



AtmoSud
Qualité de l'Air

Provence - Alpes - Côte d'Azur



Evaluation de la qualité de l'air à sur la zone de l'Établissement Public d'Aménagement EuroMéditerranée

2018 - 2019

RESUME :

EVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR A EUROMED

2018 - 2019

L'État et les collectivités territoriales ont décidé en 1995 de créer l'Etablissement Public d'Aménagement EuroMéditerranée (EPAEM), avec le triple objectif de requalifier un territoire urbain paupérisé, y imprimer un nouveau mode de développement économique et lancer sur cet espace des opérations structurantes susceptibles de renforcer la dimension métropolitaine de Marseille.

Dans ce cadre, Atmosud, l'EPAEM et la Métropole AMP souhaitent croiser leurs expertises métiers afin de faire évoluer leurs savoirs et compétences pour proposer des solutions innovantes susceptibles de limiter les sources et l'incidence de la pollution de l'air sur le climat et la santé.

Une évaluation de la qualité a été réalisée par AtmoSud :

- Évaluation de la dispersion géographique du dioxyde d'azote et du benzène en 2018 ;
- Mesure dynamique en 2019 du dioxyde d'azote, du dioxyde de soufre et des particules en suspension de diamètre inférieur à 10 µm dans l'air au niveau de la Place Verneuil.

► Une exposition des populations marquée sur la zone EuroMéditerranée – 2018

Il est estimé que près de 8 000 personnes habitants dans la zone d'étude sont exposées à des concentrations de NO₂ supérieures à la valeur limite annuelle (40 µg/m³). Cela représente 11,1 % de la population de la zone EuroMéditerranée.

Le nombre de personnes exposées à des concentrations de PM2.5 et PM10 au-dessus des valeurs limites est quasi nul sur la zone d'étude. En revanche, lorsque la valeur de l'objectif de qualité fixée par l'OMS est choisie comme seuil, 100 % de la population de la zone EuroMéditerranée est touchée par la pollution de l'air aux PM2.5 et PM10.

► Dispersion géographique - 2018

Les niveaux de NO₂ varient entre 25 et 58 µg/m³ avec une concentration moyenne de 38 µg/m³ (Figure 10). Deux sites de type « fond urbain » et onze sites trafic dépassent le seuil réglementaire (40 µg/m³) en moyenne annuelle.

Dans la zone investiguée, les concentrations moyennes estimées en NO₂ en 2018 sur les sites de type « fond urbain » sont supérieures à celles observées dans la station de référence de cette même typologie (Marseille / Longchamp).

Les concentrations moyennes estimées en 2018 en NO₂ des sites de type « trafic » de la zone d'étude (41 µg/m³) est très proche de la concentration moyenne des sites de référence de cette typologie à Marseille (44 µg/m³ à Marseille / Rabatau).

Sur l'ensemble des sites mesurant le benzène, aucun des points de mesure ne dépasse la valeur limite réglementaire ou l'objectif de qualité de l'air fixé respectivement à 2 et 5 µg/m³.

► Mesure dynamique pendant 1 an au niveau de la Place Verneuil à Marseille - 2019

Les résultats des concentrations moyennes annuelles de NO₂ à Marseille / Place Verneuil en 2019 sont cohérents avec les mesures réalisées sur l'ensemble du territoire EuroMéditerranée en 2018 par échantillonnage passif.

Les concentrations moyennes annuelles en 2019 de NO₂ et PM10 à Marseille / Place Verneuil respectent les valeurs réglementaires annuelles. Elles sont supérieures aux moyennes annuelles relevées sur un site de fond urbain et inférieures à celles mesurées sur un site trafic pour le NO₂ comme pour les PM10, illustrant l'influence du trafic routier sur la Place Verneuil.

L'origine des pointes horaires de SO₂ fréquemment observées autour de 18h00 sur le site de Marseille / Place Verneuil qui impactent le profil journalier moyen de SO₂ de l'année 2019 est en lien avec l'activité maritime du port autonome de Marseille. Les carburants des navires pouvaient contenir à cette date jusqu'à 3,5 % en masse de soufre. Les pics de pollution sont très liés avec les conditions météorologiques : les mouvements de navires exécutés le matin n'impactent pas ou peu les concentrations de SO₂ relevées sur l'agglomération marseillaise

Rédaction	Revue	Approbation
Alexandre GATINEAU / Adrien GANDOLFO Adrien.gandolfo@atmosud.org	BouAlem Mesbah Boualem.mesbah@atmosud.org	Edwige Révélat Edwige.revelat@atmosud.org
Contact	Date de parution	Références
Stephan Castel Stephan.castel@atmosud.org	06/04/2020	23ZA1113_Euromed

SOMMAIRE

1. EuroMéditerranée pour l'aménagement du territoire à Marseille	6
1.1 La requalification urbaine au cœur de l'aménagement du territoire	6
1.2 Vers une meilleure prise en compte de l'évaluation environnementale dont la qualité de l'air	7
2. Descriptif de la zone d'étude	8
2.1 Topographie	8
2.2 Climatologie	8
2.3 Population et territoire	9
2.3.1 Marseille	9
2.3.2 La zone d'étude	9
3. Surveillance de la qualité de l'air par modélisation	10
3.1 Emissions de polluants atmosphériques	10
3.2 Modélisation annuelle de la qualité de l'air	11
3.3 Indice synthétique de la qualité de l'air (ISA)	12
3.4 Exposition des populations	13
4. Estimation des concentrations moyennes annuelles en 2018	15
4.1 Méthodologie	15
4.1.1 Composés et période de surveillance	15
4.1.2 Plan d'échantillonnage	15
4.1.3 Conditions météorologiques pendant les deux campagnes de mesures	16
4.1.4 Exploitation des données	16
4.2 Concentrations annuelles estimées	16
4.2.1 NO ₂	16
4.2.2 Benzène	18
5. Surveillance dynamique de la qualité de l'air en 2019	19
5.1 Méthodologie	19
5.1.1 Composés et période de surveillance	19
5.1.2 Site de mesure	19
5.2 Concentration moyenne annuelle en NO ₂ et SO ₂ et PM ₁₀	20
5.3 Profils journaliers	21
5.3.1 Impact du trafic routier	21
5.3.2 Impact du trafic maritime	22
5.3.3 Origine des évènements de dioxyde de soufre SO ₂	23
5.4 Comparaison des résultats aux valeurs de référence	25
6. Conclusion	26
BIBLIOGRAPHIE	28
GLOSSAIRE	30
ANNEXES	34

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	Climatologie de la zone d'étude	35
ANNEXE 2	Plan d'échantillonnage	37
ANNEXE 3	Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS	39

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3 : concentrations moyennes annuelles en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 , SO_2 et PM 10	20
Tableau 5 : synthèse de la réglementation en vigueur pour le NO_2 , le SO_2 et les PM10 et les résultats de mesure de la campagne EuroMéditerranée 2019 en regard de la réglementation	25

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : représentation de la zone d'étude EuroMéditerranée. Au sud de la zone se trouve le vieux Port et l'est la gare SNCF de Marseille Saint-Charles	6
Figure 2 : carte topographique de la zone d'étude élargie et localisation de la station Météo France la plus proche de la zone d'étude	8
Figure 3 : l'EPAEM et la ZAC Joliette en quelques chiffres (Source : EuroMéditerranée, rapport d'activités 2017)	9
Figure 4 : émissions de PM10, NO_x , SO_2 et Benzène à Marseille Inventaire 2017 (Source : AtmoSud)	10
Figure 5 : concentrations moyennes annuelles en NO_2 , PM10 et PM2.5 et 26 ^{ème} maximum journalier de la moyenne sur 8h le plus élevé pour l'ozone modélisés par AtmoSud au niveau de la zone d'étude en 2018	11
Figure 6 : indice Synthétique Air -ISA- modélisé par AtmoSud au niveau de la zone d'étude en 2018	12
Figure 7 : A gauche = représentation cartographique du nombre d'habitants exposé à des concentrations de NO_2 , PM2.5 et PM10 supérieures à la limite réglementaire à Marseille en 2018 A droite = exposition des populations à la pollution atmosphérique sur la zone EuroMéditerranée en 2018	14
Figure 8 : plan d'échantillonnage passif du NO_2 et du benzène	15
Figure 9 : concentrations annuelles estimées de NO_2 par sites de mesures	16
Figure 10 : représentation géoréférencée des concentrations moyennes annuelles ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de NO_2 mesurées sur la zone EuroMéditerranée	17
Figure 11 : concentrations annuelles estimées de benzène par sites de mesures	18
Figure 12 : représentation géoréférencée des concentrations moyennes annuelles ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de benzène mesurées sur la zone EuroMéditerranée	18
Figure 13 : site d'accueil de la station Marseille / Place Verneuil	19
Figure 14 : profils journaliers moyens annuel pour le NO_2 et les PM10 à Marseille / Place Verneuil, Marseille / Longchamp et Marseille / Rabatau en 2019	21
Figure 15 : profils journaliers moyens du SO_2 à Marseille / Place Verneuil et Marseille / Longchamp en 2019	22
Figure 16 : fréquence et occurrence des événements de fortes concentrations horaires de SO_2 sur le site de Marseille / Place Verneuil en 2019	23
Figure 17 : rose des vents et rose de pollution SO_2 sur le site de Marseille / Place Verneuil entre le 27 avril et le 23 septembre 2019	23
Figure 18 : mesures dynamiques des concentrations de NO_2 , SO_2 , PM10 et direction de vents sur le site de Marseille / Place Verneuil le 10 juillet 2019	24

1. EuroMéditerranée pour l'aménagement du territoire à Marseille

L'État et les collectivités territoriales ont décidé en 1995 de créer l'Etablissement Public d'Aménagement EuroMéditerranée (EPAEM), avec le triple objectif de requalifier un territoire urbain paupérisé, y imprimer un nouveau mode de développement économique et lancer sur cet espace des opérations structurantes susceptibles de renforcer la dimension métropolitaine de Marseille.

1.1 La requalification urbaine au cœur de l'aménagement du territoire



Figure 1 : représentation de la zone d'étude EuroMéditerranée. Au sud de la zone se trouve le vieux Port et l'est la gare SNCF de Marseille Saint-Charles

La requalification de ce territoire permettra à « EuroMéditerranée » d'atteindre la masse critique de développement nécessaire pour positionner Marseille comme une grande métropole euro-méditerranéenne.

Il s'agit d'un projet urbain ambitieux visant à :

- Réconcilier la nature et la ville en aménageant un parc de 14 hectares sur l'actuelle gare du Canet, remettant à jour le ruisseau des Aygalades.
- Proposer un parc de 14 000 logements de tailles et de gammes représentatives du marché et des objectifs de mixité recherchés à l'échelle du périmètre d'étude.
- Proposer un parc tertiaire de 500 000 m² de SHON permettant la création d'environ 20 000 emplois.
- Développer le réseau de transports en commun bas carbone.
- Développer les énergies renouvelables.
- Encourager la mixité fonctionnelle et proposer les équipements nécessaires (200 000 m² d'équipements publics).

1.2 Vers une meilleure prise en compte de l'évaluation environnementale dont la qualité de l'air

Dans ce cadre, AtmoSud, l'EPAEM et la Métropole AMP souhaitent croiser leurs expertises métiers afin de faire évoluer leurs savoirs et compétences pour proposer des solutions innovantes susceptibles de limiter les sources et l'incidence de la pollution de l'air sur le climat et la santé.

Ce partenariat doit notamment permettre à AtmoSud de consolider et élargir son expertise sur des problématiques urbaines opérationnelles à différentes échelles territoriales (infrastructure, immobilier, quartier, métropole), d'affiner les outils de modélisations numériques via des campagnes de mesures et des retours d'expériences terrain, ceci dans une approche globale air extérieur/ air intérieur.

Tels que le prévoient les textes en matière de documents d'urbanisme, les enjeux en matière de qualité de l'air doivent être intégrés en amont de l'aménagement du territoire et de la conception des projets urbains. Dans ce contexte, AtmoSud accompagne l'EPAEM et la Métropole AMP dans l'évaluation des mesures pour une meilleure prise en compte de la qualité de l'air dans ce projet.

Dans ce cadre AtmoSud a réalisé une étude de la qualité de l'air sur la zone :

- par modélisation pour estimer la dispersion des polluants atmosphériques et l'exposition des populations ;
- par échantillonnage passif en 2018 en un grand nombre de points sur toute la zone afin d'évaluer la dispersion moyenne des polluants traceurs de l'activité urbaine.
- par mesure en continu pour comprendre la dynamique des polluants atmosphériques sur la zone.

2. Descriptif de la zone d'étude

2.1 Topographie

Marseille occupe une superficie de 240 km² mais sa surface constructible est d'environ 150 km². Deuxième ville de France par sa population, elle est bordée par la mer Méditerranée sur son côté Ouest. Du Nord au Sud, la façade Est de la ville est entourée de massifs rocheux formant une demi-cuvette (Figure 2).

