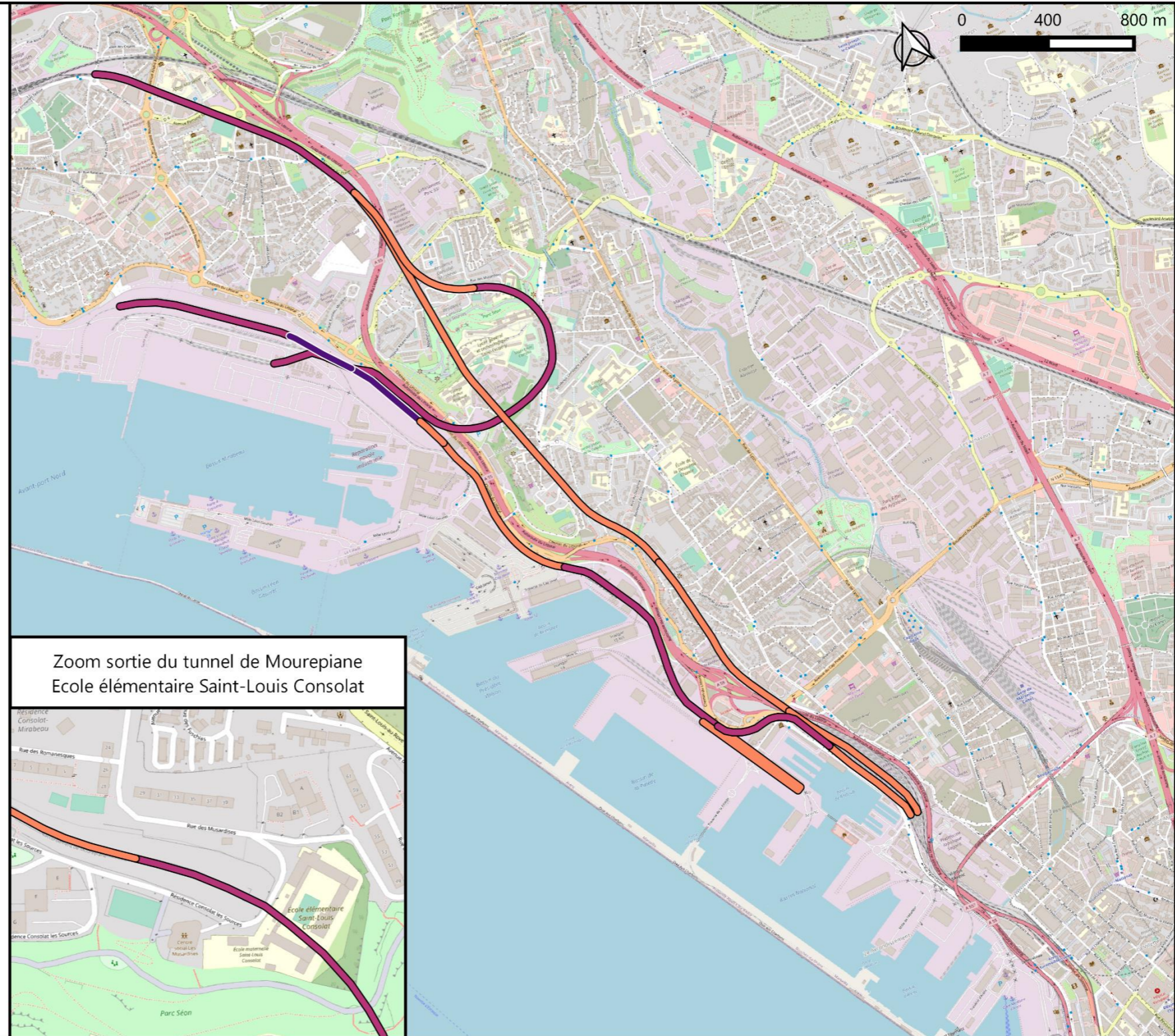
Nombre de Frets par jour
 (électriques + thermiques)

