



AtmoSud

Qualité de l'Air

Provence - Alpes - Côte d'Azur

GPM : Projet de restructuration du terminal international Cap Janet & Joliette

Etat initial de la qualité de l'air en 2017

Date de parution : 21/09/2018

www.atmosud.org

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| 1. Projet de restructuration des terminaux Cap Janet et Joliette : 2017, état initial de la qualité de l'air. | 5 |
| 2. Méthodologie de l'état initial..... | 6 |
| 2.1 Période de mesures..... | 6 |
| 2.2 Position des moyens de mesure..... | 6 |
| 2.3 Moyens mis en œuvre et paramètres suivis | 7 |
| 3. Etat du trafic maritime et routier | 8 |
| 3.1 Trafic maritime | 8 |
| 3.2 Trafic routier..... | 10 |
| 4. Conditions météorologiques au cours des séquences de mesures. | 11 |
| 5. Particules PM10 | 12 |
| 5.1 Généralités | 12 |
| 5.2 Résultats des mesures en dynamique au gymnase Santi : période estivale | 13 |
| 5.3 Cartographie des niveaux réglementaires journaliers sur l'année 2017 pour les PM10..... | 14 |
| 5.4 Conclusion | 15 |
| 6. Dioxyde d'azote, NO₂ : | 16 |
| 6.1 Généralités | 16 |
| 6.2 Résultats | 17 |
| 7. Dioxyde de soufre (SO₂) : | 23 |
| 7.1 Généralités | 23 |
| 7.2 Résultats | 24 |
| 7.3 Conclusion | 27 |
| 8. Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes (BTEX) | 28 |
| 8.1 Benzène : | 28 |
| 8.2 Toluène..... | 32 |
| 8.3 Ethylbenzène | 36 |
| 8.4 Xylènes (somme des m, p et o) | 40 |
| 8.5 Proportions de BTEX..... | 44 |
| 8.6 BTEX, répartition annuelle..... | 46 |
| 8.7 Conclusion | 47 |
| 9. Aldéhydes | 48 |
| 9.1 Généralités | 48 |
| 9.2 Résultats | 49 |
| 9.3 Conclusion | 51 |
| 10. 1,3-butadiène..... | 52 |
| 11. Métaux lourds et Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques | 56 |
| 11.1 Généralités | 56 |
| 11.2 Résultats | 56 |
| 11.3 Conclusion | 59 |
| 12. Analyse de la journée du 4 août 2017, des apports de navires et des retours de masses d'air polluées. | 60 |
| 13. Conclusion | 62 |
| 14. Scenarii à l'horizon 2030 | 62 |

RESUME :

GPMM : Projet de restructuration du terminal international Cap Janet & Joliette

L'état initial de la qualité de l'air dans les secteurs du Cap Janet et de la Joliette, montre aujourd'hui des valeurs de polluants du même ordre de grandeur que sur le reste du territoire marseillais avec les plus forts niveaux en lien avec les grands axes routiers qui desservent la ville. Ce constat est la résultante des sources suivantes¹ :

► **la circulation automobile, responsable à Marseille de :**

- 50 % des émissions totales d'oxydes d'azotes (NOx),
- 18 % des émissions de particules PM10,
- 1 % des émissions de dioxyde de soufre (SO₂),

► **du secteur résidentiel et tertiaire occasionnant :**

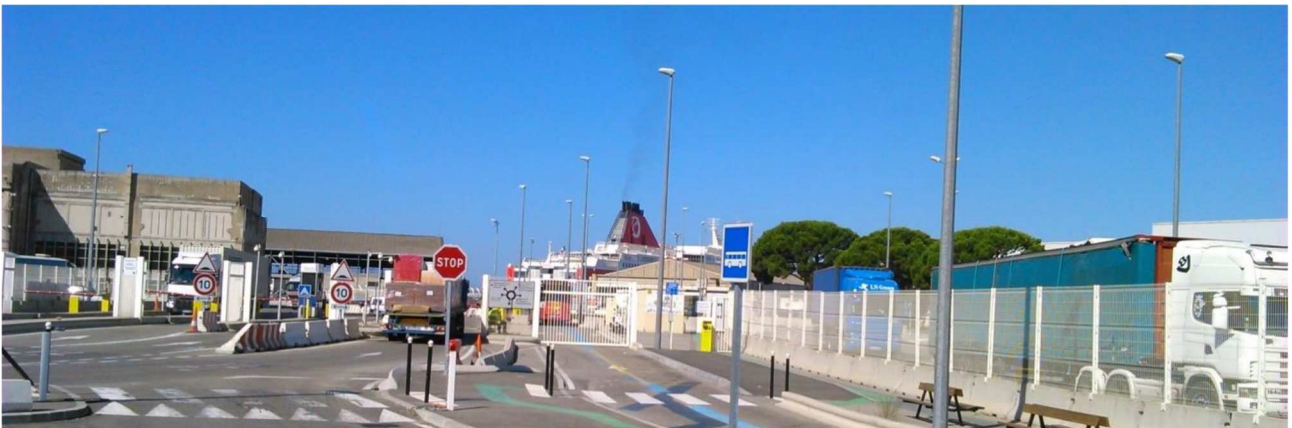
- 9 % des émissions de NOx,
- 20 % des émissions totales de PM10,
- 8% des émissions de SO₂,

► **et des modes de transports autres que routiers (tel que le transport maritime) à l'origine de :**

- 34% des émissions totales de NOx,
- 12% des émissions de PM10,
- 7% des émissions de SO₂.

Les niveaux observés dans le domaine du GPMM ainsi qu'en bordure respectent les seuils réglementaires en air ambiant pour les composés investigués. Exception faite pour les niveaux de NO₂ dans des zones urbanisées de proximité au domaine d'étude qui sont sous influence directe du trafic routier en lien avec la ville de Marseille.

L'activité portuaire et notamment les rejets des navires restent une source d'émission d'importance qui participe aux niveaux de fond de la ville et notamment pour des quartiers proches du domaine d'étude. AtmoSud va s'attacher à documenter ces niveaux dans les années futures et à évaluer la contribution des différentes sources émettrices tant en niveau de fond qu'en phénomènes de pollution de pointe. Il est envisagé dès 2018 d'effectuer des campagnes de mesures dans des quartiers situés dans les hauteurs du Cap Janet ainsi qu'au niveau de l'écoquartier d'Euroméditerranée afin d'objectiver les niveaux.



Entrée Cap Janet

¹ Les pourcentages d'émissions des différents polluants présentés sont issus des données de l'inventaire d'émission de Marseille en 2016, les données sont accessibles sur internet grâce à l'outil de Consultation d'Inventaires Géolocalisés Air-climat-Energie (CIGALE) d'AtmoSud.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les personnes et les organismes qui ont accepté d'accueillir des matériels de mesures sur leurs terrains sans que ces séquences d'observation n'auraient pu avoir lieu :

- Le GPMM
- La ville de Marseille et notamment les services de la maire du 15^{ème} et du 16^{ème}.

PARTENAIRES

Le Grand Port Maritime de Marseille (GPMM) est partenaire de cette étude.

AUTEURS ET INTERVENANTS

- Fanny CHAGNET : traitement de données et rédaction du rapport.
- Sébastien MATHIOT : pilote du projet.
- Boualem MESBAH : responsable des études.



Entrée Joliette

1. Projet de restructuration des terminaux Cap Janet et Joliette : 2017, état initial de la qualité de l'air.

Le Grand Port Maritime de Marseille (GPMM) a pour projet, dans ses bassins marseillais, de réaménager les terminaux du Cap Janet et de la Joliette. Le but est de rassembler l'intégralité de l'activité de transport de passagers et de marchandises à destination du Maghreb au Cap Janet et celle de la Corse à La Joliette (Figure 1).

En lien avec le projet stratégique du GPMM 2014-2018 et la charte Ville-Port, cette restructuration associe également la Métropole Aix-Marseille-Provence comme maître d'ouvrage pour la réalisation d'une nouvelle porte d'entrée sur le Port et le réaménagement des accès publics associés.

Le projet prévoit le déplacement de 200 escales par an du Sud vers le Nord soit une augmentation de 8% des escales sur le nord du port et une baisse de 21% des escales sur la partie sud d'ARENC du port. Ce déplacement se cumule avec les augmentations de trafic constatées sur le segment de la croisière. Le projet induira un déplacement de 130 000 véhicules par an entre la Joliette et le Cap Janet. Ce flux représente moins de 1% du trafic actuel de l'A55.

Généralisant ainsi une modification du trafic maritime et routier dans ce secteur, la qualité de l'air pourrait en être impactée.

Air Provence-Alpes-Côte d'Azur (AtmoSud) répond à la sollicitation du GPMM pour réaliser une étude sur la qualité de l'air en lien avec le projet par un plan de surveillance en 2017 et par l'utilisation d'outil de modélisation et de cartographie pour mesurer et évaluer l'impact qu'aura ce projet sur la qualité de l'air.

Ce rapport présente l'état initial de la qualité de l'air en 2017.

Les simulations de la situation future à l'horizon 2030 sans et avec les aménagements envisagés (scénarii 1 et 2) sont présentées dans un autre rapport.



Figure 1 : Schématisation du projet de restructuration du GPMM

2. Méthodologie de l'état initial

AtmoSud a réalisé des séquences de mesures dans les deux secteurs du GPMM sur lesquels les modifications vont porter (Cap Janet et la Joliette) ainsi que dans des zones situées à proximité des axes de circulations qui seront impactées par ces modifications. Des outils de cartographie seront également mis en œuvre pour spatialiser les informations des mesures ponctuelles de 2017.

Une fois le projet d'aménagement achevé, AtmoSud pourrait procéder à une nouvelle campagne de surveillance afin d'évaluer par ces mêmes mesures l'impact sur la qualité de l'air de ces nouveaux aménagements.

2.1 Période de mesures

Deux séquences de mesures ont été réalisées :

- Durant l'été, menée au cours de la période d'activité maritime la plus forte du 02/08/2017 au 20/09/2017,
- En période hivernale du 22/11/2017 au 20/12/2017, avec un trafic maritime plus faible mais une période de l'année qui rencontre habituellement des niveaux de pollution atmosphérique les plus élevés de l'année en lien avec la mauvaise dispersion des polluants dans l'air en hiver et le sur-ajout de la source du chauffage.

Remarque : Ces deux périodes de mesures couvrent environ 20% de l'année civile et permettent d'apprécier les niveaux annuels 2017. Les sites de mesures continues des environs de ce secteur géographique ont permis de valider cette estimation annuelle: les moyennes établies à partir des données de ces deux périodes sont semblables aux moyennes de l'année civile 2017 établies elles avec la totalité de données annuelles (NO₂ et PM₁₀).

2.2 Position des moyens de mesure

Les sites de prélèvement ont été positionnés sur les deux terminaux et dans des zones de proximité pouvant être impactées par l'activité portuaire. Les stations fixes d'AtmoSud qui suivent le niveau de fond de la ville et les niveaux en proximité de trafic routier servent de référence pour cette étude. La Figure 2 présente les différents dispositifs.

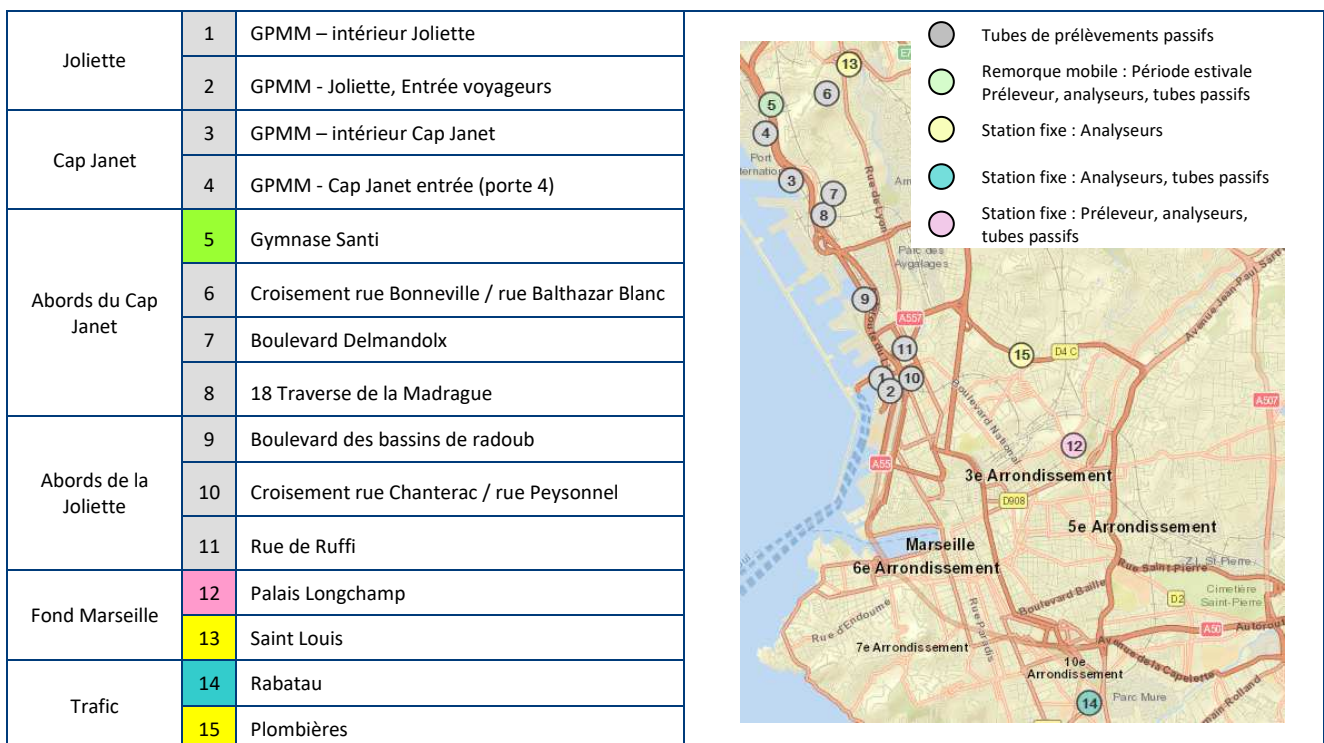


Figure 2 : Localisation et nature des dispositifs de surveillance

2.3 Moyens mis en œuvre et paramètres suivis

Le détail des composés suivis et des méthodes utilisées pendant la campagne de mesures sont disponibles dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Composés mesurés et moyens déployés

| Composé | Préleveur | Analyseur automatique | Tube passif (Radiello, Passam) |
|---|-----------|-----------------------|--------------------------------|
| Aldéhydes | | | X |
| Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylène (BTEX) | | | X |
| 1,3-Butadiène | | | X |
| Dioxyde d'azote (NO ₂) | | X | X |
| Dioxyde de soufre (SO ₂) | | X | X |
| Benzo(a)pyrène | X | | |
| Arsenic | X | | |
| Baryum | X | | |
| Cadmium | X | | |
| Chrome | X | | |
| Mercuré | X | | |
| Nickel | X | | |
| Plomb | X | | |
| Particules (PM ₁₀) | | X | |

2.3.1 Tubes passifs, 11 lieux investigués

Les prélèvements par tubes passifs ont été réalisés sur 11 sites au cours des deux périodes de mesure (été et hiver) et au gymnase Santi pendant la période estivale. Les tubes passifs suivants ont été disposés :

- Tubes radiello (BTEX, aldéhydes, 1,3-butadiène)
- Tubes passam (SO₂ et NO₂)

2.3.2 Un moyen mobile : Gymnase Santi

En plus de la surveillance effectuée par tubes passifs, un unique moyen de mesure dynamique (mesure tous les quarts d'heure) a été mobilisé pour cette séquence de mesure et son positionnement a longtemps été discuté.