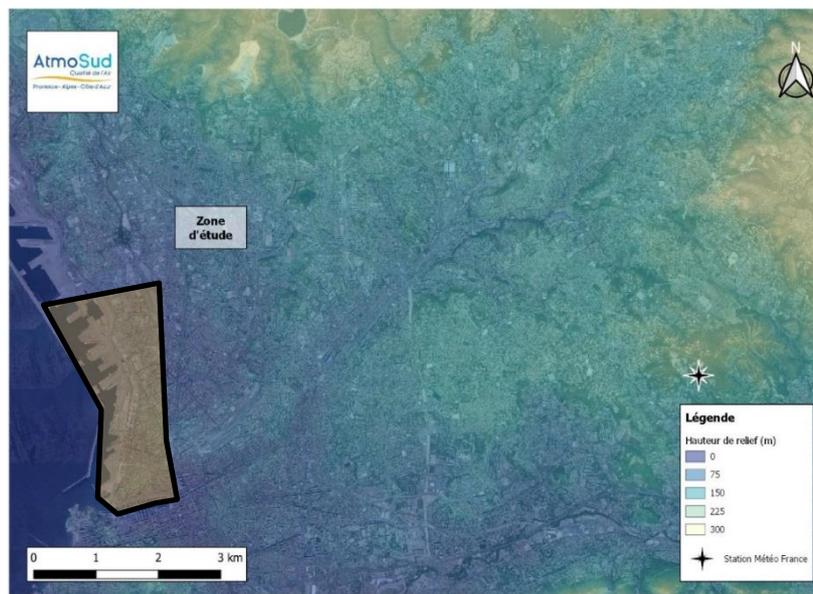


Figure 2 : carte topographique de la zone d'étude élargie et localisation de la station Météo France la plus proche de la zone d'étude

La zone d'étude est située en bord de mer. Si la zone est naturellement plane, elle est artificiellement accidentée par l'urbanisation. Au sud, les longues avenues et boulevards sont fréquemment bordés par des immeubles d'une trentaine de mètres de haut. La formation de « rues canyons »¹ est courante. Au nord, des voies de trafic plus denses empruntées par des poids lourds desservant la zone portuaire et les zones d'aménagement concertées (ZAC) s'ajoutant au passage des VUL et VL.

2.2 Climatologie

La station Météo France de Marseille / Vaudrans est la station météorologique la plus proche de la zone d'étude. Elle se situe, au nord de la vallée de l'Huveaune, à environ 9 kilomètres au sud-est de la zone d'étude (Figure 2). La position de la station Météo France est représentative de la zone d'étude. Par sa localisation, la ville est sujette à un climat méditerranéen : tempéré et chaud. La température moyenne annuelle avoisine les 15°C et les précipitations, peu fréquentes, sont plus abondantes en hiver. Un détail des conditions climatologique de la zone d'étude sont disponibles en annexe 1.

Afin d'être plus précis sur les évènements périodiques de pollution, un mat météorologique a été installé sur la cabine AtmoSud Marseille / Place Verneuil à partir de mars 2019.

¹ « Une rue dont les bâtiments, des deux côtés de la rue et sur plus de 100m, se succèdent de manière ininterrompue ou sont très proches les uns des autres » LCSQA : Conception, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air, février 2017

2.3 Population et territoire

2.3.1 Marseille

La zone d'étude se situe au sein des 2^{ème} et 3^{ème} arrondissements de Marseille. En 2016, la population légale proposée par l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques) était de 72 661 habitants (données INSEE, RP2016). La répartition des âges est représentative de répartition de la population française par groupe d'âge au 1^{er} janvier 2019 avec les tranches 0-15, 15-29 et 30-44 majoritaires représentant plus de 55 % de la population.

2.3.2 La zone d'étude

La zone d'étude est avant tout un quartier d'affaire, le 3^e plus important de France selon l'EPAEM. On y trouve essentiellement les secteurs d'activité suivants : l'immobilier et le BTP, la croissance verte, les métiers de la banque et des assurances, la santé, la logistique et le commerce international, l'industrie numérique et le tourisme. Autour de ces activités s'imbriquent des équipements publics (écoles et musées), structures commerciales et immeubles résidentiels.

L'EPAEM est divisée en ZAC (Zones d'Aménagement Concerté). La globalité du périmètre de l'EPAEM a été concerné par l'étude, mais la ZAC qui a accueilli la station de mesure est celle de la Joliette. Le rapport d'activité 2017 de l'EPAEM récapitule la zone en quelques chiffres clés, visibles ci-dessous.

480 HA DE TERRITOIRE
200 000 M² D'ÉQUIPEMENTS PUBLICS
37 000 EMPLOIS
40 HA D'ESPACES VERTS ET PUBLICS
1 000 000 M² DE BUREAUX ET D'ACTIVITÉS
5 300 ENTREPRISES
40 000 HABITANTS
200 000 M² COMMERCES
18 000 LOGEMENTS NEUFS
7 000 LOGEMENTS RÉHABILITÉS

ZAC* JOLIETTE

- ZAC : 22 ha et 300 000 m² de surface construite
- 120 000 m² de bureaux
- 34 000 m² de commerces et services
- 48 000 m² d'équipements publics et privés
- 1 277 logements neufs, dont 319 sociaux
- 1 collège, 1 école primaire, 1 maternelle



Figure 3 : l'EPAEM et la ZAC Joliette en quelques chiffres (Source : EuroMéditerranée, rapport d'activités 2017)

Deux axes autoroutiers, l'A55 et l'A7, traversent la zone. Plusieurs têtes de tunnels sont également présentes dans la zone d'étude. La vitesse de ces deux autoroutes urbaines est limitée entre 50 et 90 km/h selon les secteurs. La façade maritime de la zone héberge les docks de différentes voies maritimes desservant les ports du Maghreb, de Corse et d'Italie.

3. Surveillance de la qualité de l'air par modélisation

3.1 Emissions de polluants atmosphériques

Depuis 2003, AtmoSud réalise des inventaires territoriaux d'émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre (GES). Ces données sont indispensables à la compréhension des phénomènes de pollution, à la prévision quotidienne de la qualité de l'air et au suivi des territoires de la région Sud.

Les émissions d'oxydes d'azote, de benzène, de dioxyde de soufre et de PM10 sur la ville de Marseille en 2017 sont présentées sur la Figure 3.

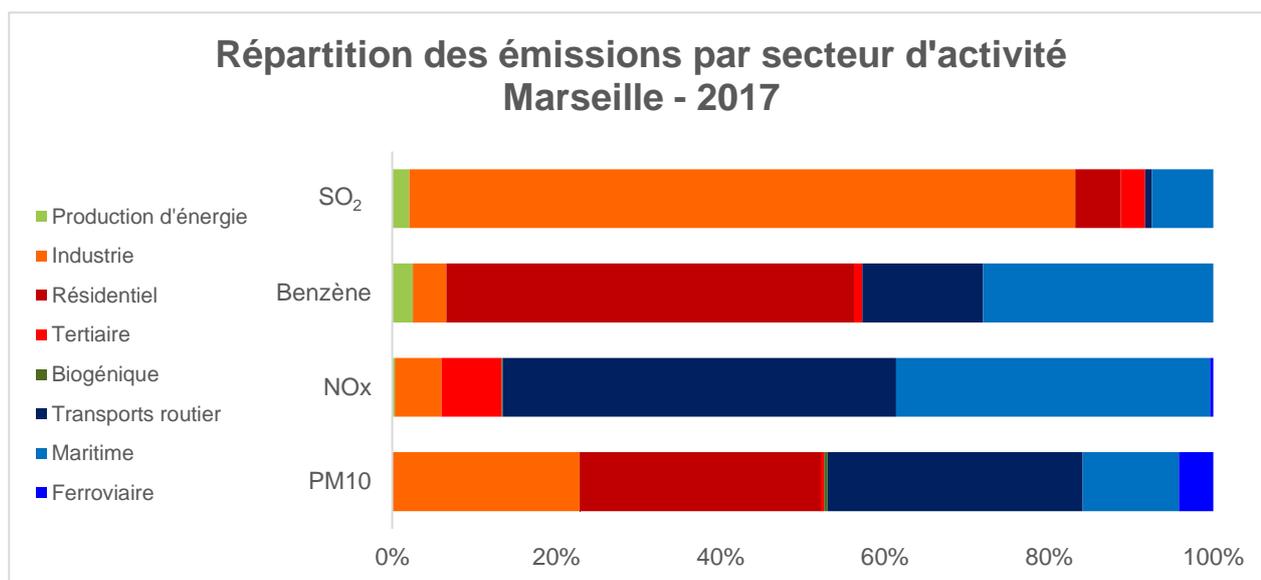


Figure 4 : émissions de PM10, NO_x, SO₂ et Benzène à Marseille Inventaire 2017 (Source : AtmoSud)

Marseille est sous l'influence de quatre secteurs majeurs d'émissions de polluants atmosphériques : les secteurs des transports routier et maritime, le secteur industriel et le secteur résidentiel.

Les transports routiers sont à l'origine de 46 % des émissions d'oxydes d'azote de la ville, de 31 % des émissions de particules PM10 et de 14 % des émissions de benzène.

Le secteur industriel est un fort émetteur de dioxyde de soufre sur la zone de Marseille avec 81 % des émissions de SO₂. La combustion de carburant maritime est aussi une source non négligeable de SO₂.

Les émissions de benzène sont dominées pour près de la moitié par le secteur résidentiel et tertiaire, puis du secteur du transport.

3.2 Modélisation annuelle de la qualité de l'air

AtmoSud détermine, à l'aide d'un modèle de dispersion atmosphérique couplé à l'inventaire des émissions de polluants atmosphériques, les niveaux de concentrations du NO₂ (moyenne annuelle), des particules PM10 et PM2.5 (moyenne annuelle) et de l'ozone (concentration du 26^{ème} maximum journalier le plus élevé de la moyenne sur 8 heures) visés par la réglementation en vigueur. La Figure 5 présente les cartes modélisées de ces polluants pour l'année 2018 sur la zone EuroMéditerranée.

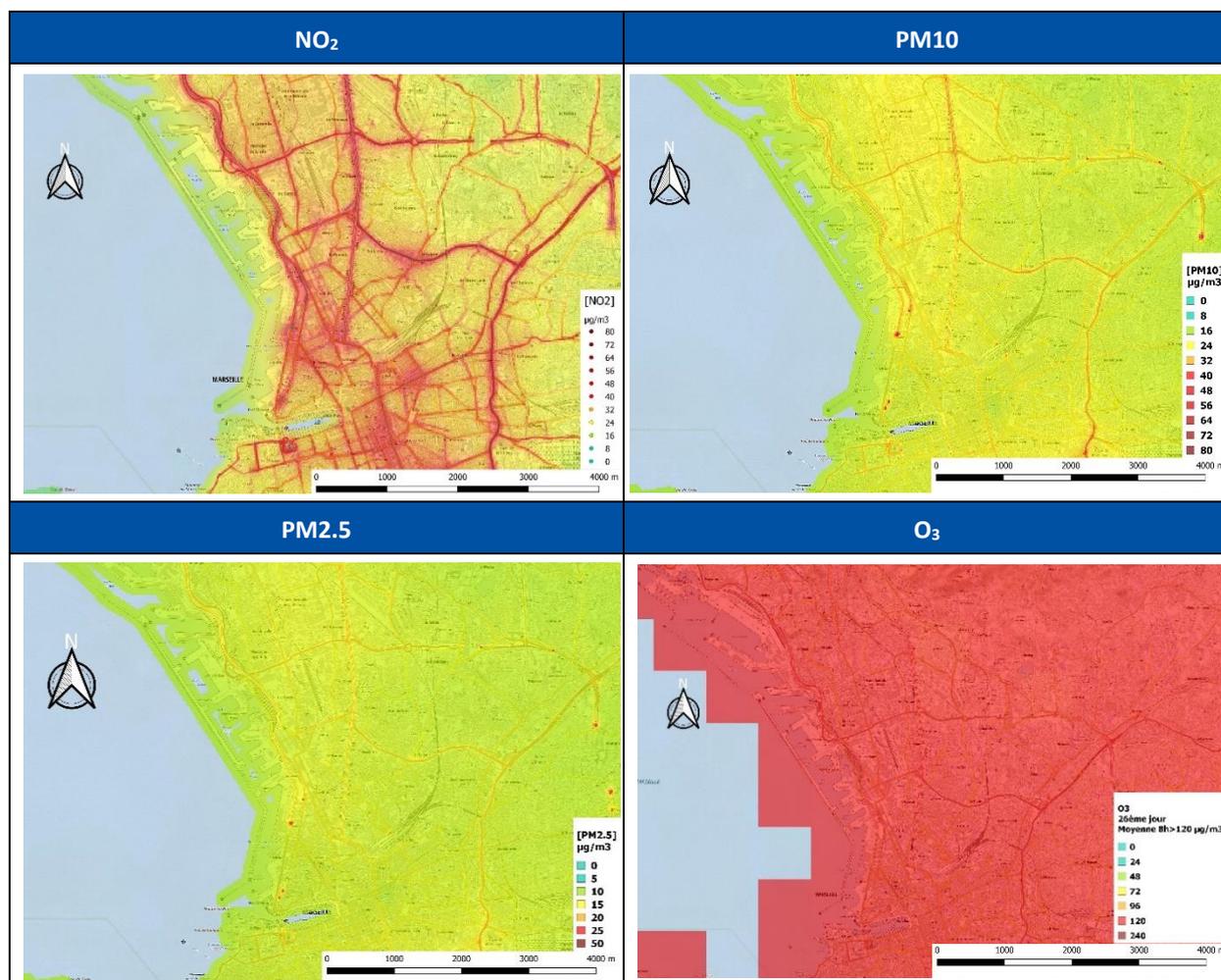


Figure 5 : concentrations moyennes annuelles en NO₂, PM10 et PM2.5 et 26^{ème} maximum journalier de la moyenne sur 8h le plus élevé pour l'ozone modélisés par AtmoSud au niveau de la zone d'étude en 2018

Sur la zone d'étude en 2018, les concentrations moyennes modélisées (Figure 5) sont :

- Pour le NO₂, comprises entre 25 µg/m³ au niveau des lieux non exposés directement au trafic et 70 µg/m³ à proximité des axes routiers majeurs comme l'A55 et l'A7 ou des grands boulevards urbains.
- Pour les PM2.5, Les niveaux sont compris entre 10 µg/m³ (fond urbain) et 20 µg/m³ au cœur du centre-ville où la zone d'étude se situe. Il est à noter aussi des points chauds de hautes concentrations en PM2.5 supérieures à 25 µg/m³ en zones proches de nœuds routiers au trafic intense, au niveau des entrées/sorties des tunnels.
- Pour les PM10, la carte de modélisation montre un maillage de concentration similaire à celui des PM2.5 avec des niveaux plus élevés. Le fond urbain est d'environ 16 µg/m³, le centre-ville à 24 µg/m³ et les points les plus élevés, supérieurs à 40 µg/m³.