- 1 - 10
- 10 - 20



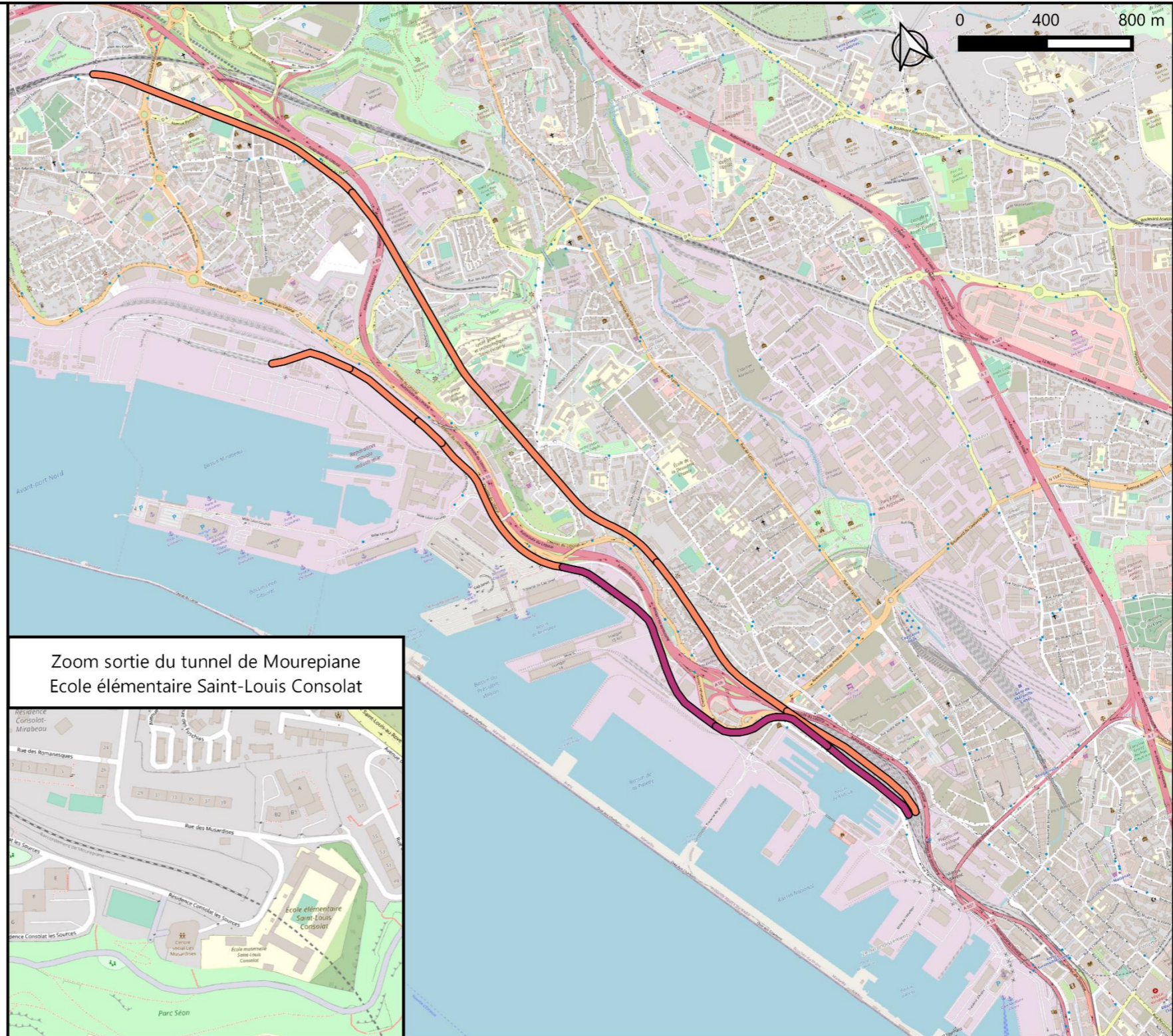
Nombre de Frets par jour
 (électriques + thermiques)

- 1 - 10
- 10 - 20
- 20 - 50



Nombre de Frets par jour
 (électriques + thermiques)

- 1 - 10
- 10 - 20



Nombre de Frets par jour
 (électriques + thermiques)

- 1 - 10
- 10 - 20
- 20 - 50
- >50