Finalement il a été retenu un lieu proche de la zone du Cap Janet, là où les modifications les plus importantes en matière de qualité de l'air sont attendues à l'issue du programme de restructuration et dans un lieu susceptible également d'observer les rejets des navires du Cap Janet. C'est au niveau du gymnase Santi que ce moyen de mesure a été placé avec l'aimable concours de la maire des 15^{ème} et 16^{ème}.

C'est au cours de la période estivale, période de plus forte activité maritime, qu'une remorque a été déployée sur le site du gymnase Santi permettant d'effectuer un suivi dynamique d'un certain nombre de composés. Cette remorque est équipée :

- D'analyseurs automatiques : SO₂, NO_x, PM₁₀
- D'un préleveur actif : métaux lourds et Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

2.3.3 Station fixes

Les stations pérennes d'AtmoSud les plus proches sont également utilisées pour cette étude :

| | | | |
|----------------------------|--------------|-----------------------|----------------|
| •station Saint Louis : | Fond/Urbaire | •station Plombières : | Trafic/Urbaire |
| •station Palais Longchamp: | Fond/Urbaire | • station Rabatau : | Trafic/Urbaire |

3. Etat du trafic maritime et routier

3.1 Trafic maritime

L'activité maritime est émettrice de polluants dans l'atmosphère et es principaux composés surveillés dans ce cadre sont :

- Particules, métaux lourds, Black Carbon (BC), les oxydes d'azotes (NOx), les Composés Organiques Volatils (COV), les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) et les composés soufrés dont le dioxyde de soufre (SO₂).

Les transports autres que routiers, dont fait partie le transport maritime sont pour la ville de Marseille, à l'origine de :

- 34% des émissions totales de NOx,
- 12% des émissions de PM10,
- et 7% des émissions de SO₂.

Dans les bassins Est, l'activité maritime est plus élevée en période estivale pour les liaisons avec le Maghreb alors que l'activité avec la Corse est relativement lissée sur l'année. La figure 3 ci-après illustre cette fréquentation pour l'année 2016. On note que 53% du trafic maritime annuel avec le Maghreb se déroule de juin à septembre. Pour la liaison avec la Corse, l'activité est quasi constante sur l'année, avec une légère hausse durant la période estivale.

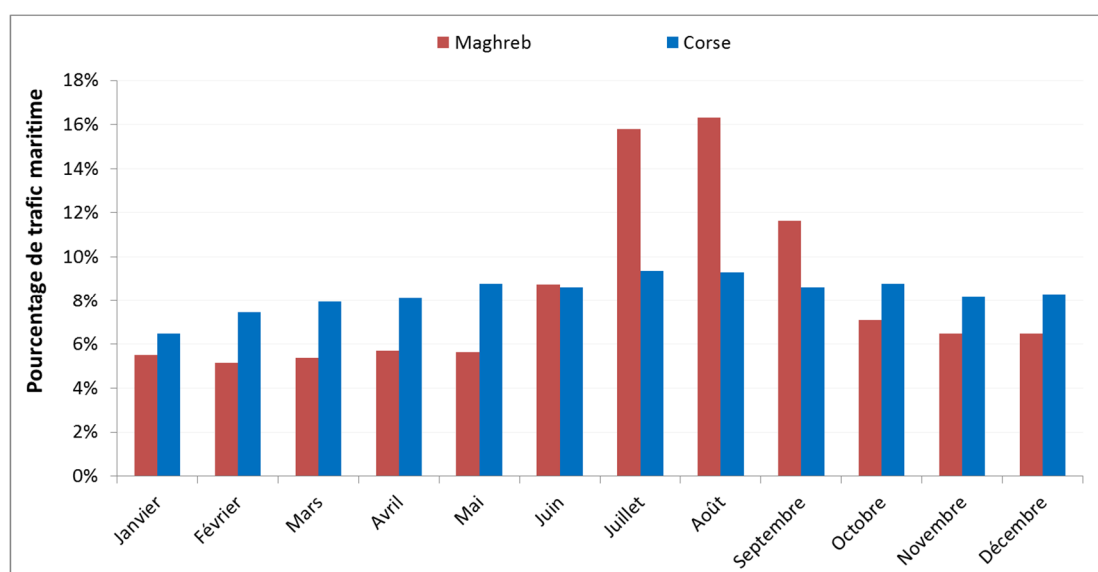


Figure 3 : Pourcentages du trafic maritime annuel 2016 sur les lignes du Maghreb et de la Corse

La clef de répartition du nombre d'escales entre les deux terminaux est clairement déséquilibrée (Tableau 2) et devrait le rester après les modifications envisagées (Référence = année 2016 / Tendanciel 2030 = évolution avec + 1% par an / Projet 2030 = tendanciel + projet de réaménagement des terminaux)

| Référence | Escale | | | Tendanciel | Escale | | | Projet | Escale | | |
|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|
| | Corse | Maghreb | Tot | | 2030 | Corse | Maghreb | | Tot | 2030 | Corse |
| Joliette | 790 | 260 | 1 050 | 2030 | 908 | 299 | 1 207 | 2030 | 1 077 | 0 | 1 077 |
| Cap Janet | 147 | 147 | 294 | Cap Janet | 169 | 169 | 338 | Cap Janet | 0 | 468 | 468 |
| autre | 207 | 0 | 207 | autre | 238 | 0 | 238 | autre | 238 | 0 | 238 |
| TOTAL | 1 144 | 407 | 1 551 | TOTAL | 1 315 | 468 | 1 783 | TOTAL | 1 315 | 468 | 1 783 |

Tableau 2 : clef de répartition des escales sur les deux terminaux en 2016, en 2030 sans et avec projet.

La Figure 4 ci-après présente les différents terminaux et bassins Est du GPMM.

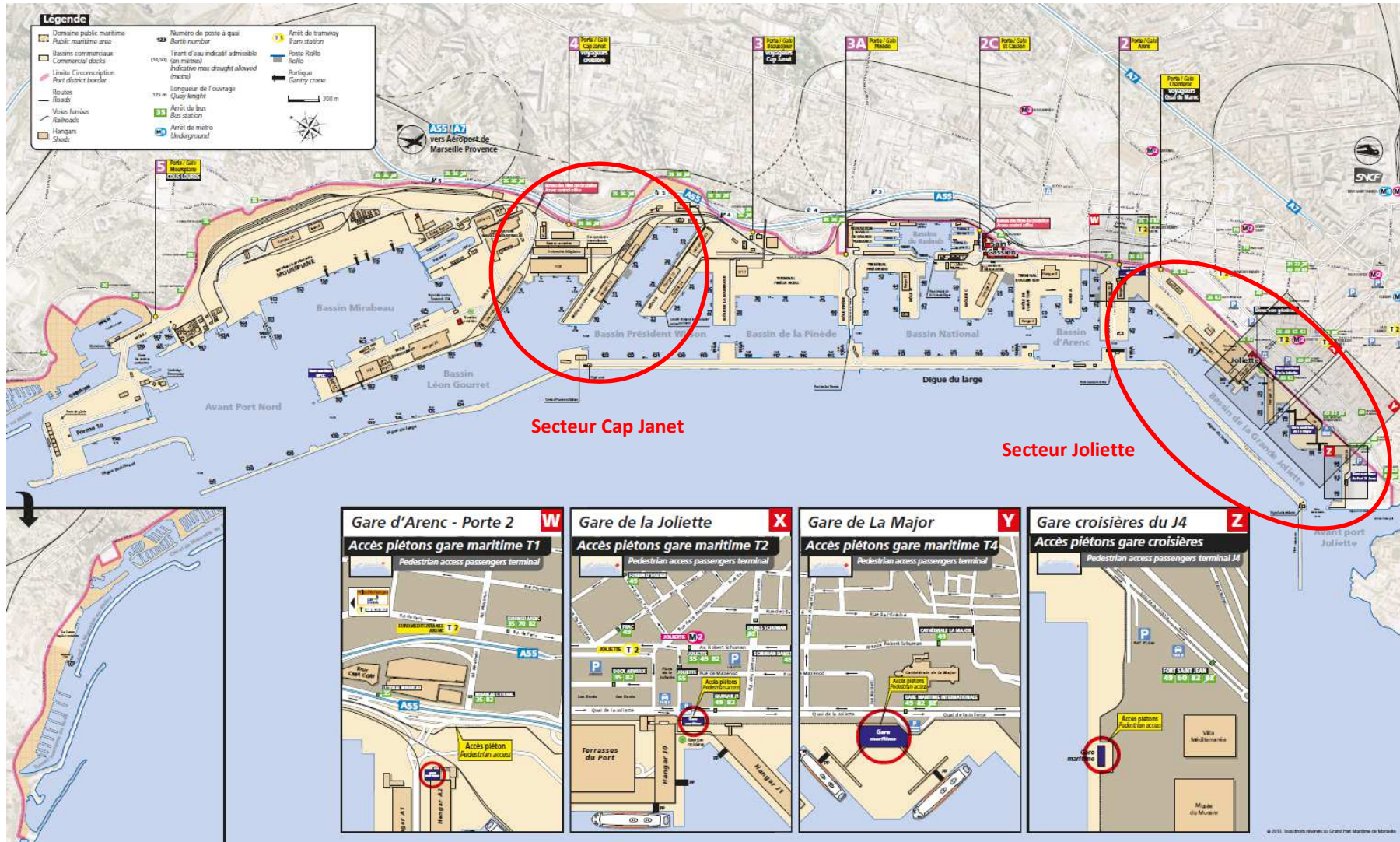


Figure 4 : Cartographie des bassins du GPM

3.2 Trafic routier

Le trafic routier urbain et périurbain de la ville de Marseille est important et impacte la qualité de l'air de la ville dans sa globalité par l'émission notamment d'oxydes d'azotes, de particules et de composés organiques volatils.

- la circulation automobile est responsable à Marseille de :
 - 50% des émissions totales d'oxydes d'azotes (NOx),
 - 18% des émissions de particules PM10,
 - et 1 % des émissions de dioxyde de soufre (SO₂);

Les véhicules embarquant et débarquant des ferries constituent un sur-ajout au trafic routier dans les zones de la Joliette et du Cap Janet. Ils ne représentent pour autant qu'un faible pourcentage du trafic routier des environs de ces deux zones, de l'ordre de 0,5 % par rapport au trafic de l'A55 (300 véhicule/jour en moyenne sur 1 an pour les bassins EST pour environ 60 000 véhicules MJA pour l'A55).

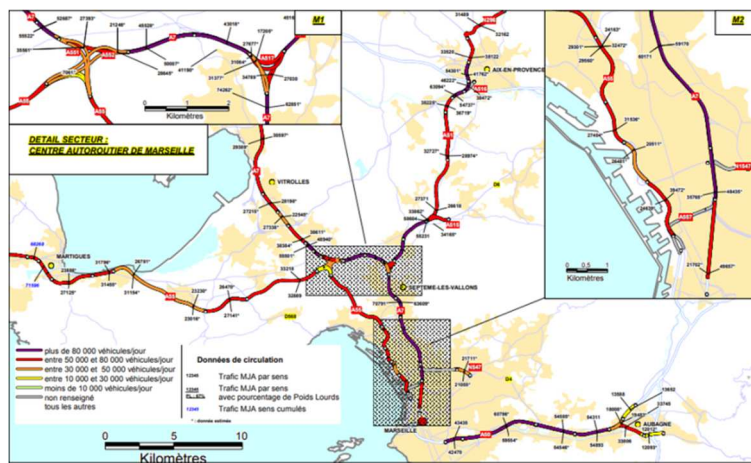


Figure 5 : Recensement de la circulation 2016 sur le réseau DIR Méditerranée

La période estivale qui est marquée par une plus forte activité maritime sur les lignes de ferries vers le Maghreb et une très légère augmentation vers la Corse (Figure 3) s'accompagne d'un afflux de Véhicules.