Sur le périmètre EuroMéditerranée,

- les concentrations en dioxyde d'azote NO₂ sont élevées, d'autant plus marquées que les axes de circulation sont structurants.

- la pollution particulaire est notable comme sur l'ensemble du territoire marseillais.

Les sources de pollutions sont principalement liées au trafic routier avec des axes structurants (autoroutes) et les voies de circulations qui traversent la zone.

En dehors de la zone d'étude, la zone industrielle des pourtours de l'étang de Berre et du golfe de Fos peut, selon les mouvements de masses d'air, impacter la qualité de l'air à Marseille, et donc sur la zone EuroMéditerranée. L'activité maritime peut également avoir une influence. Ce dernier point fait l'objet d'un programme spécifique de surveillance d'AtmoSud.

3.3 Indice synthétique de la qualité de l'air (ISA)

Cet indice non réglementaire somme la concentration des polluants NO₂, PM10 et O₃ normalisés respectivement par leurs lignes directrices de l'OMS. La Figure 6 montre la caractéristique urbaine de la pollution du périmètre EuroMéditerranée avec une qualité de l'air dégradée à proximité des axes de circulation, dans un contexte d'un trafic routier important. La pollution ambiante de PM10 augmente l'indice ISA dans des zones moins impactées directement par le trafic routier (entre les axes routiers). En 2018, au moment de la modélisation de cette carte, il apparaît que la façade maritime possède un ISA plus faible qu'à l'intérieur de la zone d'étude.

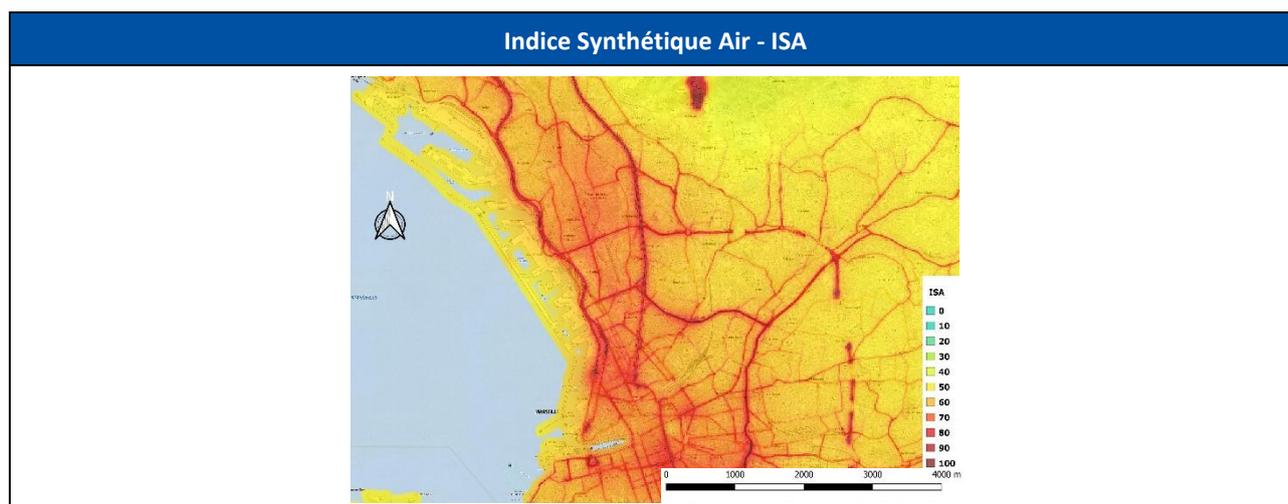
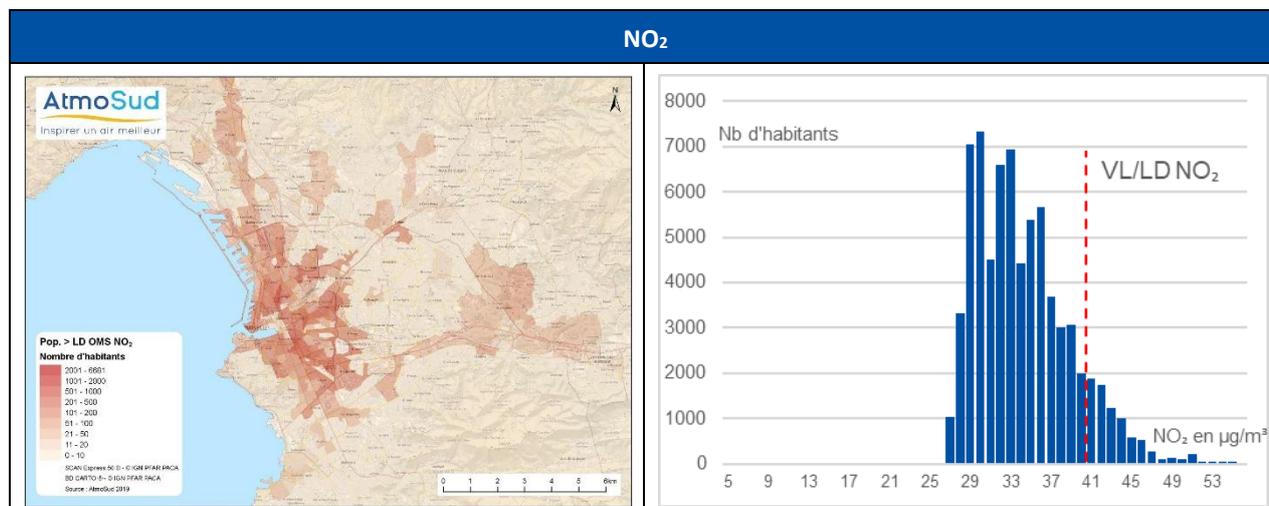


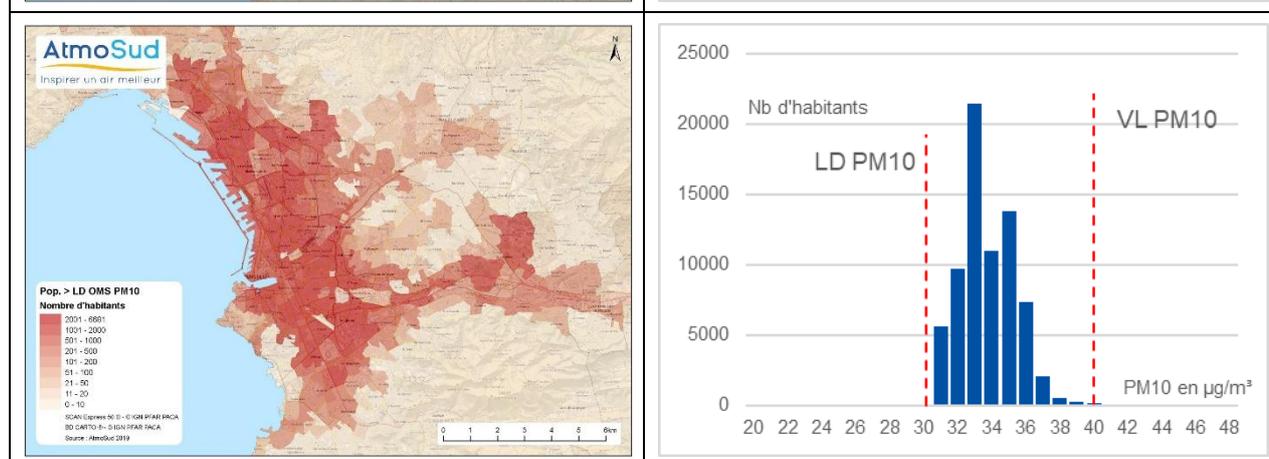
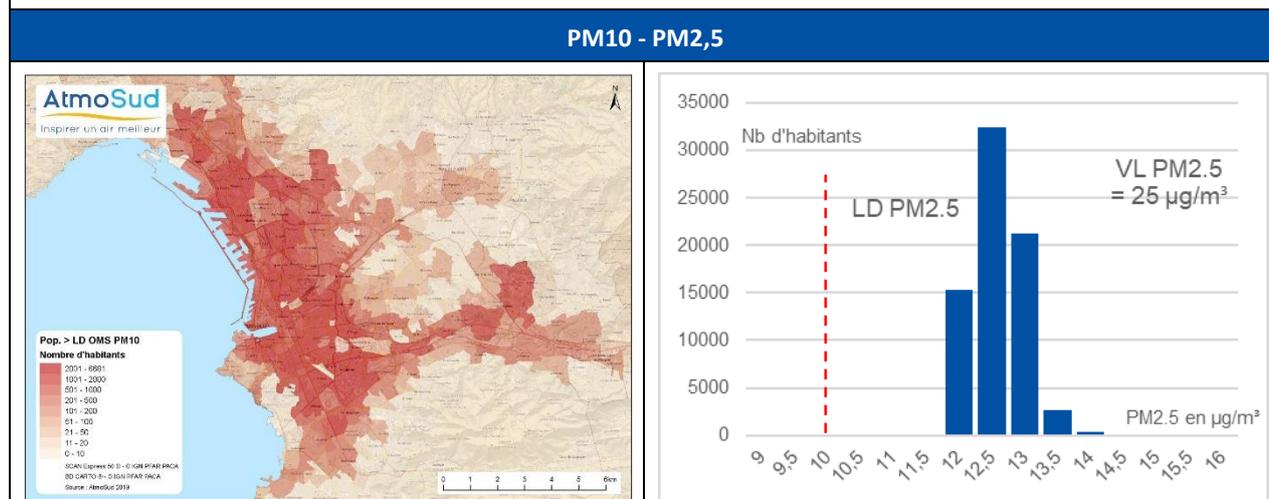
Figure 6 : indice Synthétique Air -ISA- modélisé par AtmoSud au niveau de la zone d'étude en 2018

3.4 Exposition des populations

La Figure 7 estime le nombre de personnes exposées à des concentrations de NO₂, PM10 et PM2.5 supérieures à la réglementation.



Près de 8 000 personnes habitant dans la zone d'étude sont exposées à des concentrations de NO₂ supérieures à la réglementation (40 µg/m³), soit 11,1 % de la population de la zone EuroMéditerranannée. Sur l'ensemble de la ville de Marseille, ce taux est de 4,1 %.



Le nombre de personnes exposées à des concentrations de PM2.5 et PM10 au-dessus des valeurs réglementaires (valeur limite (VL) sur l'histogramme) est quasi nul sur la zone d'étude. Lorsque la valeur « objectif de qualité » fixée

par l'OMS est choisie comme seuil, 100 % de la population de la zone EuroMéditerranée est exposée à la pollution de l'air des PM2.5 et PM10.

Figure 7 : A gauche = représentation cartographique du nombre d'habitants exposé à des concentrations de NO₂, PM2.5 et PM10 supérieures à la limite réglementaire à Marseille en 2018
A droite = exposition des populations à la pollution atmosphérique sur la zone EuroMéditerranée en 2018

Dans la zone EuroMéditerranée un nombre important d'habitants est exposé à de hautes teneurs en NO₂, PM2.5 et PM10. La zone EuroMéditerranée fait partie des quartiers où l'exposition des populations est la plus importante de l'ensemble de la ville de Marseille.

La pollution de l'air à EuroMéditerranée est un enjeu de premier plan en raison de l'exposition de la population à des niveaux élevés en dioxyde d'azote et en particules.

4. Estimation des concentrations moyennes annuelles en 2018

4.1 Méthodologie

4.1.1 Composés et période de surveillance

Le dioxyde d'azote NO₂ et le benzène ont été mesurés durant deux périodes d'un mois chacune :

- campagne estivale : du 14/08/18 au 11/09/18 découpée en 2 séries de prélèvements hebdomadaires.
- campagne hivernale : du 20/11/18 au 18/12/18 découpée par 2 séries de prélèvements hebdomadaires.

4.1.2 Plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage comprend 35 sites de mesure pour le NO₂ (Figure 9). Deux sites sont situés sur des stations fixes d'AtmoSud, à Marseille / Longchamp (station urbaine de fond) et à Marseille / Rabatau (station urbaine trafic), servant de références. Parmi les 35 sites, 17 ont été équipés de tubes passifs pour la mesure du benzène (détail en annexe 2).

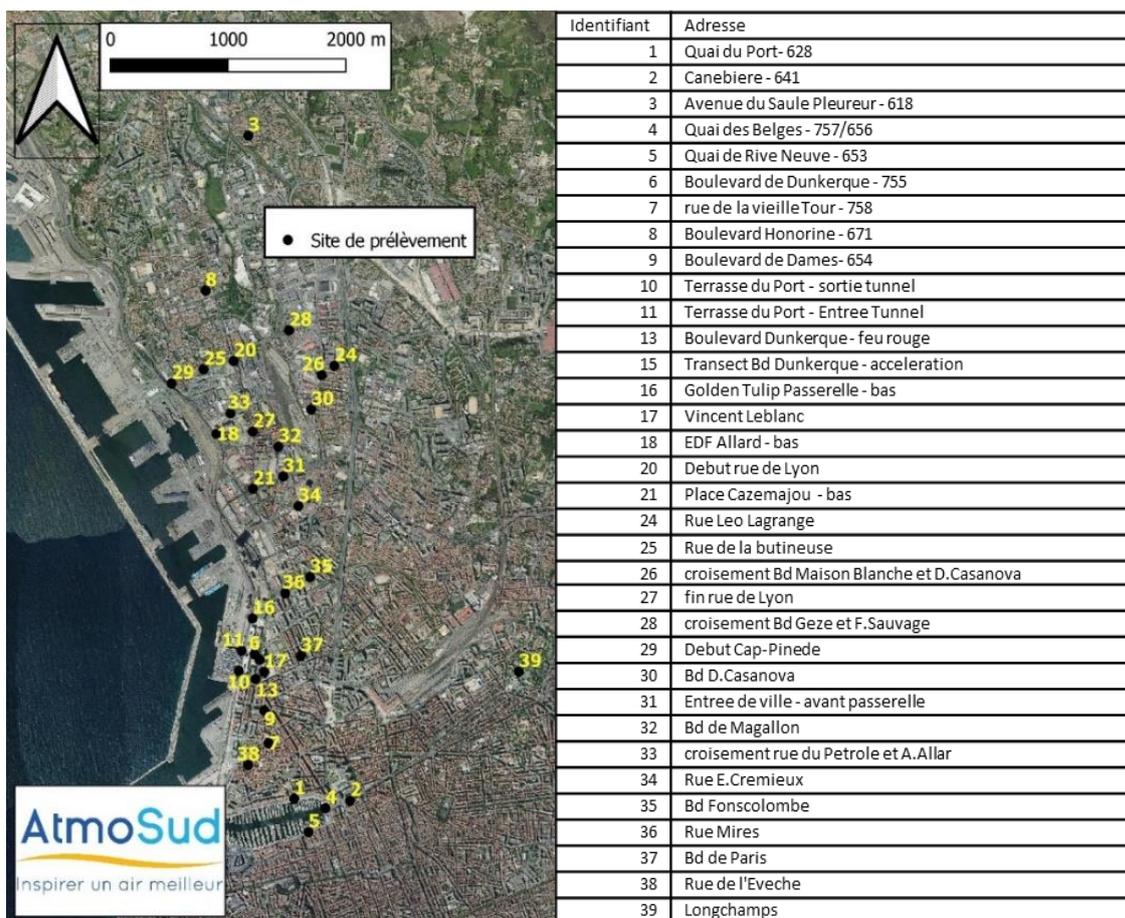


Figure 8 : plan d'échantillonnage passif du NO₂ et du benzène

4.1.3 Conditions météorologiques pendant les deux campagnes de mesures

La météorologie durant les campagnes de mesure ne montre pas de d'épisode particulier par rapport aux mesures enregistrées lors des 3 années précédentes. Elle est caractérisée par une pluviométrie faible, des vents est et ouest en été et principalement ouest en hiver ainsi que des températures moyennes de 23°C et 10 °C pour, respectivement, la période estivale et hivernale.

4.1.4 Exploitation des données

Après échantillonnage, les tubes passifs sont envoyés au laboratoire pour analyse. Les résultats bruts sont ensuite corrigés en fonction de la température selon la méthodologie validée par le LCSQA (Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air).

Pour comparaison avec les valeurs de références, les moyennes annuelles sont estimées en prenant en compte les résultats des stations permanentes de surveillance de la qualité de l'air. Les concentrations moyennes annuelles estimées sont exploitées dans ce rapport.

4.2 Concentrations annuelles estimées

4.2.1 NO₂

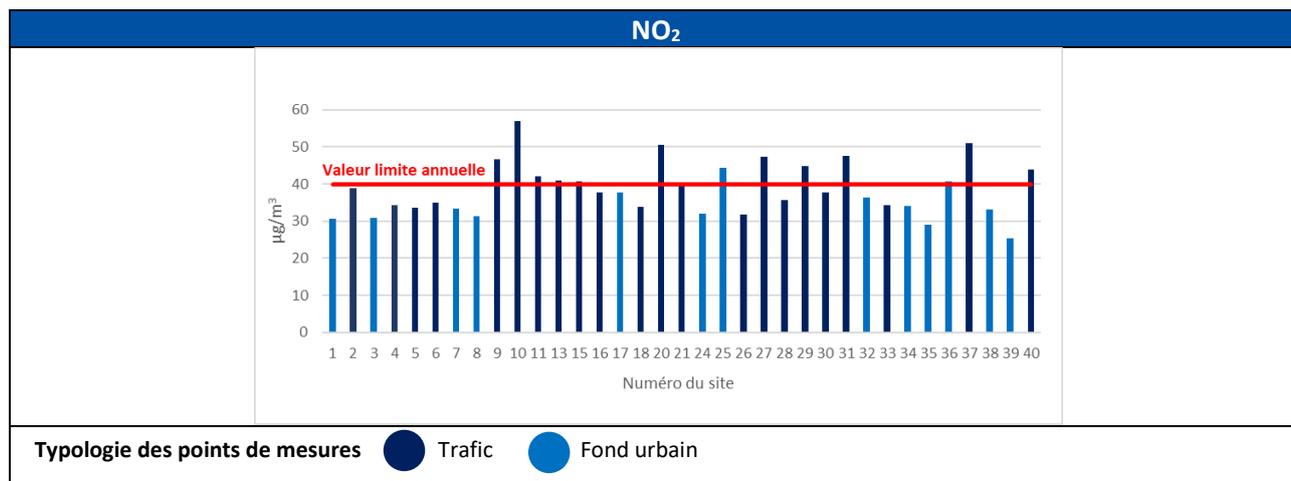


Figure 9 : concentrations annuelles estimées de NO₂ par sites de mesures

Sur l'ensemble des points de mesures, les niveaux de NO₂ varient entre 25 et 58 µg/m³ avec une concentration moyenne de 38 µg/m³ (Figure 10). Deux sites de type fond urbain (25 et 36) et 11 sites de type trafic dépassent le seuil réglementaire de 40 µg/m³.

Les sites de type « fond urbain » présentent généralement des concentrations en NO₂ moins élevées (16% en moyenne) que les sites de types « trafic » (proximité directe avec une route). Cela est expliqué par la proximité des sources de NO₂ (combustion des moteurs thermiques automobile) et la forte réactivité du NO₂. En conséquence on observe une chute rapide des concentrations de NO₂ à mesure que l'on s'éloigne des sources.

Dans la zone investiguée, les concentrations moyennes de NO₂ sur les sites de type « fond urbain » sont supérieures (sauf en un point) à celle observée dans la station de référence de cette même typologie (Marseille / Longchamp) sur la même période (25 µg/m³).

En revanche, la concentration moyenne de NO₂ des sites de type « trafic » de la zone d'étude (41 µg/m³) est très proche de la concentration moyenne des sites de référence de cette typologie à Marseille (44 µg/m³ à Marseille / Rabatau) sur la même période.

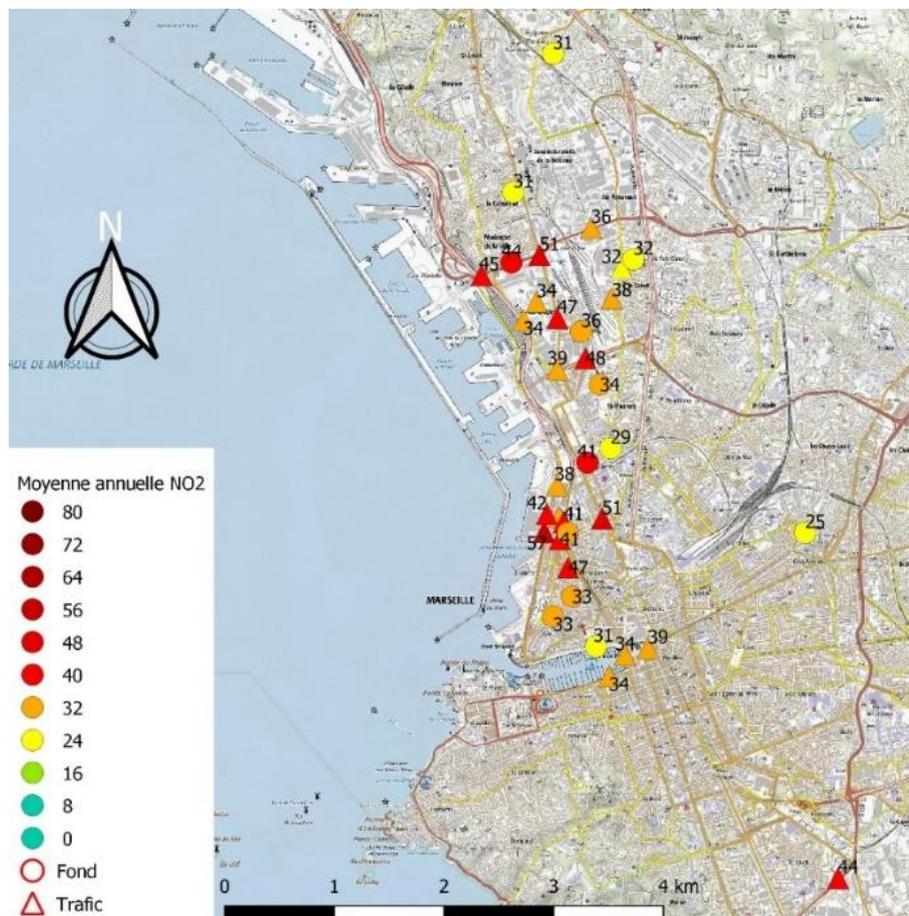


Figure 10 : représentation géoréférencée des concentrations moyennes annuelles (µg/m³) de NO₂ mesurées sur la zone EuroMéditerranée

Il existe des spécificités structurelles internes à la zone qui induisent une concentration plus forte des polluants atmosphériques :

- le sud urbanisé avec de hauts immeubles haussmanniens, une forte rugosité et un trafic dense.
- au nord, des voies de trafic plus denses empruntées par des poids lourds desservant la zone portuaire et les ZAC s'ajoutant au passage des véhicules utilitaires légers (VUL) et véhicules légers (VL).

Les concentrations mesurées en NO₂ montrent que sur les sites « trafic » et les sites « fond urbain », la valeur réglementaire n'est pas respectée respectivement dans 50 % et 21 % des cas.