- Le pourcentage de véhicules que représente cette période de l'année par rapport au total annuel, a été en 2016 sur la période de juin à septembre de :
 - 60 % pour le Maghreb,
 - 50% pour la Corse, qui à trafic maritime constant embarque plus de véhicules en période estivale.

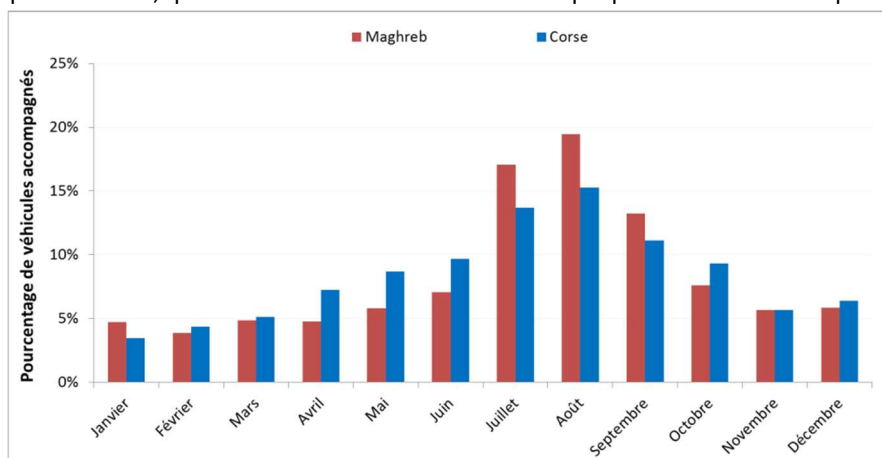


Figure 6 : Pourcentages par mois de véhicules embarqués sur les lignes du Maghreb et de la Corse en 2016

Cet apport en véhicules supplémentaires en période estivale qui accompagne le flot plus large des touristes compense la baisse du trafic urbain général constaté en période estivale en lien avec la période des congés.

4. Conditions météorologiques au cours des séquences de mesures.

Les informations météorologiques de la station de Martigues la Gatasse (point haut de la chaîne de l'Estaque), sont prises en compte car elles constituent une information synoptique pour la zone qui englobe la rade de Marseille.

Dans la Figure 6, les roses des vents pour les deux périodes de mesures, en cumulé, ainsi que pour l'année entière sont présentées. Il est ainsi observé :

Sur les deux périodes de mesures cumulées :

- 4% de vent calme (<1 m/s) auquel aucune direction de vent n'est associée,
- 43% de vent faible (entre 1 et 3 m/s),
- 53 % de vent modéré (entre 3 et 8 m/s), dont la grande majorité en provenance du Nord-Ouest ou de l'Ouest (conditions de Mistral).

Les 2 campagnes de mesures en 2017 ont été réalisées durant des séquences météorologiques classiques pour ces saisons :

- Une alternance de régime de vent, Mistral et régimes de brises alternées (de terre et de mer) pour la période estivale,
- Mistral et relative stabilité avec vent faible de secteur Nord/Est en période hivernale.

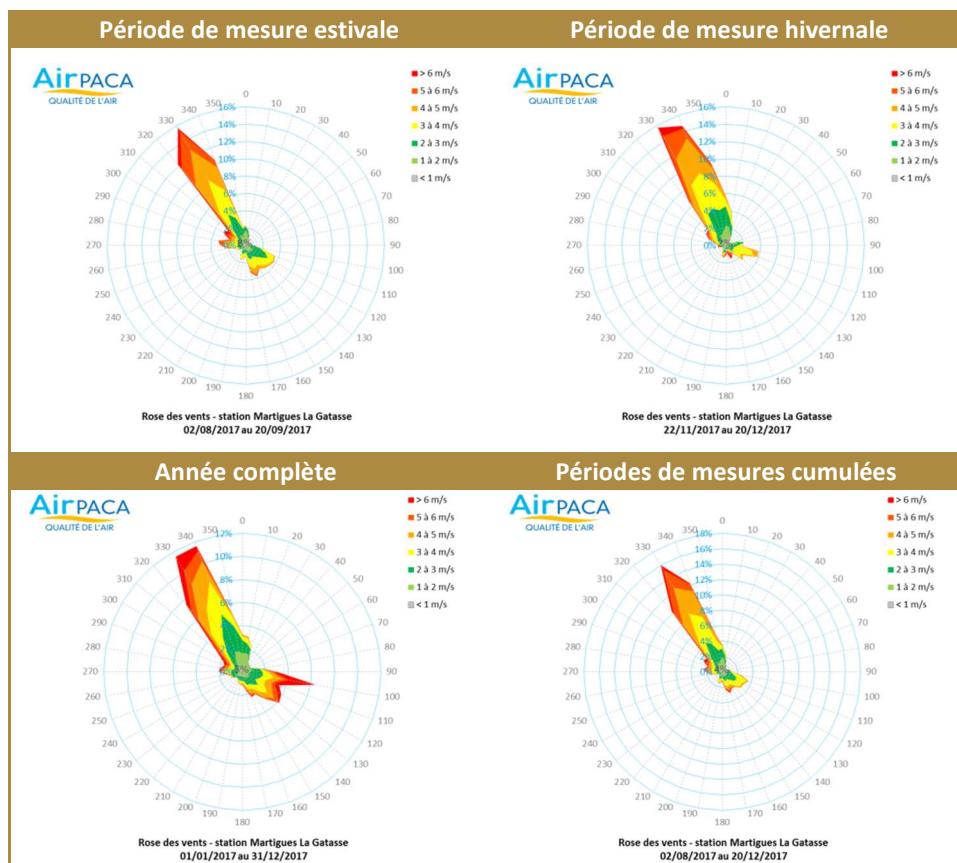


Figure 6 : Roses des vents à Martigues La Gatasse – Météo France

Il est observé moins de vent d'Est modéré sur les périodes de mesures cumulées que sur l'année civile complète en lien avec l'absence de mesure effectuées en automne et au printemps, périodes les plus favorables à ce vent d'est qui s'accompagne fréquemment de précipitations.

Cet élément n'a pas d'incidence sur le rendu de la situation annuelle en terme de pollution que nous allons effectuer sur la base de ces deux périodes de mesures.

5. Particules PM10

5.1 Généralités

5.1.1 Sources

Les PM10 regroupent l'ensemble des particules, de forme et compositions chimiques variées, ayant une taille inférieure à 10 µm (y compris les PM2.5). Les PM10 sont présents à l'état naturel et sont émis dans l'atmosphère par des sources :

- Biogéniques :
 - Erosion éolienne,
 - Réenvol (remise en suspension des particules par le vent),
 - Feux de forêts,
 - Débris végétaux, pollens.
- Anthropiques :
 - Trafic routier, aérien et maritime
 - Résidentiel et tertiaire (chauffage au bois),
 - Industrie,
 - Chantiers et carrières,
 - Agriculture.
- Secondaire : Réactions photochimiques entre des composés gazeux générant des composés en phase particulaire.

5.1.2 Effets sanitaires

Ces particules sont inhalables et s'infiltrent profondément dans les voies respiratoires, pouvant à long terme augmenter le risque de développer des problèmes respiratoires et cardiovasculaires. Sur une exposition chronique, elles peuvent augmenter le risque de développer un cancer :

- Les particules diesel, issues du trafic, ont été classées en groupe 1 (cancérogènes avérées) par le CIRC en 2012.
- Les gaz d'échappements ont été classés groupe 2B (cancérogènes possibles) par le CIRC en 1989.

Selon la [circulaire interministérielle DGS/SD 7B 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 : Valeur toxicologique de référence (VTR) chronique par voies respiratoires avec seuil : 5.10^{-3} mg/m³ (source EPA 2003).

5.1.3 Règlementation air ambiant

La réglementation impose de ne pas dépasser les seuils de concentrations dans l'air ambiant suivants, sur un pas de temps :

- Annuel :
 - Valeur limite : 40 µg/m³,
 - Objectifs de qualité : 30 µg/m³.
- Journalier :
 - Valeur limite : 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an (Percentile 90.4),
 - Seuil de recommandation et d'information : 50 µg/m³,
 - Seuils d'alerte : 80 µg/m³.

5.2 Résultats des mesures en dynamique au gymnase Santi : période estivale

Pendant la période faste de l'activité maritime, un analyseur de PM10 a été installé au gymnase Santi afin d'observer le niveau de particules en ce lieu susceptible d'être concerné par l'activité maritime voisine :

Il est à noter que ce lieu est également en prise directe avec l'A55 notamment, voie structurante de l'entrée/sortie de la ville de Marseille.

En comparant ces mesures aux autres sites de Marseille, il est observé que le gymnase Santi a (Figure 7) :

- en moyenne journalière, des tendances comparables au Palais Longchamp et Rabatau
- des concentrations de 4h et 20h en semaine se rapprochant d'un site trafic tel que Rabatau (proximité de sources routières d'importance) mais se comporte comme un site de fond tôt le matin et tard le soir (lieu dispersif en opposition à Rabatau).
- un comportement et des niveaux peu différents de celui de Rabatau et du Palais Longchamp le week-end bien que l'activité maritime de proximité soit bien présente à ces moments-là, signe du peu d'incidence de cette activité en ce lieu concernant les PM10.

La valeur limite journalière de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, à ne pas dépasser plus de 35 jours par an, a été atteinte une fois au cours de la période estivale sur le site du gymnase Santi ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{j}$ le 04/08/2017) comme le site de Rabatau ($52 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{j}$).

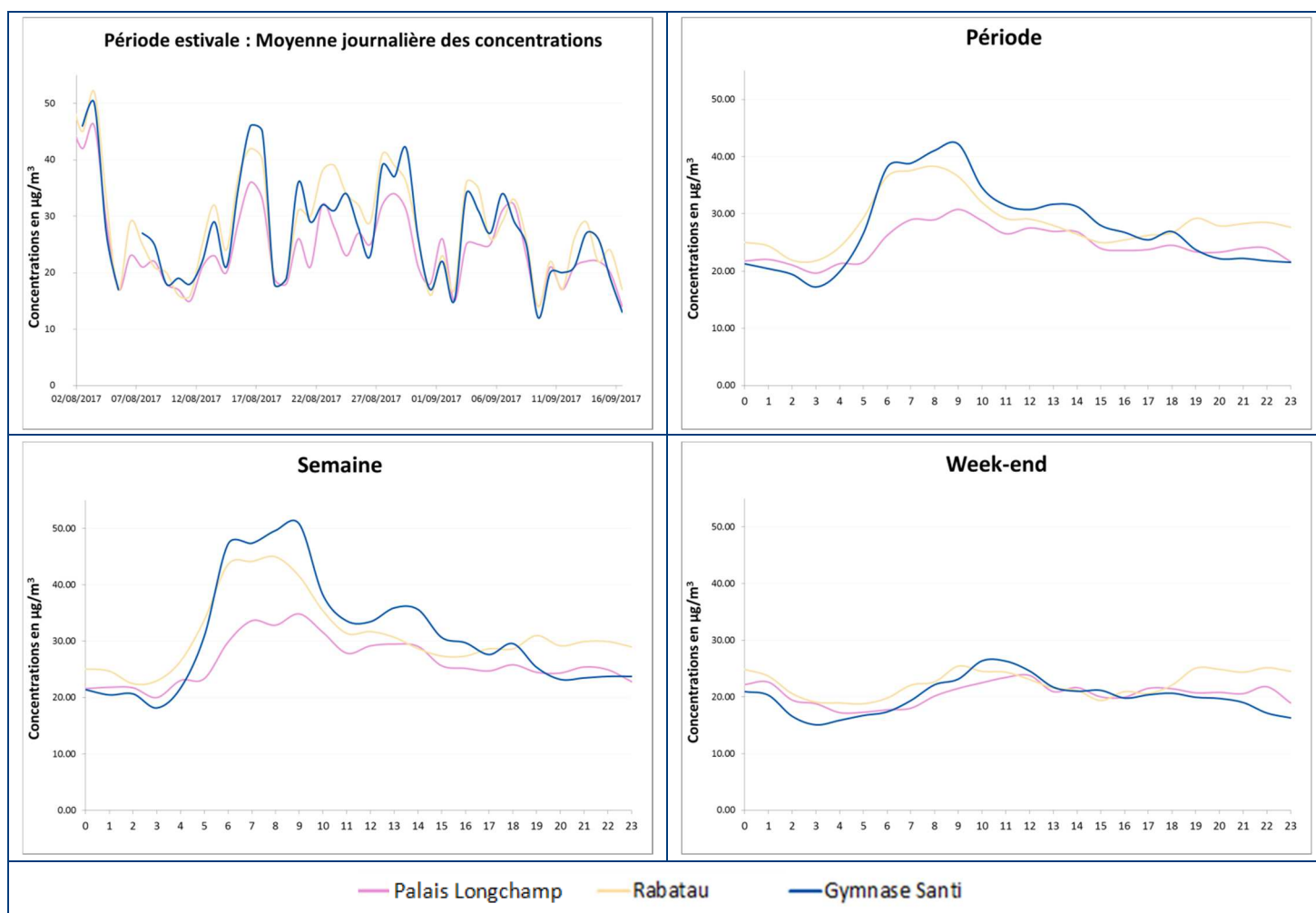


Figure 7 : Concentrations moyennes journalières et profils journaliers (heure UTC) des PM10 pour la période estivale

Le diagramme en boîtes (Figure 8) confirme la corrélation des résultats entre le gymnase Santi et Rabatau avec une distribution similaire mais des valeurs extrêmes plus élevées au niveau du gymnase Santi.