4.2.2 Benzène

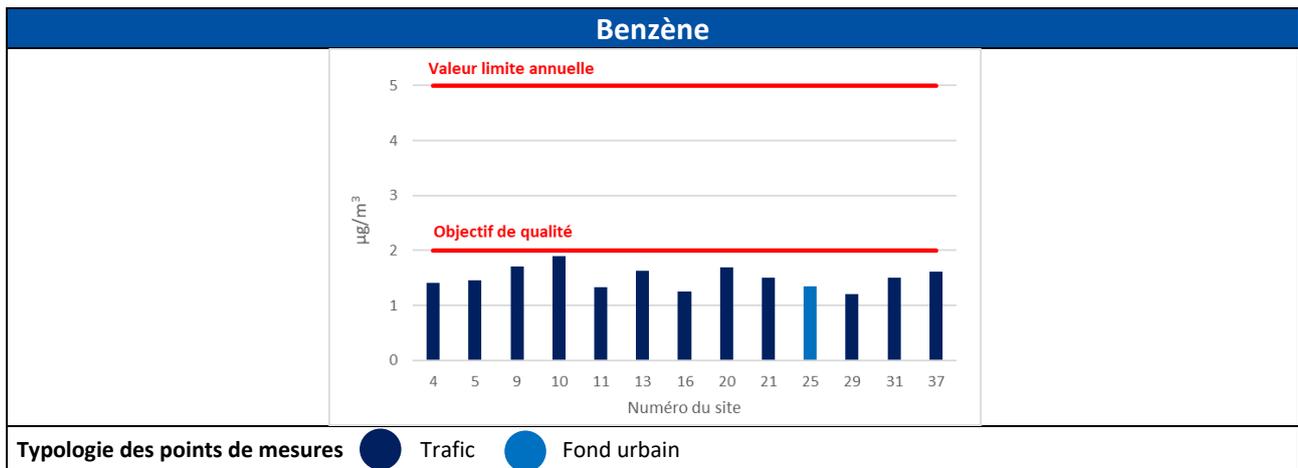


Figure 11 : concentrations annuelles estimées de benzène par sites de mesures

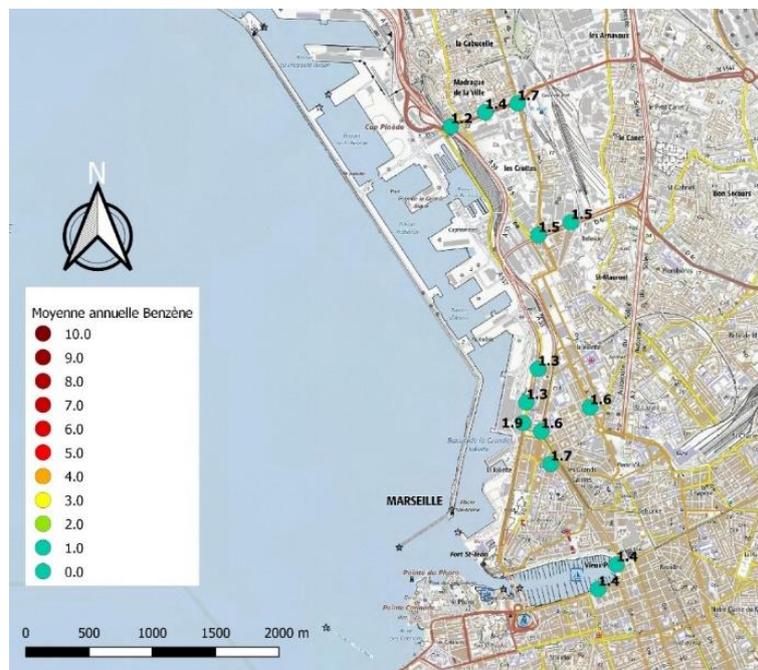


Figure 12 : représentation géoréférencée des concentrations moyennes annuelles ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de benzène mesurées sur la zone EuroMéditerranée

Pour l'ensemble des points de mesures, la concentration moyenne annuelle en benzène est de $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec une faible dispersion (minimum : $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maximum : $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Parmi les points de mesures, seul un est représentatif d'un site de type « fond urbain ».

Pour le benzène, aucun des points de mesures ne dépasse la valeur limite réglementaire ou l'objectif de qualité de l'air fixés respectivement à 5 et $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

5. Surveillance dynamique de la qualité de l'air en 2019

5.1 Méthodologie

5.1.1 Composés et période de surveillance

Les particules de diamètre inférieur à 10 μm PM10 (concentration en masse), les oxydes d'azotes ($\text{NO} + \text{NO}_2$), le dioxyde de soufre (SO_2) ont été suivis en continu de janvier à décembre 2019. Un mat météo tridimensionnel a été installé à partir du mois de mars afin d'enregistrer la vitesse et la direction du vent.

Les taux de fonctionnement des instruments de mesures pendant cette période sont supérieurs à 85 % ; Les moyennes annuelles pourront donc être calculées et exploitées.

5.1.2 Site de mesure

AtmoSud dispose d'un réseau de surveillance permanent sur l'ensemble de la région afin de mesurer en continu la plupart des polluants réglementés².

Sur la ville de Marseille, trois stations de mesures permanentes permettent un suivi de la qualité de l'air, avec des influences urbaines et trafics : Marseille / Rabatau, Marseille / Longchamp et Marseille / Saint-Louis.

L'installation d'un site de mesure au début de l'année 2019 fait partie de l'accompagnement d'Atmosud vers une meilleure caractérisation de la qualité de l'air sur la zone EuroMéditerranée.

La place Henri Verneuil, située au cœur de la ZAC Joliette, a accueilli la station mobile AtmoSud (Figure 13).

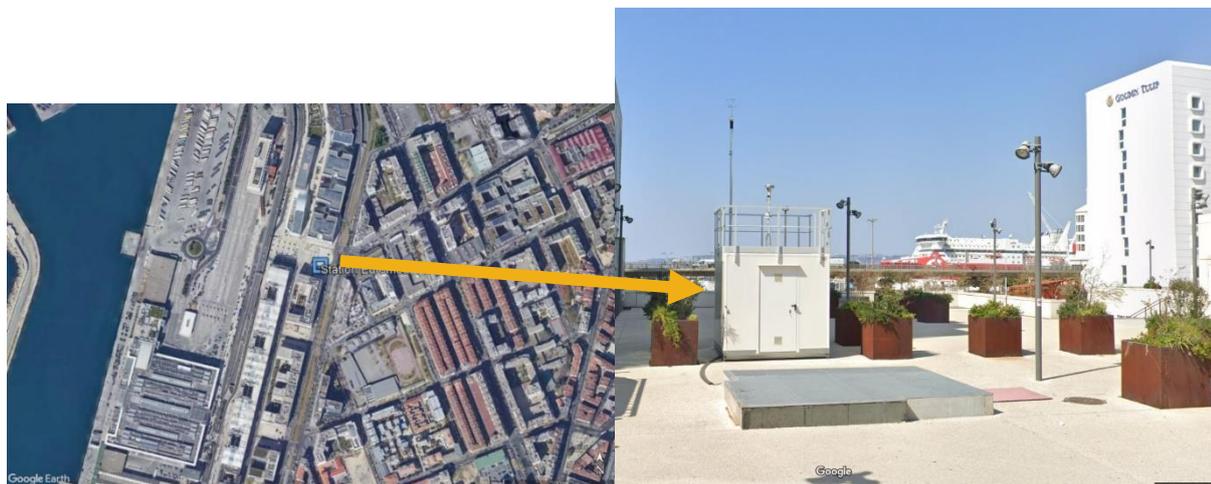


Figure 13 : site d'accueil de la station Marseille / Place Verneuil

² <https://www.atmosud.org/donnees/acces-par-station>

5.2 Concentration moyenne annuelle en NO₂ et SO₂ et PM₁₀

Les concentrations moyennes annuelles relevées à Marseille / Place Verneuil pour chaque polluant, sont résumées dans le Tableau 3. Elles sont comparées avec celles obtenues à Marseille / Longchamp, station de fond urbain et Marseille / Rabatau, station trafic.

Tableau 1 : concentrations moyennes annuelles en µg/m³ de NO₂, SO₂ et PM₁₀

	Marseille / Place Verneuil	Marseille / Longchamp (fond urbain)	Marseille / Rabatau (trafic)
NO ₂	32,0	26,1	44,9
SO ₂	1,4	2,3	-
PM ₁₀	26,9	17,9	33,2

Les niveaux moyens de PM₁₀ et de NO₂ mesurés à Marseille / Place Verneuil en 2019 sont supérieurs à ceux observés à Marseille / Longchamp (Tableau 3). Ils restent cependant en-deçà des niveaux mesurés en proximité immédiate du trafic à Marseille / Rabatau.

Les résultats des concentrations moyennes annuelles de NO₂ à Marseille / Place Verneuil en 2019 sont cohérents avec les mesures réalisées sur l'ensemble du territoire EuroMéditerranée en 2018 par échantillonnage passif.

Les concentrations moyennes annuelles de NO₂ et PM₁₀ à Marseille / Place Verneuil sont inférieures aux valeurs réglementaires sur l'année 2019.

Elles sont supérieures aux moyennes annuelles relevées sur un site de fond urbain et inférieures à celles mesurées sur un site trafic pour le NO₂ comme pour les PM₁₀, illustrant l'influence du trafic routier sur la Place Verneuil.

Les niveaux moyens annuels de SO₂ à Marseille / Place Verneuil et à Marseille / Longchamp sont très faibles.

5.3 Profils journaliers

5.3.1 Impact du trafic routier

La Figure 14 illustre les profils journaliers moyens du NO₂ et PM₁₀ observés pendant l'année 2019 sur les sites de Marseille / Place Verneuil, Marseille / Longchamp et Marseille / Rabatau.

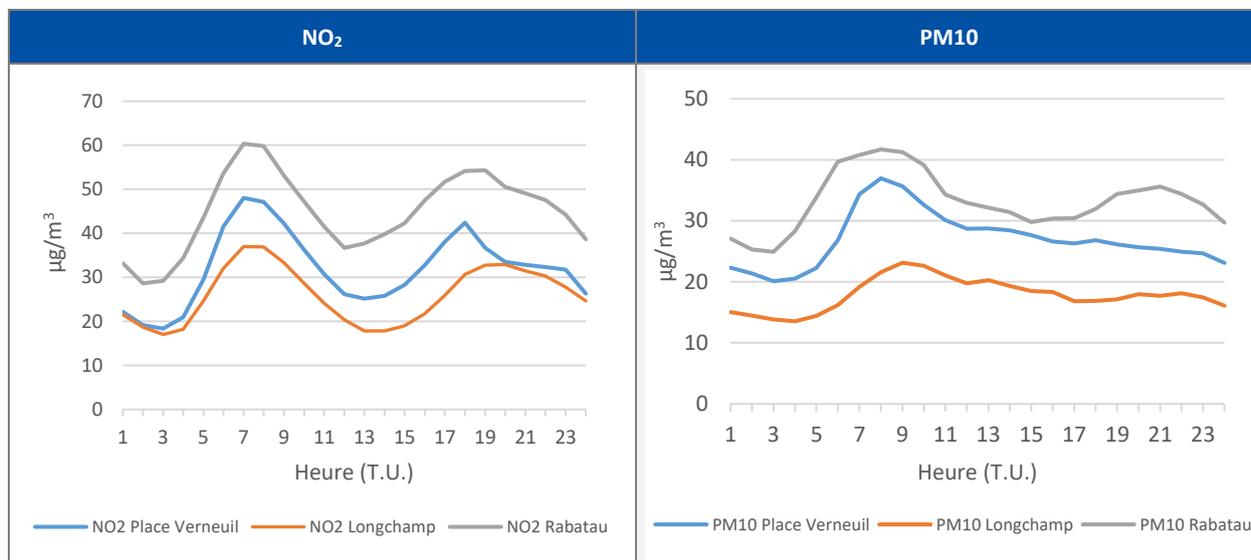


Figure 14 : profils journaliers moyens annuels pour le NO₂ et les PM₁₀ à Marseille / Place Verneuil, Marseille / Longchamp et Marseille / Rabatau en 2019

Les profils moyens journaliers du NO₂, et des PM₁₀ dans une moindre mesure, sur le site de Marseille / Place Verneuil présentent deux pics typiques de fortes concentrations centrés sur 8h00 et 18h00. Ces pics sont à mettre en lien avec l'intensification du trafic routier autour de ces plages horaires comme confirmé par l'observation d'un tel phénomène sur le site trafic de Marseille / Rabatau (le trafic routier représente environ 50 % des émissions de NO₂ à Marseille).

Sur le site de Marseille / Place Verneuil, les maximums en NO₂ de ces deux pics sont respectivement à 48 et 42 µg/m³. Pour le NO₂, les maximums ainsi que la concentration autour de midi sur le site de Marseille / Longchamp restent plus faibles qu'à Marseille / Place Verneuil. Le site trafic de référence Marseille / Rabatau montre un profil semblable qu'à Marseille / Place Verneuil avec des niveaux plus élevés sur chacune des heures de la journée.

Au regard du profil journalier moyen du NO₂, on peut dire que le site Marseille / Place Verneuil est impacté par le trafic routier dont l'intensité de la source se situe entre un site de fond urbain et un site trafic.

5.3.2 Impact du trafic maritime

La Figure 15 illustre les profils moyens journaliers du SO₂ observés pendant l'année 2019 sur les sites de Marseille / Place Verneuil et Marseille / Longchamp.

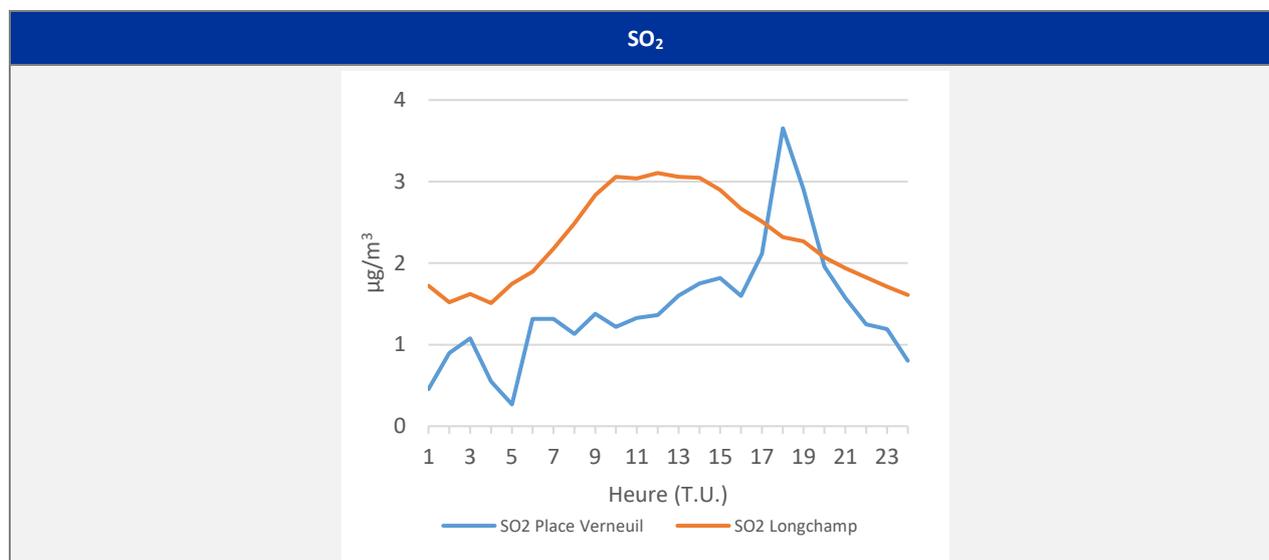


Figure 15 : profils journaliers moyens du SO₂ à Marseille / Place Verneuil et Marseille / Longchamp en 2019

Le profil journalier moyen du SO₂ sur le site de Marseille / Place Verneuil décrit des concentrations faibles et stables de 21h00 à 15h00 et un pic de concentration 2 à 3 fois plus intense durant environ 3 heures centré autour de 18h00. En période estivale, le profil journalier moyen du SO₂ sur le site de Marseille / Place Verneuil est identique mais avec un pic de concentration plus intense (+40 %). Ce profil de concentration semble donc singulier en comparaison de la mesure faite sur le site de fond urbain de Marseille / Longchamp et sur les sites industriels du pourtour de l'étang de Berre (Figures non présentées. Profils semblables à Marseille / Longchamp).

Cette signature montre une forte influence d'une source spécifique de SO₂ en ce lieu entre 17h et 20h.

L'étude des profils journaliers moyens du NO₂, des PM₁₀ et du SO₂ ont permis de mettre en évidence que :

- le trafic routier impact les concentrations de NO₂ et PM₁₀ durant toute l'année et
- qu'il existe une source spécifique de pollution qui impacte les concentrations de SO₂.

5.3.3 Origine des évènements de dioxyde de soufre SO₂

Sur 5202 moyennes horaires de SO₂ enregistrées sur l'année 2019, 40 sont supérieures ou égales à 20 µg/m³. La valeur seuil de 20 µg/m³ a été choisie car elle permet de montrer que l'évènement est significatif en regard de la concentration moyenne annuelle et de la limite instrumentale. La répartition horaire et la fréquence associée de ces « évènements » sont présentées sur la Figure 16.

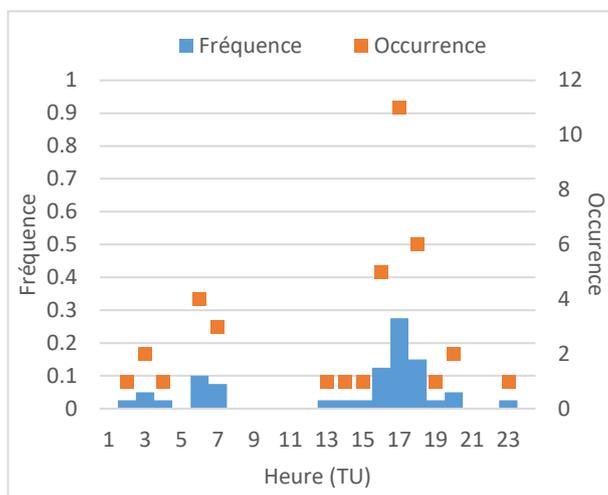


Figure 16 : fréquence et occurrence des évènements de fortes concentrations horaires de SO₂ sur le site de Marseille / Place Verneuil en 2019

55 % des évènements se situent dans la frange horaire 16h-18h avec un maximum à 17h. Ce maximum représente 11 épisodes de pollution au SO₂ supérieurs à 20 µg/m³ relevés soit 28 %. Le profil de fréquences ressemble au profil journalier de concentration moyenne du SO₂ observé à Marseille / Place Verneuil en 2019 (Figure 15).

Parmi ces 40 évènements, 10 ont lieu avant la mise en place (14 mars 2019) de la mesure de la météo sur la station Marseille / Place Verneuil dont la source géographique ne peut être renseignée. Parmi les 30 autres épisodes, 27 ont eu lieu entre la fin du mois d'avril (le 27) et la fin du mois de septembre (le 23). Les vents sur cette période de l'année sont en alternance : la brise de mer en journée et la brise de terre la nuit sur un axe est/ouest (Figure 17).

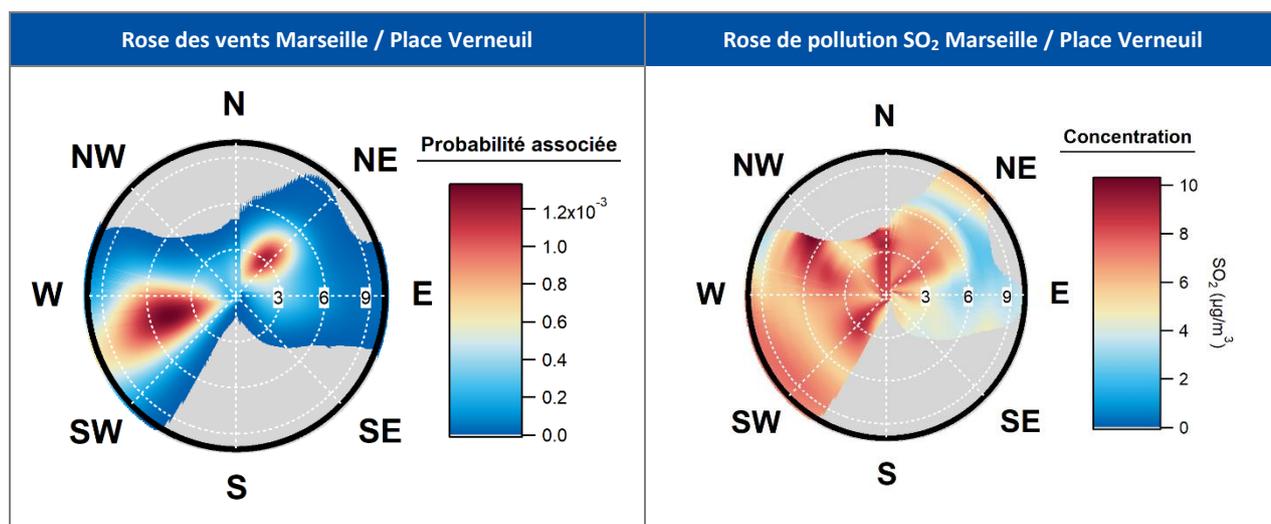


Figure 17 : rose des vents et rose de pollution SO₂ sur le site de Marseille / Place Verneuil entre le 27 avril et le 23 septembre 2019

La rose de pollution du SO₂ sur la période de mesure s'étalant du 27 avril au 23 septembre montre clairement une provenance des fortes concentrations en SO₂ depuis la façade ouest quelle que soit la force des vents. On peut aussi observer une contribution du secteur Nord-Est pour des vents de vitesse inférieure à 6 m/s.

Les évènements de pollution au SO₂ observés sur le site de Marseille / Place Verneuil sont donc dus à une combinaison d'une source spécifique à l'ouest de la zone d'étude et de vents transportant ces masses d'air vers la cabine de mesure.

Les mouvements de navires dans le GPMN sont principalement répartis sur 2 plages horaires :

- Les arrivées entre 3h et 6h.
- Les départs entre 15 et 18h.

Les horaires de mouvements de navires sont parfaitement corrélés avec les fréquences d'apparition des évènements de pollutions au SO₂ à Marseille / Place Verneuil (Figure 16).

L'origine des pointes horaires de SO₂ fréquemment observées autour de 18h00 sur le site de Marseille / Place Verneuil qui impactent le profil journalier moyen de SO₂ de l'année 2019 est en lien avec l'activité maritime du port autonome de Marseille. Les carburants des navires pouvaient contenir à cette date jusqu'à 3,5 % en masse de soufre. Les pics de pollutions sont très liés aux conditions météorologiques : les mouvements de navires exécutés le matin n'impactent pas les concentrations de SO₂ relevées sur l'agglomération Marseillaise en raison de la prédominance des brises de terres qui éloignent les masses d'air de la ville vers la mer.

Afin d'illustrer ces épisodes, la Figure 18 présente un des 40 évènements typiques de pics de pollutions au SO₂ observés sur le site de Marseille / Place Verneuil en date du 10 juillet 2019.

On peut voir un pic de SO₂ atteignant 54 µg/m³ (moyenne horaire) à 18h accompagné d'un pic de NO₂ et de PM10 respectivement de 112 et 58 µg/m³ (moyenne horaire). Au moment du pic, la station de mesure est sous influence d'un vent d'ouest (~250 °) venant de la façade maritime.

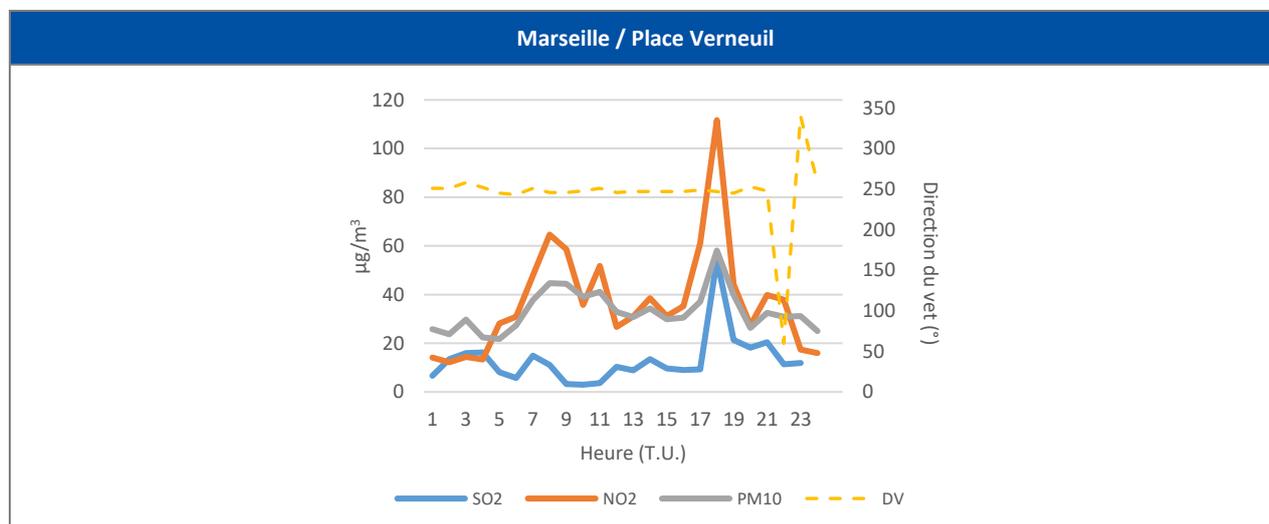


Figure 18 : mesures dynamiques des concentrations de NO₂, SO₂, PM10 et direction de vents sur le site de Marseille / Place Verneuil le 10 juillet 2019

La combustion de moteur thermique est une source connue de dioxyde d'azote. Cela concerne aussi le trafic maritime. Comme présenté sur la figure 18, lors de fortes concentrations de SO₂ sous influence des émissions de navires, on peut observer une hausse importante des concentrations de NO₂ en lien avec le trafic maritime.

Bien que des concentrations plus hautes de NO₂ et PM10 soient observées lors d'évènements de pollution accompagnant le SO₂ (Figure 18), il n'est pas possible de voir l'impact de ces évènements sur l'ensemble de l'année (Figure 14).

5.4 Comparaison des résultats aux valeurs de référence

En matière de surveillance de la qualité de l'air, la réglementation se base essentiellement sur :

- La directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe,
- La directive 2004/107/CE concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant,
- Des arrêtés préfectoraux,
- L'article R221-1 du Code de l'Environnement.

Le Tableau 5 ci-dessous synthétise les valeurs pour chacune des substances en fonction du seuil concerné.

Tableau 2 : synthèse de la réglementation en vigueur pour le NO₂, le SO₂ et les PM₁₀ et les résultats de mesure de la campagne EuroMéditerranée 2019 en regard de la réglementation

Polluants	Type de réglementation	Valeurs réglementaires (µg/m ³)	Durée d'exposition	Marseille / Place Verneuil
PM10 Particules fines	Valeurs limites	50	Jour (maximum 35 j / an)	8 dépassements Respecté
		40	Année	Respecté
	Objectif de qualité	30	Année	Respecté
NO₂ Dioxyde d'azote	Valeurs limites	200	Heure (maximum 18h / an)	Respecté
		40	Année	Respecté
SO₂ Dioxyde de soufre	Valeurs limites	350	Heure (maximum 24h / an)	Respecté
		125	Jour (maximum 3 j / an)	Respecté
	Objectif de qualité	50	Année	Respecté

Au cours de l'année 2019, la station Marseille / Place Verneuil n'aura enregistré aucun dépassement de seuils pour le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre. On constate 8 dépassements du seuil de 50 µg/m^{3v} journalier pour les PM₁₀ ; la réglementation en autorise 35. Les dépassements journaliers de PM₁₀ observés sur le site de mesure de Marseille / Place Verneuil sont majoritairement en lien avec une pollution généralisée à l'échelle de la ville. Ils sont notamment expliqués par la combustion de chauffage au bois lors de la période hivernale.