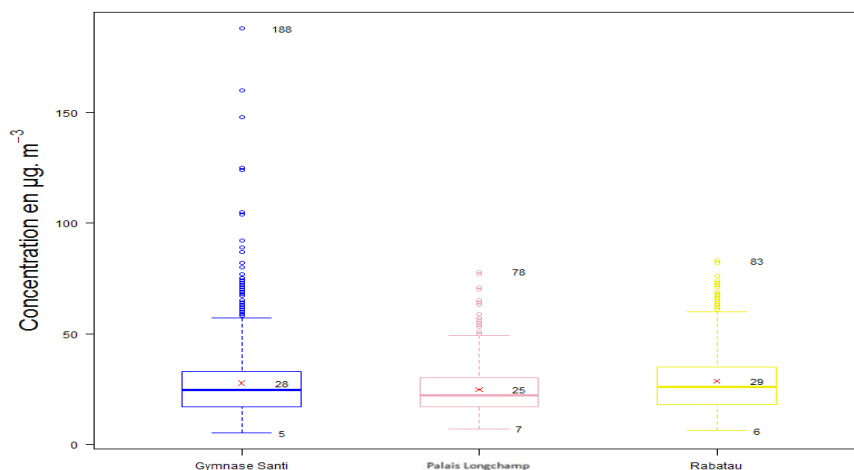


Figure 8 : Diagrammes en boîtes des concentrations horaires PM10 sur la période estivale

Ces valeurs considérées comme extrêmes pour le site du gymnase Santi ont été mesurées aux heures de pointe du trafic routier (entre 6h et 9h UTC) et sont en rapport avec l'importance du trafic routier présent en ce lieu.

5.3 Cartographie des niveaux règlementaires journaliers sur l'année 2017 pour les PM10

(Plus de 35 jours avec des niveaux journaliers supérieurs à 50 µg/m³/j = Percentile 90.4 des moyennes journalières)

Nos outils de modélisation qui intègrent à la fois les relevés effectués sur zone, les données météorologiques de l'année, la topographie des lieux, les données d'inventaires des émissions avec des paramètres de dispersion livrent la cartographie ci-dessous (Figure 9) ou apparaît :

- Les niveaux dépassant le seuil réglementaire en PM10, en rouge sur la carte, se trouvent à proximité des axes importants de circulation routière et à l'intérieur de carrières (Sainte-Marthe).
- Des niveaux modérés, en orange, se rencontrent dans une grande partie de la ville.
- Les abords immédiats et l'intérieur du domaine de l'étude observent des niveaux légèrement plus faibles avec pour P90,4 des moyennes journalières autour des 35 µg/m³.

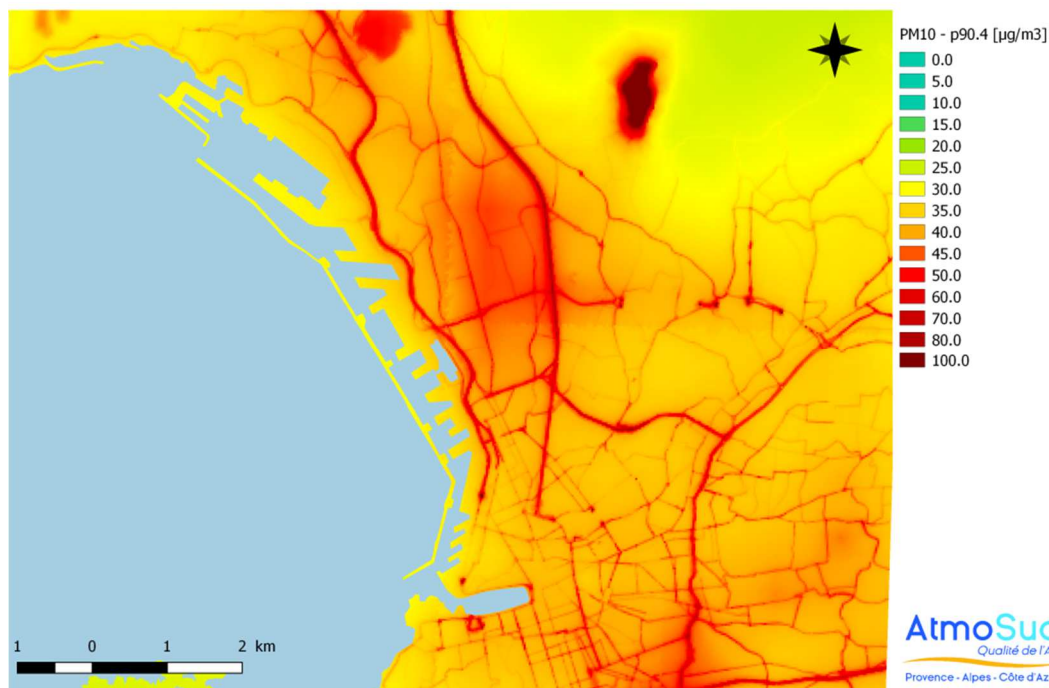


Figure 9 : Cartographie des niveaux annuel 2017 en PM10 (le P90,4 des moyennes jours)

5.4 Conclusion

Les mesures en dynamique des PM10 au gymnase Santi mettent en évidence :

- La ressemblance entre le site du gymnase et celui de Rabatau (corrélation, distribution des valeurs, plages horaires, niveaux...) montre que ce lieu est grandement impacté par les rejets du trafic routier entrant / sortant de la ville de Marseille, il peut être qualifié comme l'est Rabatau de proximité routière.
- Le comportement de ce lieu ne montre pas de singularité le week-end en lien avec l'activité maritime qui pourtant s'opère au niveau des bassins Est, il suit le comportement de Rabatau semaine comme week-end.

Règlementation :

- La valeur limite journalière de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, à ne pas dépasser plus de 35 jours par an, a été atteinte un jour au cours de la période estivale la même journée sur le site du gymnase Santi et celui de Rabatau.
- Aucune moyenne annuelle n'a pu être calculée sur le site du gymnase Santi par la seule mesure estivale effectuée. Néanmoins, la modélisation fait apparaître un dépassement de l'objectif de qualité de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$, qui trouve une explication dans les raisons suivantes :
 - la moyenne des concentrations estivales au gymnase Santi s'élève déjà à $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
 - la saisonnalité des concentrations PM10 implique une moyenne hivernale plus élevée,
 - similitude entre les niveaux au gymnase Santi et le site Rabatau ($34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ moyenne annuelle en 2017).
- Les abords immédiats et l'intérieur du domaine de l'étude observent des niveaux qui respectent le seuil réglementaires journaliers sur l'année avec pour P90,4 des moyennes journalières autour des $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figure 10 : Cartographie 2017 des zones en dépassement en PM10 (P90.4 des moyennes journalières $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en rouge).

6. Dioxyde d'azote, NO₂ :

6.1 Généralités

6.1.1 Sources

Le dioxyde d'azote fait partie des protoxydes d'azotes (NO_x) qui sont rejetés dans l'atmosphère par des sources:

- Biogénique :
 - Orage,
 - Activité volcanique.
- Anthropique (source principale) :
 - Combustion des combustibles fossiles et plus particulièrement les gaz d'échappements des voitures et des navires
 - Industrie
 - Production d'énergie

Il peut s'agir d'un polluant primaire (émis directement) ou secondaire (issu de réactions atmosphériques entre d'autres polluants : oxydation du monoxyde d'azote NO : réaction quasiment immédiate).

Sa source principale étant le trafic routier on le retrouve en quantité plus importante à côté des axes routiers et en centre-ville.

6.1.2 Effets sanitaires

Ce composé est irritant pour les bronches, il augmente la fréquence et la gravité des crises d'asthmes et favorise les infections pulmonaires infantiles.

Le dioxyde d'azote n'a pas été classé cancérogène par l'UE, ni par l'US EPA et l'IARC.

VTR aigüe 0,2 mg/m³ (OMS) / VTR chronique 0,04 mg/m³ (OMS).

6.1.3 Règlementation air ambiant

La réglementation impose de ne pas dépasser les seuils de concentrations dans l'air ambiant suivants, sur un pas de temps :

- Annuel :
 - Valeur limite : 40 µg/m³,
 - Objectifs de qualité : 40 µg/m³.
- Horaire :
 - Valeur limite : 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an,
 - Seuil de recommandation et d'information : 200 µg/m³,
 - Seuils d'alerte :
 - 400 µg/m³ sur 3 heures consécutives,
 - 200 µg/m³ si :
 - dépassement de ce seuil la veille
 - et risque de dépassement le lendemain.

6.2 Résultats

6.2.1 Tubes passifs

Les résultats des triplets (trois tubes sur le même site de mesures) ayant moins de 10% de différence entre eux, la répétabilité des mesures est considérée comme bonne.

Les deux périodes de mesures couvrent environ 20% de l'année civile, elles permettent d'apprécier les niveaux annuels 2017. Les sites de mesures continues des environs de ce secteur géographique ont permis de valider cette estimation : les moyennes établies à partir des données des analyseurs sur ces deux périodes sont semblables aux moyennes de l'année civile 2017 établies elles avec la totalité de données annuelles.

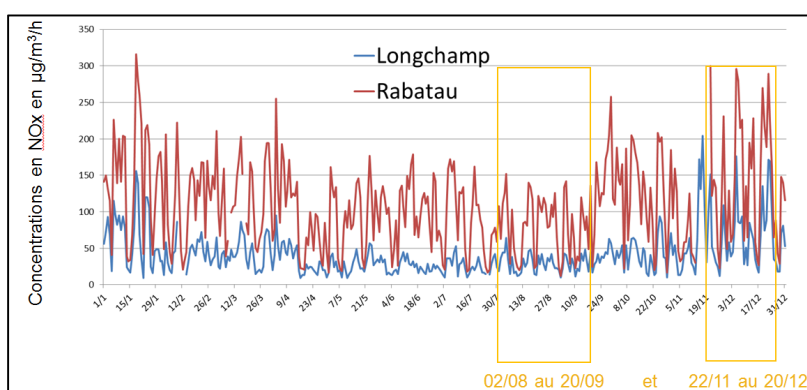


Figure 11 : Mesures continues en 2017 et périodes de mesures des tubes passifs de la campagne en orange

La comparaison entre la cartographie des concentrations moyennes annuelles en NO₂ (Figure 16) et la carte du trafic routier à Marseille en 2016 (Figure 5) permet d'observer que :

- Les concentrations les plus élevées en NO₂ sont bien corrélées aux zones de trafic les plus important :
 - Les sites du Cap Janet et d'une partie de ses abords (sites 3, 7 et 8) ont des concentrations plus faibles que les abords de la Joliette (sites 9, 10 et 11) qui correspondent à une zone de trafic plus important et un bâti plus dense.
 - La Joliette (sites 1 et 2) bien qu'étant proche d'une zone de trafic important et de la zone d'embarquement des bateaux, présente des concentrations en NO₂ plus faibles que les autres sites en période estivale. Cependant, en période hivernale, le site 1 a une concentration moyenne faisant partie des plus élevées.

Les concentrations moyennes sont plus élevées en hiver qu'en été (comme constaté sur la Figure 11), en effet elles varient de 20 à 52 µg/m³ en été et de 41 à 57 µg/m³ en hiver (cf figure 12 ci- après). Cette saisonnalité des concentrations est due à la combinaison des phénomènes suivants :

- Source supplémentaire : chauffage,
- Mauvaise dispersion et accumulation des polluants au sol due aux conditions météorologiques moins dispersives.

Règlementation : La moyenne annuelle, estimée à partir des mesures réalisées sur les périodes hivernales et estivales, dépasse la valeur limite annuelle de 40 µg/m³ en plusieurs lieux :

- GPMM - Cap Janet entrée (porte 4),
- Abords de la Joliette (sites 9, 10, 11),

Remarques :

- Points 10 et 11 : travaux au moment des prélèvements pouvant augmenter les niveaux constatés.
- Afin de faire apparaître trois catégories de concentrations par site en fonction de la distribution des données, dans la Figure 13, l'échelle peut varier d'une carte à l'autre.

Tableau 3 : Concentrations moyennes en NO₂ mesurées par tubes passifs (µg/m³)

| | Numéro | Site | Période estivale | Période hivernale | Moyenne annuelle estimée | Analyseur |
|------------------------------|--------|---|------------------|-------------------|--------------------------|--------------|
| Joliette | 1 | GPMM – intérieur Joliette | 20,22 | 52,88 | 34,35 | |
| | 2 | GPMM - Joliette, Entrée voyageurs | 26,35 | 44,24 | 33,89 | |
| Cap Janet | 3 | GPMM – intérieur Cap Janet | 28,69 | 44,58 | 35,44 | |
| | 4 | GPMM - Cap Janet entrée porte 4 | 35,42 | 47,78 | 41,05 | |
| Abords du Cap Janet | 5 [a] | Gymnase Santi 1 | 39,63 | - | - | |
| | 5 [b] | Gymnase Santi 2 | 37,31 | - | - | |
| | 5 [c] | Gymnase Santi 3 | 39,79 | - | - | |
| | 5 | Gymnase Santi : moyenne triplet | 38,91 | - | - | 36,78 |
| | 6 | Croisement rue Bonneville / rue Balthazar Blanc | 31,80 | 43,86 | 37,11 | |
| | 7 | Boulevard Delmandoux | 28,34 | 41,90 | 34,27 | |
| | 8 | 18 Traverse de la Madrague (montée de Mouren) | 35,29 | 45,79 | 39,94 | |
| | 9 | Boulevard des bassins de radoub | 37,93 | 51,18 | 44,14 | |
| Abords de la Joliette | 10 | Croisement rue Chanterac / rue Peysonnel | 49,01 | 51,99 | 50,35 | |
| | 11 | Rue de Ruffi | 44,80 | 56,80 | 50,67 | |
| | 12 [a] | Palais Longchamp 1 | 23,48 | 41,40 | - | |
| Fond Marseille | 12 [b] | Palais Longchamp 2 | - | 42,37 | - | |
| | 12 [c] | Palais Longchamp 3 | - | 41,94 | - | |
| | 12 | Palais Longchamp : moyenne triplet | 23,48 | 41,90 | 32,69 | 30,43 |
| Trafic | 14 [a] | Rabatau 1 | 52,23 | 53,66 | - | |
| | 14 [b] | Rabatau 2 | 50,69 | 53,26 | - | |
| | 14 [c] | Rabatau 3 | 51,65 | 53,44 | - | |
| | 14 | Rabatau : moyenne triplet | 51,52 | 53,46 | 52,43 | 45,35 |