6. Conclusion

Dans le cadre de la surveillance de la qualité de l'air dans la **zone EuroMéditerranée**, AtmoSud a réalisé en **2018** deux campagnes de mesures spécifiques : deux mois de mesures du **dioxyde d'azote NO₂** et du **Benzène (C₆H₆)**, repartis sous la forme de campagnes estivales et hivernales. La première de mi-août à mi-septembre 2018 et la seconde de mi-novembre à mi-décembre 2018.

En **2019**, AtmoSud a mené une campagne de **mesures dynamiques** de janvier à décembre pour le **dioxyde de soufre SO₂**, le **dioxyde d'azote NO₂** et les **particules en suspension d'un diamètre de taille inférieure à 10 µm PM10**.

► Une exposition des populations marquée sur la zone EuroMéditerranée – 2018

Il est estimé que près de **8 000 personnes habitants dans la zone d'étude** sont exposés à des **concentrations de NO₂ supérieures à la valeur limite annuelle** (40 µg/m³). Cela représente **11,1 % de la population** de la zone EuroMéditerranée.

Le nombre de personnes exposées à des concentrations de PM2.5 et PM10 au-dessus des valeurs limite est quasi nul sur la zone d'étude. En revanche, lorsque la valeur de l'objectif de qualité fixée par l'OMS est choisi comme seuil, **100 % de la population de la zone EuroMéditerranée est touchée par la pollution de l'air aux PM2.5 et PM10**.

► 2018 – Etude de la dispersion géographique du dioxyde d'azote NO₂ et du benzène

Deux campagnes de mesures ont été menées afin d'observer **les niveaux moyens annuels de dioxydes d'azote et de benzène**. Le matériel utilisé pour cette surveillance sont des **tubes passifs**. Les principales observations sont :

- Concernant les niveaux de NO₂ obtenus :
 - Les niveaux de NO₂ varient entre 25 et 58 µg/m³ avec une concentration moyenne de 38 µg/m³ (Figure 10). Sur les 35 sites échantillonnés, les concentrations en NO₂ dépassent la valeur limite réglementaire annuelle pour ce polluant (de 40 µg/m³/an) ; cela, dans 50 % des situations de « trafic » et dans 21 % des cas des sites « fond urbain ».
- Concernant les niveaux de benzène obtenus :
 - Pour l'ensemble des points de mesures, **aucun des points de mesure ne dépasse la valeur limite réglementaire ou l'objectif de qualité** de l'air fixé respectivement à 2 et 5 µg/m³.

► 2019 – Mesures dynamiques de dioxyde d'azote NO₂, particules PM10 et dioxyde de soufre SO₂ sur la place de Verneuil pendant 1 an

Les mesures dynamiques des concentrations couplées aux conditions de vents permettent de **comprendre l'origine et les sources de pollutions sur la zone EuroMéditerranée**. Les principaux résultats sont :

- Le profil moyen journalier du NO₂ sur le site de Marseille / Place Verneuil décrit un profil typique à deux pics de fortes concentrations centrés sur 8h00 et 18h00 en lien avec l'intensification du trafic routier autour de ces plages horaires.
- Le profil journalier des PM10 sur le site de Marseille/Place Verneuil décrit un profil typique entre un site de fond urbain comme Marseille/Longchamp et un site trafic comme Marseille/Rabatau.
 - On constate 8 dépassements du seuil de 50 µg/m³ journalier pour les PM10 en sachant que la réglementation en autorise 35.
 - Les dépassements constatés sur le site Marseille/Place Verneuil sont causés par les sources multiples co-existant en milieu urbain
- Le profil moyen journalier du SO₂ sur le site de Marseille/place Verneuil présente des concentrations faibles et stables de 21h00 à 15h00 et un pic de concentration 2 à 3 fois plus intense durant environ 3 heures centré autour de 18h00
- Le profil journalier des PM10 sur le site de Marseille/Place Verneuil décrit un profil typique entre un site de fond urbain comme Marseille/Longchamp et un site trafic comme Marseille/Rabatau. Les événements de pollution au SO₂ accompagnés de teneurs plus fortes en NO₂ et PM10 proviennent principalement des départs de bateau dont les carburants pouvaient contenir à cette date jusqu'à 3,5 % en masse de soufre.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **Pascal M., de Crouy Chanel P., Corso M., Medina S., Wagner V., Gorla S., et al.** Impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique. Saint-Maurice : Santé publique France ; 2016. 158 p. Disponible à partir de l'URL : <http://invs.santepubliquefrance.fr/Dossiers-thematiques/Environnement-et-sante/Air-et-sante/Publications>
- [2] **DREAL PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR.** Plan de Protection de l'Atmosphère des Bouches-du-Rhône; 2013. 192 p. Disponible à partir de l'URL : http://www.Provence-Alpes-Côte-d'Azur.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_PPA13_version_finale_signee_17052013_cle577b2e.pdf.

GLOSSAIRE

Définitions

Lignes directrices OMS : Seuils de concentration définis par l'OMS et basés sur un examen des données scientifiques accumulées. Elles visent à offrir des indications sur la façon de réduire les effets de la pollution de l'air sur la santé. Elles constituent des cibles à atteindre qui confère une protection suffisante en termes de santé publique.

Maximum journalier de la moyenne sur huit heures : Il est sélectionné après examen des moyennes glissantes sur huit heures, calculées à partir des données horaires et actualisées toutes les heures. Chaque moyenne sur huit heures ainsi calculée est attribuée au jour où elle s'achève ; autrement dit, la première période considérée pour le calcul sur un jour donné sera la période comprise entre 17 h la veille et 1 h le jour même ; la dernière période considérée pour un jour donné sera la période comprise entre 16 h et minuit le même jour.

Pollution de fond et niveaux moyens : La pollution de fond correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps relativement longues. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur une année (pour l'ozone, on parle de niveaux moyens exprimés généralement par des moyennes calculées sur huit heures). Il s'agit de niveaux de pollution auxquels la population est exposée le plus longtemps et auxquels il est attribué l'impact sanitaire le plus important.

Pollution de pointe : La pollution de pointe correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps courtes. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur la journée ou l'heure.

Procédures préfectorales : Mesures et actions de recommandations et de réduction des émissions par niveau réglementaire et par grand secteur d'activité.

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

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

Objectif de qualité : n niveau de concentration à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement.

Valeur cible : Un niveau de concentration fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

Valeur limite : Un niveau de concentration fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint.

Couche limite : Couche atmosphérique en contact direct avec la surface terrestre, dans laquelle se produisent des modifications d'un point de vue dynamique et thermique. Son épaisseur varie d'une centaine de mètres à quelques kilomètres selon les caractéristiques du sol (rugosité, relief, ...), la saison (humidité, flux de chaleur, température).

Particules d'origine secondaires : Les particules secondaires résultent de la conversion en particules, des gaz présents dans l'atmosphère. Cette conversion, soit directement gaz-solide, soit par l'intermédiaire des gouttes d'eau, est appelée nucléation. La nucléation est le mécanisme de base de la formation des nouvelles particules dans l'atmosphère. Les principaux précurseurs impliqués dans la formation des particules secondaires sont le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x et nitrates), les composés organiques volatils (COV) et l'ammoniac (NH₃). Les particules secondaires sont essentiellement des particules fines (<2.5 µm).

AOT 40 : Égal à la somme des différences entre les concentrations horaires d'ozone supérieures à 80 µg/m³ (mesurés quotidiennement entre 8 h et 20 h, heure d'Europe Centrale) et la valeur 80 µg/m³ pour la période du 1er mai au 31 juillet de l'année N. La valeur cible de protection de la végétation est calculée à partir de la moyenne sur 5 ans de l'AOT40. Elle s'applique en dehors des zones urbanisées, sur les Parcs Nationaux, sur les Parcs Naturels Régionaux, sur les réserves Naturelles Nationales et sur les zones arrêtées de Protection de Biotope.

Percentile 99,8 (P 99,8) : Valeur respectée par 99,8 % des données de la série statistique considérée (ou dépassée par 0,2 % des données). Durant l'année, le percentile 99,8 représente dix-huit heures.

Sigles

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

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

ANTS : Association Nationale des Techniques Sanitaires

ARS : Agence Régionale de Santé

CSA : Carte Stratégique Air

CERC : Cellule Économique Régionale du BTP PACA

DRAAF : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de la région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

EQAIR : Réseau Expert Qualité de l'Air intérieur en région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

IARC : International Agency for Research on Cancer

ISA : Indice Synthétique Air

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

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ORP PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR : Observatoire des résidus de Pesticides en région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

PCAET : Plan climat air énergie territorial

PDU : Plan de Déplacements Urbains

PLU : Plan local d'Urbanisme

PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère

PRSA : Plan Régional de Surveillance de la qualité de l'Air

SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale

ZAS : Zone Administrative de Surveillance

Unité de mesures

mg/m³ : milligramme par mètre cube d'air
(1 mg = 10⁻³ g = 0,001 g)

µg/m³ : microgramme par mètre cube d'air
(1 µg = 10⁻⁶ g = 0,000001 g)

ng/m³ : nanogramme par mètre cube d'air
(1 ng = 10⁻⁹ g = 0,000000001 g)

TU : Temps Universel

Polluants

As : Arsenic

B(a)P : Benzo(a)Pyrène

BTEX : Benzène - Toluène - Éthylbenzène - Xylènes

C₆H₆ : Benzène

Cd : Cadmium

CO : Monoxyde de carbone

CO₂ : Dioxyde de carbone

COV : Composés Organiques Volatils

COVNM : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

ML : Métaux lourds (Ni, Cd, Pb, As)

Ni : Nickel

NO / NO₂ : Monoxyde d'azote / Dioxyde d'azote

NO_x : Oxydes d'azote

O₃ : Ozone

Pb : Plomb

PM non volatile : Fraction des particules en suspension présente dans l'air ambiant qui ne s'évapore pas à 50°C.

PM volatile : Fraction des particules en suspension qui s'évaporent entre 30°C et 50°C. Cette fraction des particules est mesurée depuis 2007.

PM 10 : Particules d'un diamètre < 10 µm

PM 2.5 : Particules d'un diamètre < 2,5 µm

SO₂ : Dioxyde de soufre

Classification des sites de mesure

Cette classification a fait l'objet d'une mise à jour au niveau national en 2015. Les stations de mesures sont désormais classées selon 2 paramètres leur environnement d'implantation et l'influence des sources d'émission.

Environnement d'implantation

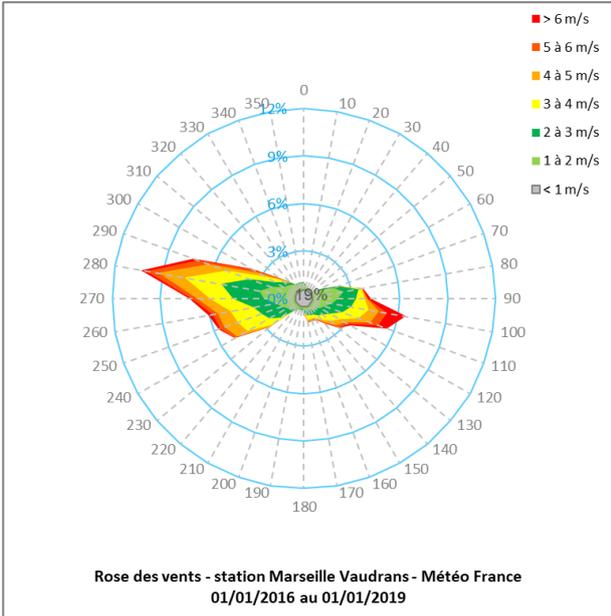
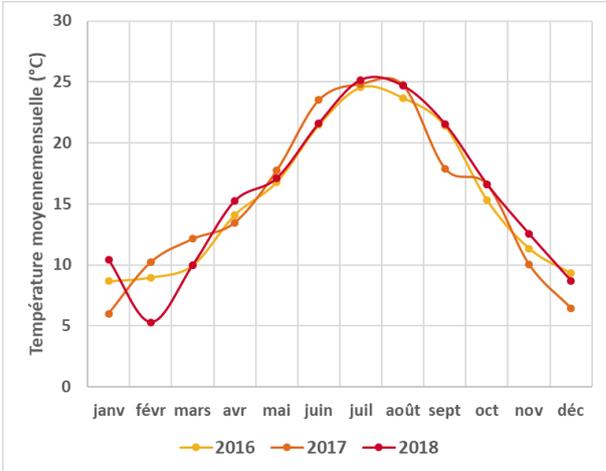
- **Implantation urbaine** : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine bâtie en continu, c'est-à-dire une zone urbaine dans laquelle les fronts de rue sont complètement (ou très majoritairement) constitués de constructions d'au minimum deux étages
- **Implantation périurbaine** : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine majoritairement bâtie, constituée d'un tissu continu de constructions isolées de toutes tailles, avec une densité de construction moindre
- **Implantation rurale** : Elle est principalement destinée aux stations participant à la surveillance de l'exposition de la population et des écosystèmes à la pollution atmosphérique de fond, notamment photochimique.