- Plus faibles concentrations mesurées

Plus fortes concentrations mesurées +

Figure 13 : Les moyennes en NO₂ mesurées par tubes passifs (µg/m³)

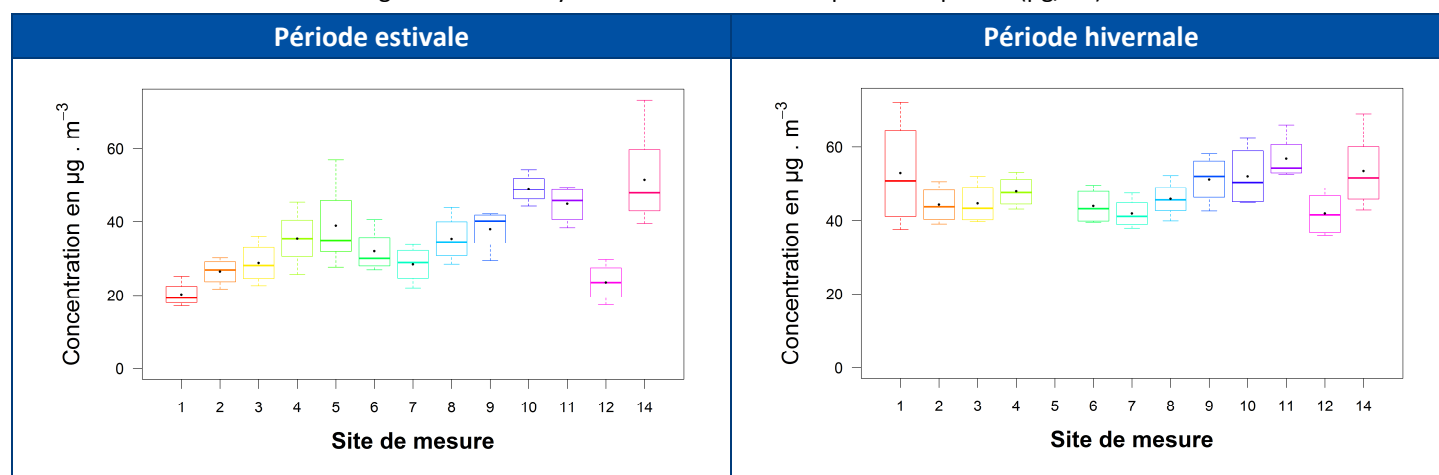
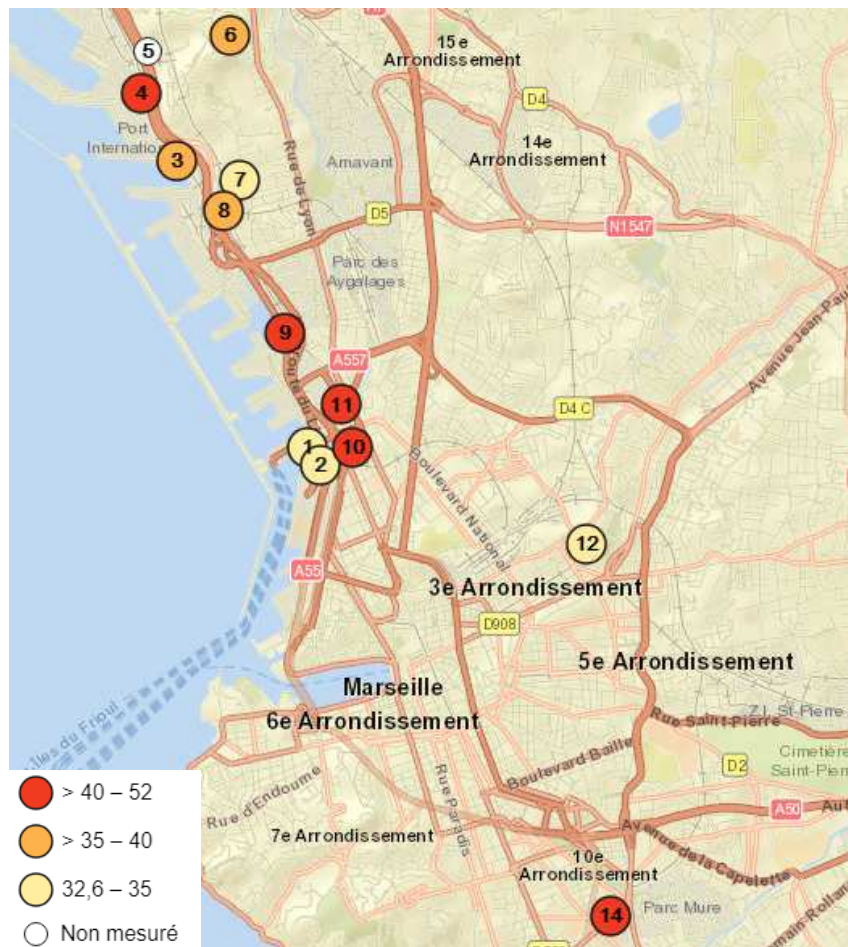


Figure 12 : Diagrammes en boîtes des mesures de NO₂ réalisées par tubes passifs (µg/m³)

NO₂⁽²⁾ en µg/m³

Concentration moyenne annuelle

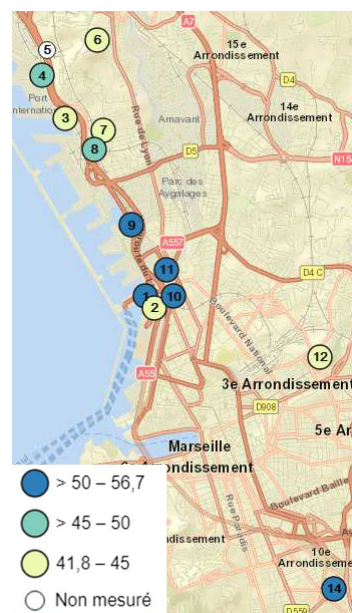


Règlementaire : Valeur limite annuelle : 40 µg/m³



Période estivale

Période hivernale



² Dans un souci de classer les concentrations en trois catégories distinctes par rapport aux valeurs mesurées, les cartographies estivale et hivernale ont des échelles différentes.

6.2.2 Observations au gymnase Santi en période estivale

Pendant cette période faste d'activité maritime, un analyseur de NO₂ a été installé au gymnase Santi afin d'observer le niveau de NO₂ en ce lieu. Ainsi, il est observé pour le site du gymnase Santi (Figure 14) :

- Des tendances et des niveaux en NO₂ comparables au site de mesures de Saint Louis (proximité géographique),
- Des tendances comparables avec le site de mesures de Plombières (meilleur coefficient de corrélation) mais avec des niveaux plus faibles,
- Se comporte comme un site de fond tôt le matin et le soir,
- Se comporte comme un site trafic entre 8h et 19h, avec des valeurs :
 - égales à celles de Rabatau en semaine,
 - supérieures à celles de Rabatau le week-end

La Figure 15 confirme la similitude des résultats entre Saint Louis et le gymnase Santi avec cependant :

- des valeurs des deux premiers quartiles plus élevées se rapprochant de celles de Rabatau,
- des valeurs extrêmes comparables à celles du site de Plombières.

La valeur limite horaire de 200 µg/m³, à ne pas dépasser plus de 18 heures par an, n'a été dépassée par aucun site sur la période estivale.

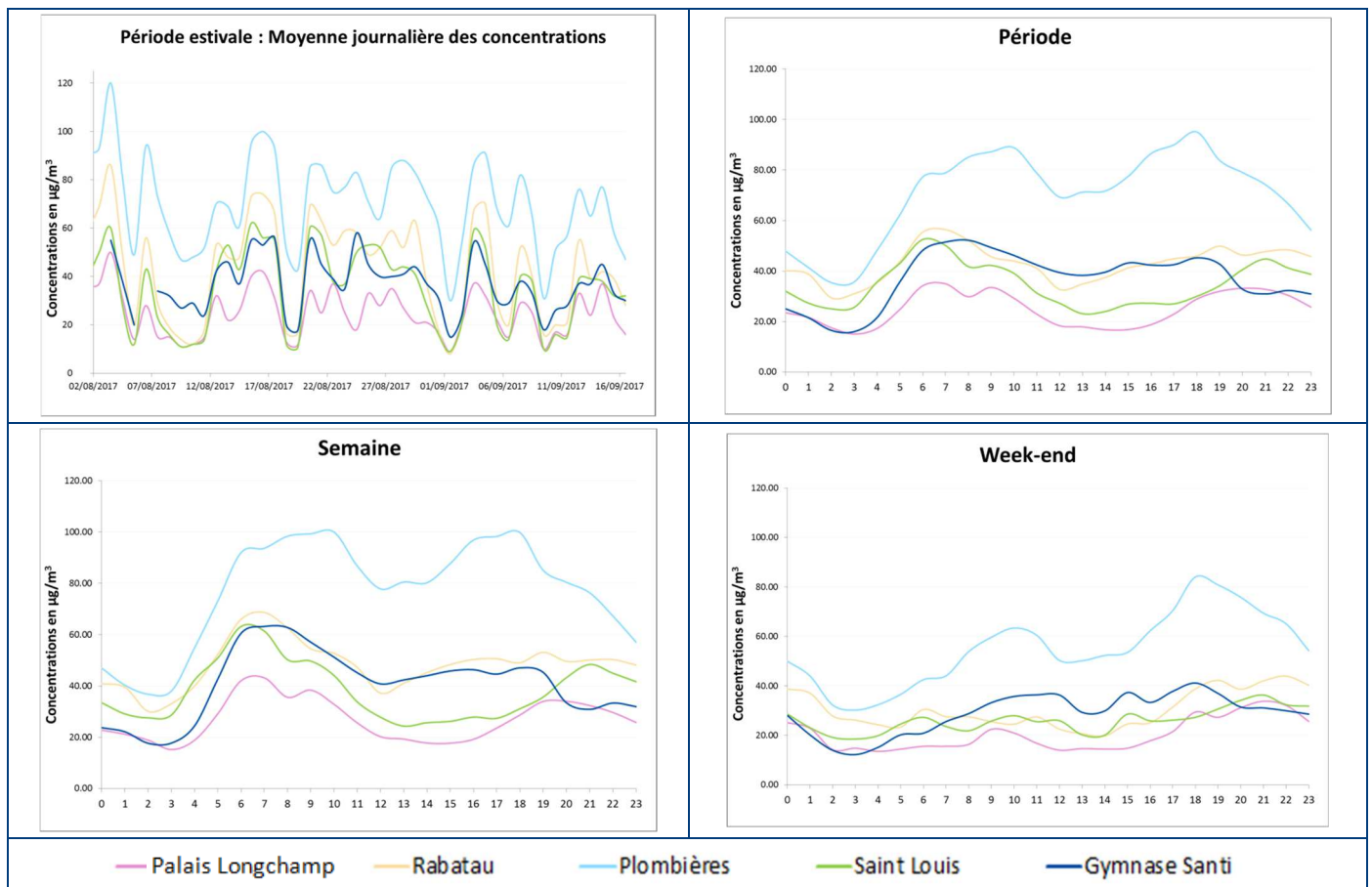


Figure 14 : Concentration moyenne journalière en NO₂ et profils journaliers sur la période estivale (heure UTC)

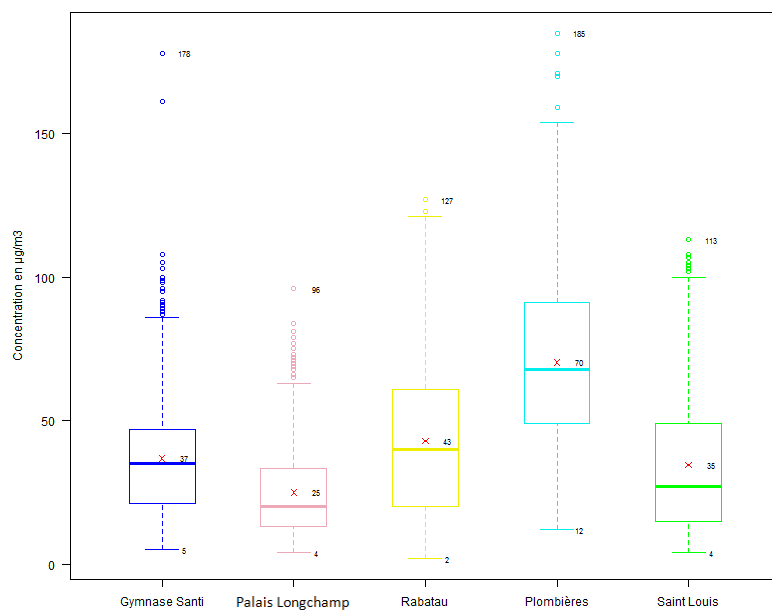


Figure 15 : Diagrammes en boîtes de distribution des concentrations horaires en NO₂ sur la période estivale (µg/m³)

6.2.3 Cartographie des niveaux annuels en NO₂

La cartographie des moyennes annuelles ci-après (Figure 16) fait apparaître des dépassements pour les secteurs voisins des axes de circulation et dans les lieux où le bâti est très dense. A l'intérieur du domaine GPMM les niveaux sont plus modestes et dans ses abords, vers la Joliette, des dépassements sont observés en lien avec la proximité du tissu urbain dense de la ville.

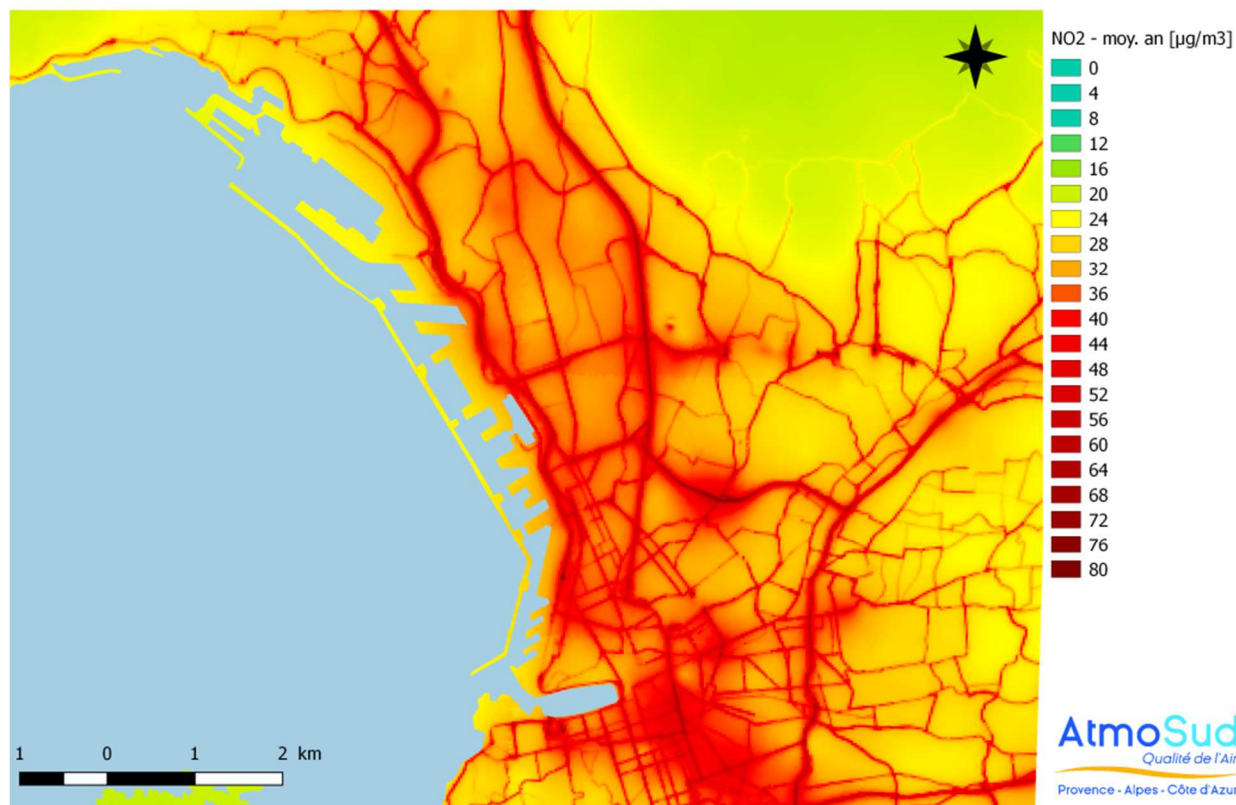


Figure 16 : Cartographie des moyennes annuelles 2017 en NO₂ (µg/m³)

6.2.4 Conclusion

Les mesures en dynamique du NO₂ au gymnase Santi en période estivale mettent en évidence

Un coefficient de corrélation fort avec Plombières et des niveaux comparables à ceux du site de Saint Louis. Ce lieu se comporte comme un site trafic pendant la journée et comme un site de fond pendant les heures creuses. Cela s'explique par un trafic important en journée et lors des heures creuses une meilleure dispersion des polluants par rapport aux autres sites trafic de la ville de Marseille comme Rabatau (environnement plus dispersif à Cap Janet).

Les prélèvements été /hiver dans le domaine d'étude :

Les résultats des mesures montrent des valeurs plus élevées le long des axes où le trafic est plus important, une saisonnalité avec des concentrations plus élevées en hiver, dont les principales causes sont :

- Source supplémentaire d'émission : le chauffage
- Mauvaise dispersion et accumulation des polluants due aux conditions météorologiques hivernales moins dispersives.

Règlementation :

La valeur limite horaire de 200 µg/m³ n'a pas été dépassée pendant la période estivale sur le site du gymnase (mesures en dynamique).

Les concentrations moyennes annuelles dépassent la valeur limite annuelle de 40 µg/m³ en plusieurs lieux du domaine de l'étude:

- GPMM - Cap Janet porte 4, zone de dépassement restreinte.
- Abords de la Joliette sous influence notamment du trafic routier de la ville.
- Aucune moyenne annuelle n'a été calculée pour le site du gymnase Santi, car les mesures n'ont pu être réalisées en hiver. Néanmoins, la modélisation fait apparaître un dépassement pour la moyenne annuelle de 40 µg/m³, pour les raisons suivantes :
 - la moyenne des concentrations estivales au gymnase Santi s'élève déjà à 37 µg/m³,
 - la saisonnalité des concentrations implique une moyenne hivernale plus élevée,
 - les concentrations mesurées au gymnase Santi présentent des similitudes avec les sites trafic qui eux dépassent cette valeur limite annuelle.

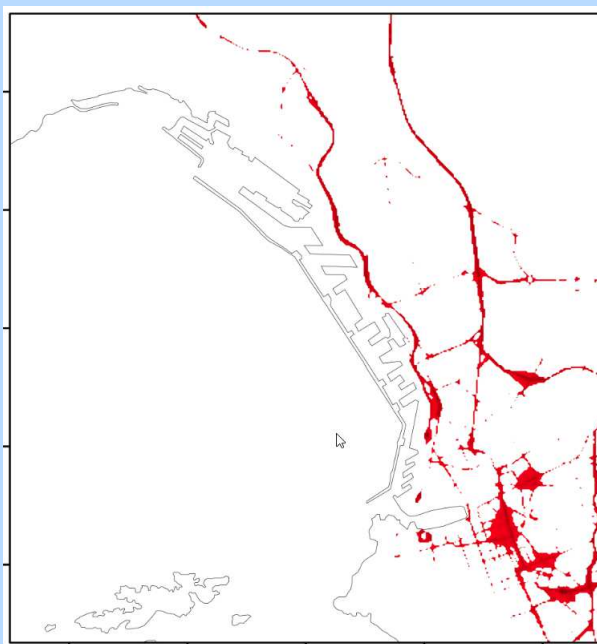


Figure 17 : Cartographie 2017 des zones en dépassement pour le NO₂ (moyenne annuelle > 40 µg/m³, en rouge)

7. Dioxyde de soufre (SO₂) :

7.1 Généralités

7.1.1 Sources

- Biogénique :
 - Feux de forêts,
 - Activité volcanique.
- Anthropique :
 - Combustion de matière fossile, combustibles industriels, combustibles des navires, ...
 - Raffineries.

7.1.2 Effets sanitaires

Le SO₂ n'est pas reconnu comme un composé cancérigène, en effet il est :

- Classé non cancérigène par l'Union Européenne,
- Classé groupe 3 par l'IARC (inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'Homme),
- Non évalué par l'US EPA.

Aucune VTR n'est disponible pour l'inhalation chronique du dioxyde de soufre à ce jour.

VTR aigüe (exposition 10 minutes) à 0,5 mg/m³ (OMS 2000)

7.1.3 Règlementation air ambiant

La réglementation impose de ne pas dépasser les seuils de concentrations dans l'air ambiant suivants, sur un pas de temps :

- Annuel :
 - Valeur pour la protection de la végétation: 20 µg/m³,
 - Objectifs de qualité : 50 µg/m³.
- Journalier :
 - Valeur limite : 125 µg/m³ à ne pas dépasser plus de trois jours par an.
- Horaire :
 - Valeur limite : 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an,
 - Seuil de recommandation et d'information : 200 µg/m³,
 - Seuils d'alerte :
 - 400 µg/m³ sur 3 heures consécutives,
 - 200 µg/m³ si :
 - dépassement de ce seuil la veille
 - et risque de dépassement le lendemain.

7.2 Résultats

7.2.1 Tubes passifs

Les concentrations moyennes mesurées sont présentées dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Concentrations moyennes de SO₂ mesurées à l'aide de tubes passifs (µg/m³)

| | Numéro de site | Site | Moyenne annuelle estimée | Période estivale | Période hivernale |
|-----------------------|----------------|---|--------------------------|-----------------------|-------------------|
| Joliette | 1 | GPMM – intérieur Joliette | 3,53 | 3,07 | 4,00 |
| | 2 | GPMM - Joliette, Entrée voyageurs | 3,10 | 1,30 | 4,90 |
| Cap Janet | 3 | GPMM – intérieur Cap Janet | 2,88 | 1,50 | 4,27 |
| | 4 | GPMM - Cap Janet porte 4 | 6,73 | 6,25 | 7,20 |
| Abords du Cap Janet | 5 | Gymnase Santi | - | 5,94 | - |
| | 6 | Croisement rue Bonneville / rue Balthazar Blanc | 5,15 | 2,20 | 8,10 |
| | 7 | Boulevard Delmandolx | 2,23 | 0,65 | 3,80 |
| | 8 | 18 traverse de la Madrague (montée de Mouren) | 3,20 | < Limite de détection | 3,20 |
| Abords de la Joliette | 9 | Boulevard des bassins de radoub | 5,18 | 6,20 | 4,15 |
| | 10 | Croisement rue Chanterac / rue Peysonnel | 4,28 | 3,57 | 5,00 |
| | 11 | Rue de Ruffi, proche arrêt de bus | 4,92 | 7,28 | 2,57 |
| Fond Marseille | 12 | Station Palais Longchamp | 5,86 | 5,50 | 6,23 |

La méthode de prélèvement utilisée pour le SO₂ (tube Passam) a une forte incertitude sur les faibles concentrations. De ce fait, les résultats des triplets (3 tubes mesurant au même lieu et en même temps) ont donné des résultats relativement dispersés, c'est pourquoi à faibles concentrations il n'est pas possible de présenter une cartographie ou un code couleur permettant de comparer les sites entre eux, trop d'incertitude plane sur ces faibles niveaux.

Toutefois on peut mentionner que la moyenne annuelle reste bien inférieure à l'objectif de qualité annuel de 50 µg/m³ ainsi qu'à la valeur pour la protection de la végétation de 20 µg/m³ en tout point du domaine d'étude.

Pour compléter cette surveillance des niveaux de fond, un suivi des concentrations en SO₂ en continu et de façon dynamique, a été réalisé au niveau du gymnase Santi avec un analyseur durant la période estivale de pleine activité maritime. Ce point de mesures vient compléter les observations réalisées au Palais Longchamp concernant ce composé soufré.

Ces deux matériels mesurent en continu les concentrations et sont en capacité à observer les pics de pollution en dioxyde de soufre.

7.2.2 Analyseurs

Les observations effectuées par les analyseurs de SO₂ pendant la période de mesure estivale permettent de tirer des enseignements concernant le gymnase Santi (Figure 18) :

- A des moyennes journalières qui ne suivent pas toujours les mêmes tendances que celles du Palais Longchamp (coefficient de corrélation : 0,42), la pollution est directionnelle et localisée et peu n'affecter qu'un site et pas l'autre.
- A des moyennes journalières la plupart du temps inférieures à celles de Palais Longchamp,
- Les profils journaliers montrent néanmoins une similitude entre les deux sites, en rapport avec l'établissement du régime de brise de mer qui place ces deux lieux sous le vent des rejets des bateaux des Bassins Est vers 10 heures locales (8 heures TU). Les niveaux observés plus tard dans l'après-midi sont également en relation avec la masse d'air soufrée issue de la zone de l'Etang de Berre qui après s'être déplacée en mer durant la nuit (brise de terre) revient parfois vers la ville de Marseille poussée par les brises de mer.
- La valeur limite journalière de 125 µg/m³, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an, n'a pas été dépassée.
- La valeur limite horaire de 350 µg/m³, à ne pas dépasser plus de 24 heures par an, n'a pas été dépassée.