Influence des sources

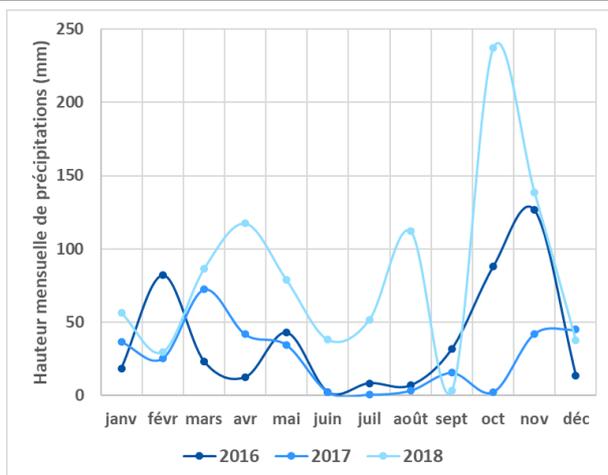
- **Influence Industrielle** : Le point de prélèvement est situé à proximité d'une source (ou d'une zone) industrielle. Les émissions de cette source ont une influence significative sur les concentrations.
- **Influence Trafic** : Le point de prélèvement est situé à proximité d'un axe routier majeur. Les émissions du trafic ont une influence significative sur les concentrations.
- **Influence de Fond** : Le point de prélèvement n'est soumis à aucun des deux types d'influence décrits ci-après. L'implantation est telle que les niveaux de pollution sont représentatifs de l'exposition moyenne de la population (ou de la végétation et des écosystèmes) en général au sein de la zone surveillée. Généralement, la station est représentative d'une vaste zone d'au moins plusieurs km².

ANNEXES

ANNEXE 1 Climatologie de la zone d'étude

Vents dominants	
 <p>Rose des vents - station Marseille Vaudrans - Météo France 01/01/2016 au 01/01/2019</p> <p>Rose des vents Marseille / Vaudrans 2016-2018 (données horaires)</p>	<p>A Marseille, les vents dominants sont de secteur ouest (38 % compris entre 250° et 290°) et est (26% compris entre 70° et 110°) avec des vitesses faibles à modérées (63% compris entre 1 et 4 m/s).</p> <p>Ces vents sont représentés par la rose des vents, établie sur 3 ans de données horaires entre 2016-2018 de la station Météo France de Marseille / Vaudrans.</p>
Température	
 <p>Evolution des températures moyennes mensuelles entre 2016 et 2018</p>	<p>La Figure présente les températures moyennes mensuelles enregistrées sur la station de Marseille / Vaudrans entre 2016 et 2018. Sur la période aout-septembre et novembre décembre (date des campagnes de mesures par tubes passifs), les températures moyennes observées sont généralement comprises respectivement entre 18 et 25°C et 6 et 13 °C.</p>

Pluviométrie



Evolution des hauteurs de précipitations mensuelles entre 2016 et 2018

la Figure présente les hauteurs mensuelles de précipitations sur la station de Marseille / Vaudrans entre 2016 et 2018. Sur la période août-septembre (date de la campagne estivale de mesures par tubes passifs), les précipitations rencontrées sont :

- Généralement très faibles en août (moins de 10 mm/mois), l'année 2018 faisant figure d'exception avec près de 110 mm
- Généralement faibles en septembre (moins de 40 mm/mois).

Sur la période novembre-décembre, les précipitations rencontrées sont très aléatoires variant entre 3 et 240 mm entre 2016-2018

ANNEXE 2 Plan d'échantillonnage

Numéro du site	Coordonnées GPS		Typologie	NO ₂	Benzène
	Latitude	Longitude			
1	43.2961287	5.37081306	fond	X	
2	43.2958607	5.37665148	trafic	X	
3	43.3452057	5.36801934	fond	X	
4	43.2953634	5.374052	trafic	X	X
5	43.2936421	5.37220341	trafic	X	X
6	43.3068941	5.36711167	trafic	X	
7	43.3002979	5.36830546	fond	X	
8	43.3338593	5.36306827	fond	X	
9	43.3027089	5.36795082	trafic	X	X
10	43.3057045	5.3653952	trafic	X	X
11	43.3071757	5.36576177	trafic	X	X
13	43.3050661	5.36713035	trafic	X	X
15	43.3064788	5.36761943	trafic	X	
16	43.3095419	5.36699437	trafic	X	X
17	43.3055556	5.3680555	fond	X	
18	43.3232583	5.3637855	trafic	X	
20	43.328594	5.3658014	trafic	X	X
21	43.3191213	5.36742962	trafic	X	X
24	43.3280199	5.37633888	fond	X	
25	43.3280431	5.36262617	fond	X	X
26	43.3273635	5.37498018	trafic	X	
27	43.3233439	5.36758607	trafic	X	
28	43.3307334	5.37170188	trafic	X	
29	43.3270826	5.35923262	trafic	X	X
30	43.324848	5.37377644	trafic	X	
31	43.319966	5.37063928	trafic	X	X
32	43.3221714	5.37023461	fond	X	

33	43.3247405	5.36531094	trafic	χ	
34	43.317728	5.37214447	fond	χ	
35	43.3124672	5.37314203	fond	χ	
36	43.3113333	5.37048902	fond	χ	
37	43.3066667	5.3719444	trafic	χ	χ
38	43.2987265	5.36610716	fond	χ	
39	43.305	5.3947222	fond	χ	
40	43.2763889	5.3972222	trafic	χ	

ANNEXE 3 Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS

Sources de pollution

Les polluants atmosphériques ont diverses origines.

Polluants	Sources principales
O₃ Ozone	L'ozone (O ₃) n'est pas directement rejeté par une source de pollution. C'est un polluant secondaire formé à partir des NO _x et des COV.
Particules en suspension (PM)	Les particules proviennent en majorité de la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), du transport routier (imbrûlés à l'échappement, usure des pièces mécaniques par frottement, des pneumatiques...), d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, chaufferie) et du brûlage de la biomasse (incendie, déchets verts).
NO_x Oxydes d'azote	Les sources principales sont les véhicules et les installations de combustion.
SO₂ Dioxyde de soufre	Le dioxyde de soufre (SO ₂) est un polluant essentiellement industriel. Les sources principales sont les centrales thermiques, les grosses installations de combustion industrielles, le trafic maritime, l'automobile et les unités de chauffage individuel et collectif.
COV dont le benzène Composés organiques volatils	Les COV proviennent de sources mobiles (transports), de procédés industriels (industries chimiques, raffinage de pétrole, stockage et distribution de carburants et combustibles liquides, stockages de solvants). Certains COV, comme les aldéhydes, sont émis par l'utilisation de produits d'usage courant : panneaux de bois en aggloméré, certaines mousses pour l'isolation, certains vernis, les colles, les peintures, les moquettes, les rideaux, les désinfectants... D'autres COV sont également émis naturellement par les plantes.
HAP Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Les HAP se forment par évaporation mais sont principalement rejetés lors de la combustion de matière organique. La combustion domestique du bois et du charbon s'effectue souvent dans des conditions mal maîtrisées (en foyer ouvert notamment), qui entraînent la formation de HAP.
CO Monoxyde de carbone	Combustion incomplète (mauvais fonctionnement de tous les appareils de combustion, mauvaise installation, absence de ventilation), et ce quel que soit le combustible utilisé (bois, butane, charbon, essence, fuel, gaz naturel, pétrole, propane).

Effets sur la santé

Les polluants atmosphériques ont un impact sur la santé variable en fonction de leur concentration dans l'air, de la dose inhalée et de la sensibilité des individus. Ils peuvent aussi avoir des incidences sur l'environnement.

Polluants	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
O ₃ Ozone	<ul style="list-style-type: none"> - irritation des yeux - diminution de la fonction respiratoire 	<ul style="list-style-type: none"> - agression des végétaux - dégradation de certains matériaux - altération de la photosynthèse et de la respiration des végétaux
Particules en suspension		<ul style="list-style-type: none"> - effets de salissures sur les bâtiments - altération de la photosynthèse
NO _x Oxydes d'azote	<ul style="list-style-type: none"> - irritation des voies respiratoires - dans certains cas, altération des fonctions pulmonaires 	<ul style="list-style-type: none"> - pluies acides - précurseur de la formation d'ozone - effet de serre - déséquilibre les sols sur le plan nutritif
SO ₂ Dioxyde de soufre		<ul style="list-style-type: none"> - pluies acides - dégradation de certains matériaux - dégradation des sols
COV dont le benzène Composés organiques volatils	<ul style="list-style-type: none"> - toxicité et risques d'effets cancérigènes ou mutagènes, en fonction du composé concerné 	<ul style="list-style-type: none"> - formation de l'ozone
HAP Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques		<ul style="list-style-type: none"> - peu dégradables - déplacement sur de longues distances
Métaux lourds	<ul style="list-style-type: none"> - toxicité par bioaccumulation - effets cancérigènes 	<ul style="list-style-type: none"> - contamination des sols et des eaux
CO Monoxyde de carbone	<ul style="list-style-type: none"> - prend la place de l'oxygène - provoque des maux de tête - léthal à concentration élevée 	<ul style="list-style-type: none"> - formation de l'ozone - effet de serre

Réglementation

En matière de surveillance de la qualité de l'air, la réglementation se base essentiellement sur :

- La directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe,
- La directive 2004/107/CE concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant,
- L'article R221-1 du Code de l'Environnement.

Les valeurs réglementaires sont exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'expression du volume doit être ramenée aux conditions de température et de pression suivantes : 293 K et 1013 hPa. La période annuelle de référence est l'année civile. Un seuil est considéré dépassé lorsque la concentration observée est strictement supérieure à la valeur du seuil.

Polluants	Type de réglementation	Valeurs réglementaires ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Durée d'exposition
O₃ Ozone	Seuil d'information- recommandations	180	Heure
	Seuil d'alerte	240	Heure
	Valeur cible		Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures (maximum 25 j / an)
	Objectif de qualité	120	8 heures
PM10 Particules	Seuil d'information- recommandations	50	Jour
	Seuil d'alerte	80	Jour
	Valeurs limites	50	Jour (maximum 35 j / an)
		40	Année
Objectif de qualité	30	Année	
PM2.5 Particules	Valeur limite	25	Année
	Valeurs cibles	20	Année
	Objectif de qualité	10	Année
NO₂ Dioxyde d'azote	Seuil d'information- recommandations	200	Heure
	Seuil d'alerte	400	Heure
	Valeurs limites	200	Heure (maximum 18h / an)
		40	Année
SO₂ Dioxyde de soufre	Seuil d'information- recommandations	300	Heure
	Seuil d'alerte	500	Heure (pendant 3h)
	Valeurs limites	350	Heure (maximum 24h / an)
		125	Jour (maximum 3 j / an)
Objectif de qualité	50	Année	
C₆H₆ Benzène	Valeur limite	5	Année
	Objectif de qualité	2	Année
Pb Plomb	Valeur limite	0,5	Année
	Objectif de qualité	0,25	Année
CO Monoxyde de carbone	Valeur limite	10 000	8 heures
BaP Benzo(a)pyrène	Valeur cible	0,001	Année
As Arsenic	Valeur cible	0,006	Année
Cd Cadmium	Valeur cible	0,005	Année

Ni Nickel	Valeur cible	0,02	Année
--------------	--------------	------	-------

Recommandations de l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS)

Les valeurs recommandées par l'OMS (2005) sont fondées sur des études épidémiologiques et toxicologiques publiées en Europe et en Amérique du Nord. Elles ont pour principal objectif d'être des références pour l'élaboration des réglementations internationales.

Il s'agit de niveaux d'exposition (concentration d'un polluant dans l'air ambiant pendant une durée déterminée) auxquels ou en dessous desquels il n'y a pas d'effet sur la santé. Ceci ne signifie pas qu'il y ait un effet dès que les niveaux sont dépassés mais que la probabilité qu'un effet apparaisse est augmentée.

Polluants	Effets considérés sur la santé	Valeur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) recommandée par l'OMS	Durée moyenne d'exposition
O ₃ Ozone	- impact sur la fonction respiratoire	100	8 heures
PM 10 Particules	- affection des systèmes respiratoire et cardiovasculaire	50	24 heures
		20	1 an
PM 2.5 Particules		25	24 heures
		10	1 an
NO ₂ Dioxyde d'azote	- faible altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	200	1 heure
		40	1 an
SO ₂ Dioxyde de soufre	- altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	500	10 minutes
	- exacerbation des voies respiratoires (individus sensibles)	20	24 heures
Pb Plomb	- niveau critique de plomb dans le sang < 10 – 150 g/l	0,5	1 an
Cd Cadmium	- impact sur la fonction rénale	0,005	1 an
CO Monoxyde de carbone	- niveau critique de CO Hb < 2,5 % - Hb : hémoglobine	100 000	15 minutes