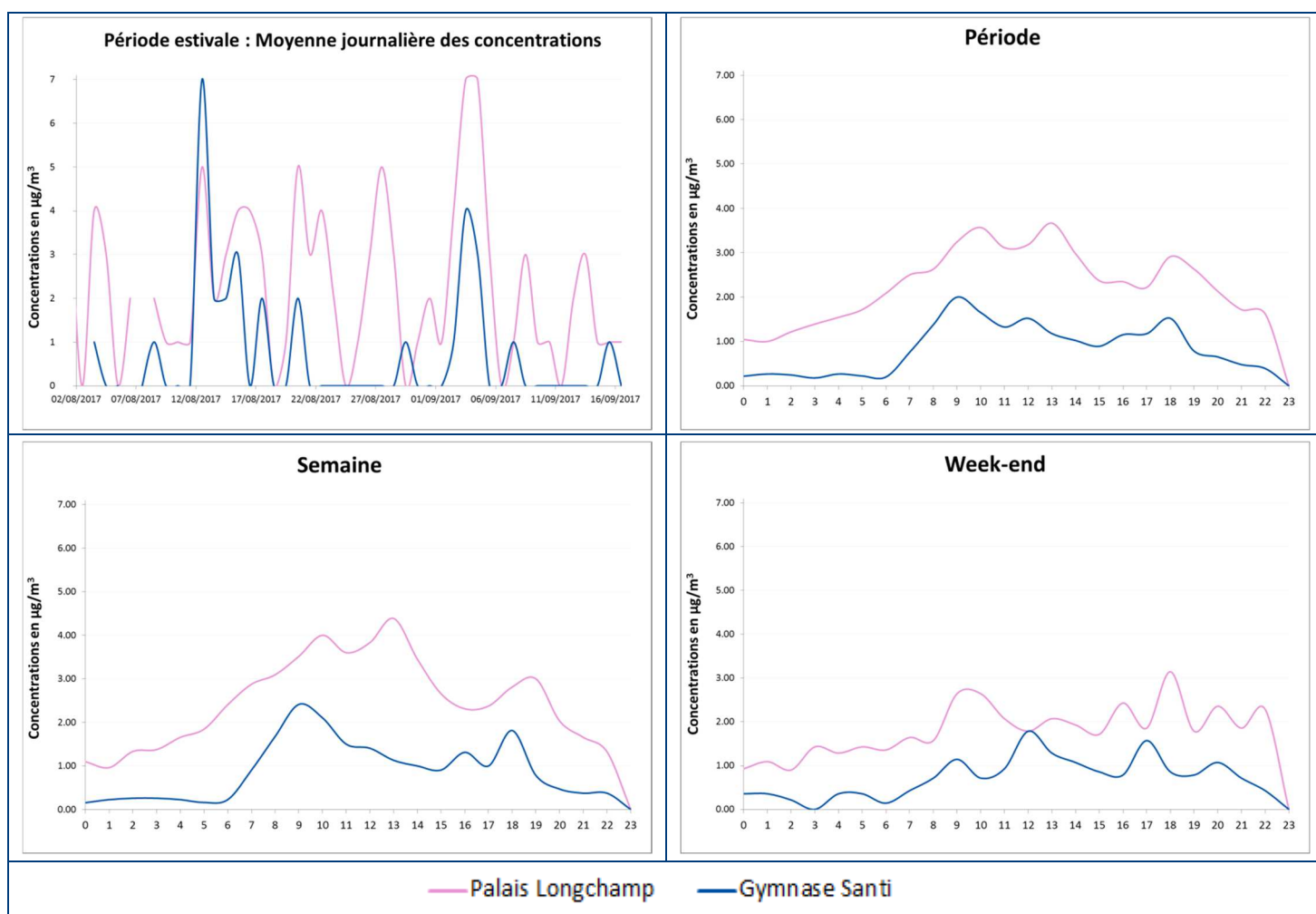


Figure 18 : Concentration moyenne journalière et profils journaliers (heure UTC) du SO₂ sur la période estivale

Le diagramme en boîtes (Figure 19) permet d'observer que les concentrations mesurées au gymnase Santi sont :

- Quasiment nulles : les concentrations horaires supérieures à 0 sont considérées comme des valeurs extrêmes.
- Légèrement inférieures à celles du Palais Longchamp, qui présente néanmoins une distribution des valeurs horaires plus étalée mais qui restent faibles et des valeurs considérées comme extrêmes au-delà de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Les sites de Port-de-Bouc la Lègue, Fos les Carabins et Fos-sur-Mer (l'Hauture) qui sont des sites influencés par les rejets industriels soufrés de la zone industrielle de l'Etang de Berre montrent des concentrations moyennes et surtout des valeurs de pointes supérieures à celles observées à Marseille. On note par exemple sur la période de mesures des niveaux horaires de plus de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur ces sites sous influence industrielle alors que les niveaux de pointes rencontrés en ces deux lieux de Marseille n'ont atteint que $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en valeur maximale.

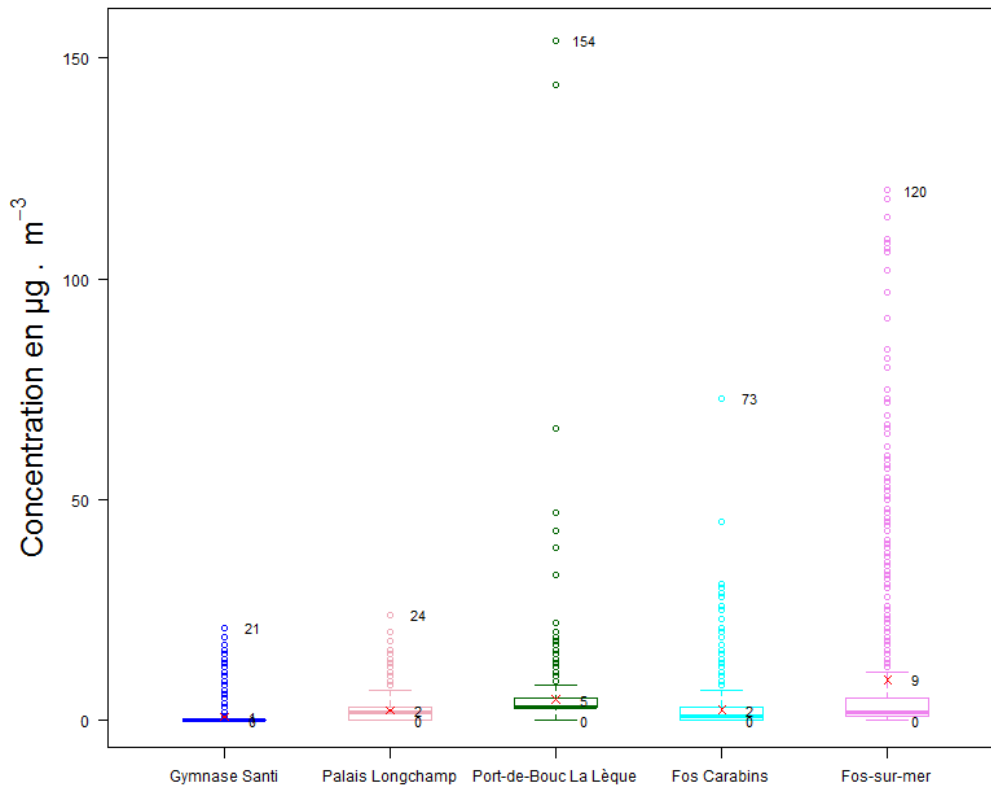


Figure 19 : Diagrammes en boîtes représentant la distribution des concentrations horaires en SO_2 sur la période estivale



Vue du gymnase Santi sur les quais du Cap Janet

7.3 Conclusion

Les concentrations mesurées en SO₂ :

Les niveaux observés en tous points sont jugés faibles et respectent les seuils réglementaires air ambiant.

De très faibles différences sont observées entre l'été et l'hiver dans les différents lieux investigués par tubes passifs avec des valeurs légèrement plus faibles en hiver, possiblement dues à la diminution d'activité portuaire en hiver et au moindre apport de la zone de l'étang de Berre (pas les régimes de brises alternées en période hivernale).

Les niveaux observés en dynamique et en continu sont faibles au gymnase Santi comme au Palais Longchamp sur la période de mesure estivale de pleine activité maritime.

Le SO₂ mesuré en ces deux lieux peut aussi être d'origine industrielle en provenance de l'Étang de Berre.

On note une légère augmentation des niveaux au Palais Longchamp par rapport au gymnase sans doute due à la topographie de ces deux sites. Le site du gymnase Santi, bien que plus proche des navires est situé plus bas que ne l'est le Palais Longchamp et par conséquent il peut-être moins sous le panache issu des cheminées des bateaux.

Sur ce thème de l'impact des rejets issus des cheminées des bateaux aux niveaux des bassins Est, des mesures vont être menées par AtmoSud en 2018 dans les quartiers situés au-dessus du gymnase Santi et semble-t-il plus concernés par ces panaches. Les observations concerneront le SO₂ ainsi que les particules fines et les oxydes d'azote.

L'écoquartier d'Euroméditerranée sera également concerné par des séquences de mesures menées par AtmoSud concernant les niveaux de pollution dans le courant de l'année 2018.

8. Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes (BTEX)

8.1 Benzène :

8.1.1 Généralités

8.1.1.1 Sources

Le benzène existe sous forme gazeuse dans l'atmosphère, il est produit et rejeté dans l'air par des sources Biogéniques

- Feux de forêt,
- Activité volcanique.
- Anthropiques :
 - Transport :
 - trafic routier, maritime et aérien,
 - émanations de combustibles fossiles.
 - Industrielle :
 - production de benzène et son émanation,
 - utilisation du benzène pour la production d'autres composés et émanations.
- Fumée de tabac (proportions moindres).

8.1.1.2 Effets sanitaires

- Il s'agit d'une substance toxique pour l'Homme. Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) des effets à seuils pour l'inhalation chronique sont :
 - 0,003 ppm (Draft MRL, ATSDR, 2005),
 - $3 \cdot 10^{-2}$ mg/m³ (RfC, US EPA, 2003).
- C'est un composé cancérigène :
 - cancérigène de catégorie 1 (Union Européenne),
 - agent cancérigène (CIRC),
 - cancérigène de catégorie A (US EPA).

8.1.2 Règlementation air ambiant

La réglementation impose de ne pas dépasser, sur un pas de temps annuel, les seuils de concentrations dans l'air ambiant suivants :

- Valeur limite : 5 µg/m³,
- Objectifs de qualité : 2 µg/m³.

8.1.3 Résultats

Les observations suivantes sont notées :

- Conformément à ce qui est observé en région Provence-Alpes-Côte d’azur, les concentrations mesurées sont plus élevées en hiver qu’en été sur chaque site (Figure 20 et Figure 21).
- Les concentrations moyennes varient (Tableau 5) :
 - en période estivale : de 0,61 à 1,07 µg/m³,
 - en période hivernale : de 0,89 à 1,82 µg/m³.
- **La moyenne annuelle pour chaque site est inférieure à la valeur limite annuelle (5 µg/m³) ainsi qu’à l’objectif de qualité annuel (2 µg/m³).**
- Les concentrations autour des axes routiers au trafic important ne sont pas toujours les plus élevées. Cela peut s’expliquer par la nature, plus ou moins dispersive des lieux, de par leurs caractéristiques topographiques et la densité du bâti.
- Les concentrations sont, en général, plus élevées dans le tissu urbain dense et plus faibles en dehors.

Tableau 5 : Benzène : Concentrations moyennes en benzène mesurées par tubes passifs (µg/m³)

| | Numéro de site | Site | Moyenne annuelle estimée | Période estivale | Période hivernale |
|--|----------------|---|---------------------------------------|------------------|-------------------|
| Joliette | 1 | GPMM – intérieur Joliette | 0,84 | 0,74 | 0,94 |
| | 2 | GPMM - Joliette, Entrée voyageurs | 0,92 | 0,67 | 1,18 |
| Cap Janet | 3 | GPMM – intérieur Cap Janet | 0,76 | 0,61 | 0,92 |
| | 4 | GPMM - Cap Janet porte 4 | 0,76 | 0,66 | 0,89 |
| Abords du Cap Janet | 5 | Gymnase Santi | - | 0,66 | - |
| | 6 | Croisement rue Bonneville / rue Balthazar Blanc | 1,08 | 0,87 | 1,29 |
| | 7 | Boulevard Delmandolx | 0,94 | 0,78 | 1,11 |
| | 8 | 18 traverse de la Madrague | 1,19 | 1,00 | 1,37 |
| Abords de la Joliette | 9 | Boulevard des bassins de radoub | 1,15 | 0,90 | 1,41 |
| | 10 | Croisement rue Chanterac / rue Peysonnel | 1,20 | 1,07 | 1,33 |
| | 11 | Rue de Ruffi | 1,43 | 1,05 | 1,82 |
| Fond Marseille | 12 | Palais Longchamp | 1,09 | 0,78 | 1,40 |
| - Plus faibles concentrations mesurées | | | Plus fortes concentrations mesurées + | | |

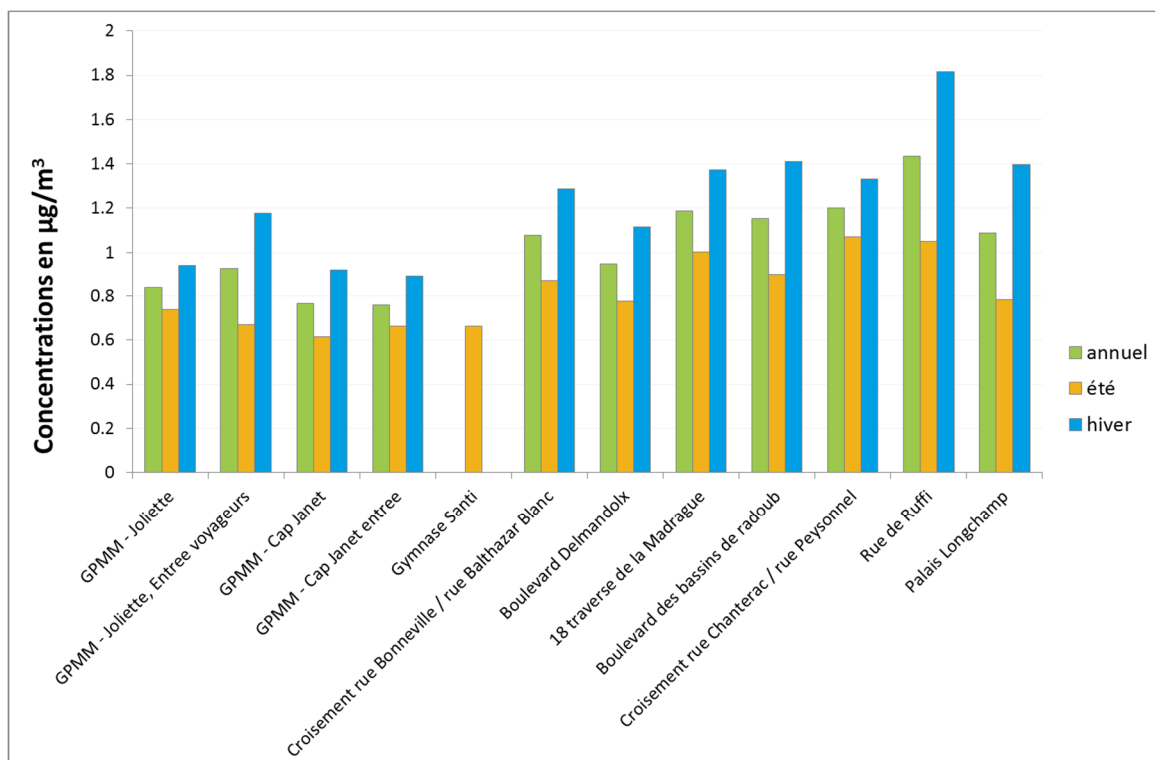


Figure 20 : Concentrations moyennes de benzène mesurées par tubes passifs

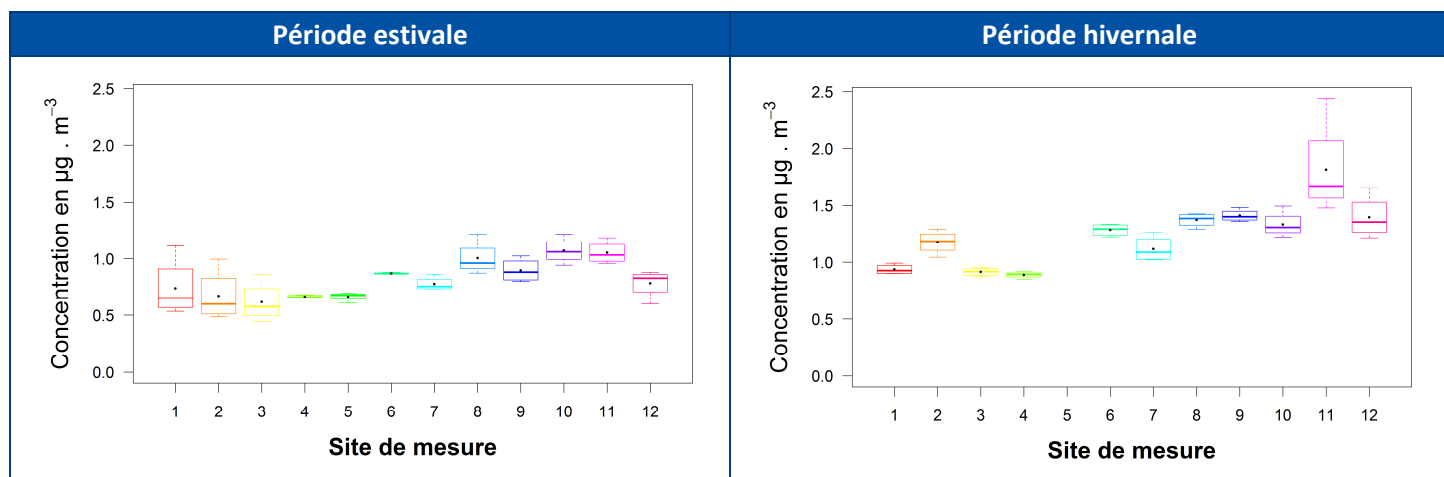
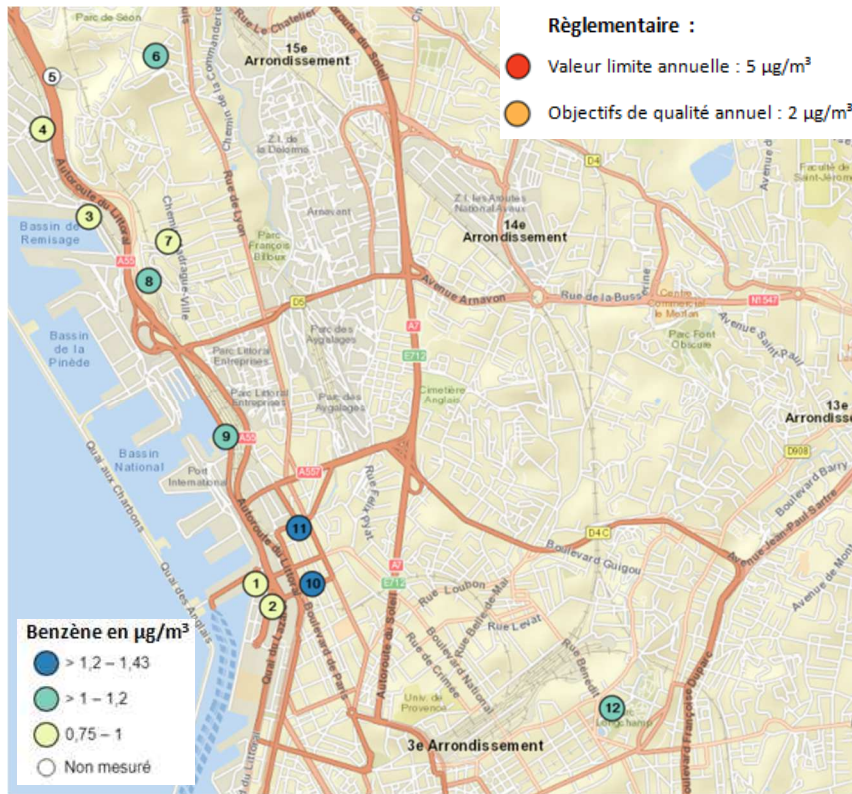


Figure 21 : Diagrammes en boîtes des mesures de benzène réalisées par tubes passifs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Benzène⁽³⁾ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentration moyenne annuelle



Période estivale



Période hivernale



Figure 22 : Cartographies des moyennes en benzène mesurées par tubes passifs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

³ Dans un souci de classer les concentrations en trois catégories distinctes par rapport aux valeurs mesurées, les différentes cartographies ont des échelles différentes.

8.2 Toluène

8.2.1 Généralités

8.2.1.1 Sources

Le toluène existe sous forme gazeuse dans l'atmosphère, il est produit et rejeté dans l'air par des sources :

- Biogéniques :
 - Activité volcanique,
 - Feux de forêt.
- Anthropiques :
 - Essence automobile : contient jusqu'à 7% de toluène et est responsable de 65% des émissions de toluène anthropique.
 - Industrie :
 - Industrie pétrolière,
 - Procédés industriels utilisant du toluène,
 - Évaporation lors de sa production (moindre).

8.2.1.2 Toxicité

- Il s'agit d'une substance toxique pour l'Homme. La VTR des effets à seuils pour l'inhalation chronique est de 3 mg/m³ (ANSES, 2011).
- Elle n'est ni classée cancérigène par l'Union Européenne, ni par l'US EPA, l'IARC la classe en groupe 3 (ne pouvant être classé pour sa cancérogénicité pour l'Homme).

8.2.1.3 Règlementation

Le toluène ne fait l'objet d'aucune réglementation dans l'air ambiant.

8.2.2 Résultats

Les observations suivantes sont notées :

- Aucune saisonnalité n'est observée sur la moyenne des concentrations (Figure 23), néanmoins les concentrations mesurées ont plus variées en été qu'en hiver (Figure 23).
- Les concentrations moyennes ont variées :
 - en période estivale : de 1,18 à 6,08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,
 - en période hivernale : de 1,08 à 4,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- En comparant la répartition des concentrations avec la carte du trafic routier, les mêmes constats sont réalisés que pour le benzène (Figure 25).

Tableau 6 : Toluène : Concentrations moyennes mesurées par tubes passifs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| | Numéro de site | Site | Moyenne annuelle estimée | Période estivale | Période hivernale |
|--|----------------|---|---------------------------------------|------------------|-------------------|
| Joliette | 1 | GPMM – intérieur Joliette | 1,61 | 1,77 | 1,45 |
| | 2 | GPMM - Joliette, Entrée voyageurs | 2,00 | 1,97 | 2,04 |
| Cap Janet | 3 | GPMM – intérieur Cap Janet | 1,24 | 1,18 | 1,30 |
| | 4 | GPMM - Cap Janet porte 4 | 1,48 | 1,78 | 1,08 |
| Abords du Cap Janet | 5 | Gymnase Santi | - | 2,02 | - |
| | 6 | Croisement rue Bonneville / rue Balthazar Blanc | 4,28 | 4,23 | 4,33 |
| | 7 | Boulevard Delmandolx | 2,88 | 3,51 | 2,26 |
| | 8 | 18 traverse de la Madrague | 4,99 | 7,32 | 2,66 |
| Abords de la Joliette | 9 | Boulevard des bassins de radoub | 2,76 | 2,67 | 2,85 |
| | 10 | Croisement rue Chanterac / rue Peysonnel | 3,04 | 3,28 | 2,79 |
| | 11 | Rue de Ruffi | 5,41 | 6,08 | 4,75 |
| Fond Marseille | 12 | Palais Longchamp | 2,75 | 2,47 | 3,02 |
| - Plus faibles concentrations mesurées | | | Plus fortes concentrations mesurées + | | |

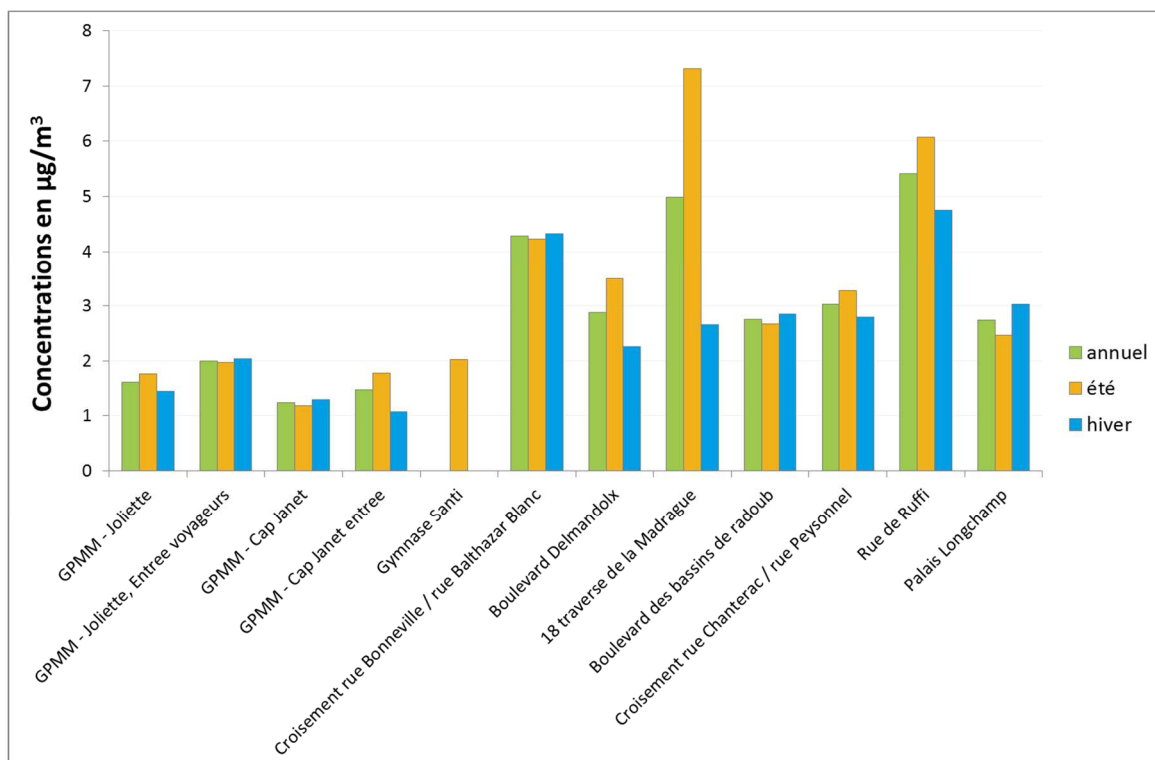


Figure 23 : Concentrations moyennes de toluène mesurées par tubes passifs

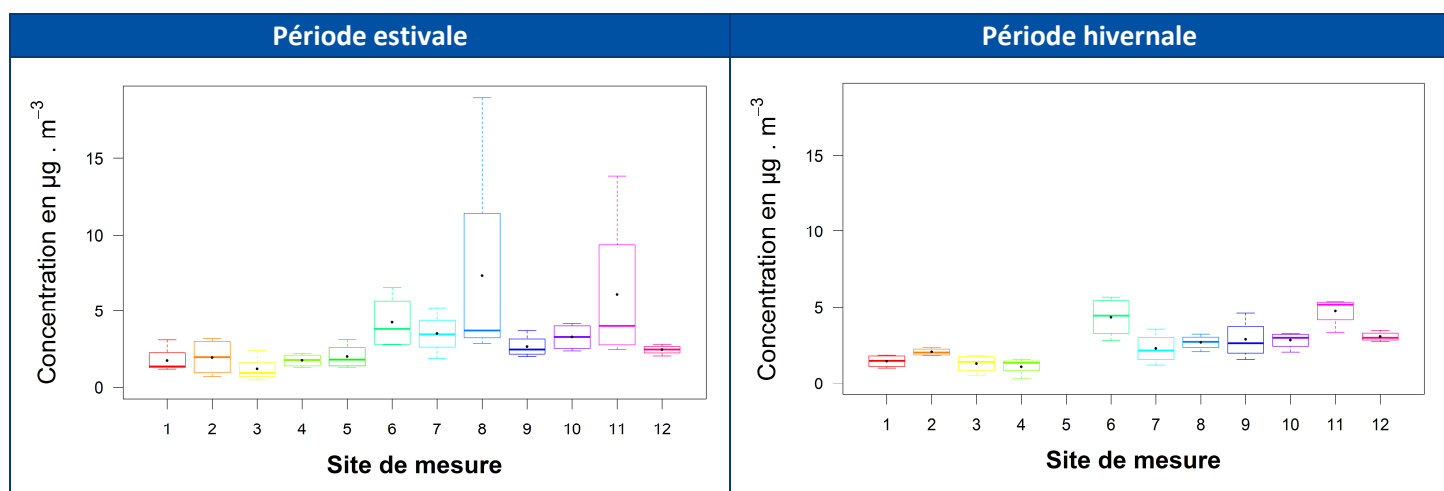


Figure 24 : Diagrammes en boîtes des mesures de toluène réalisées par tubes passifs (µg/m³)

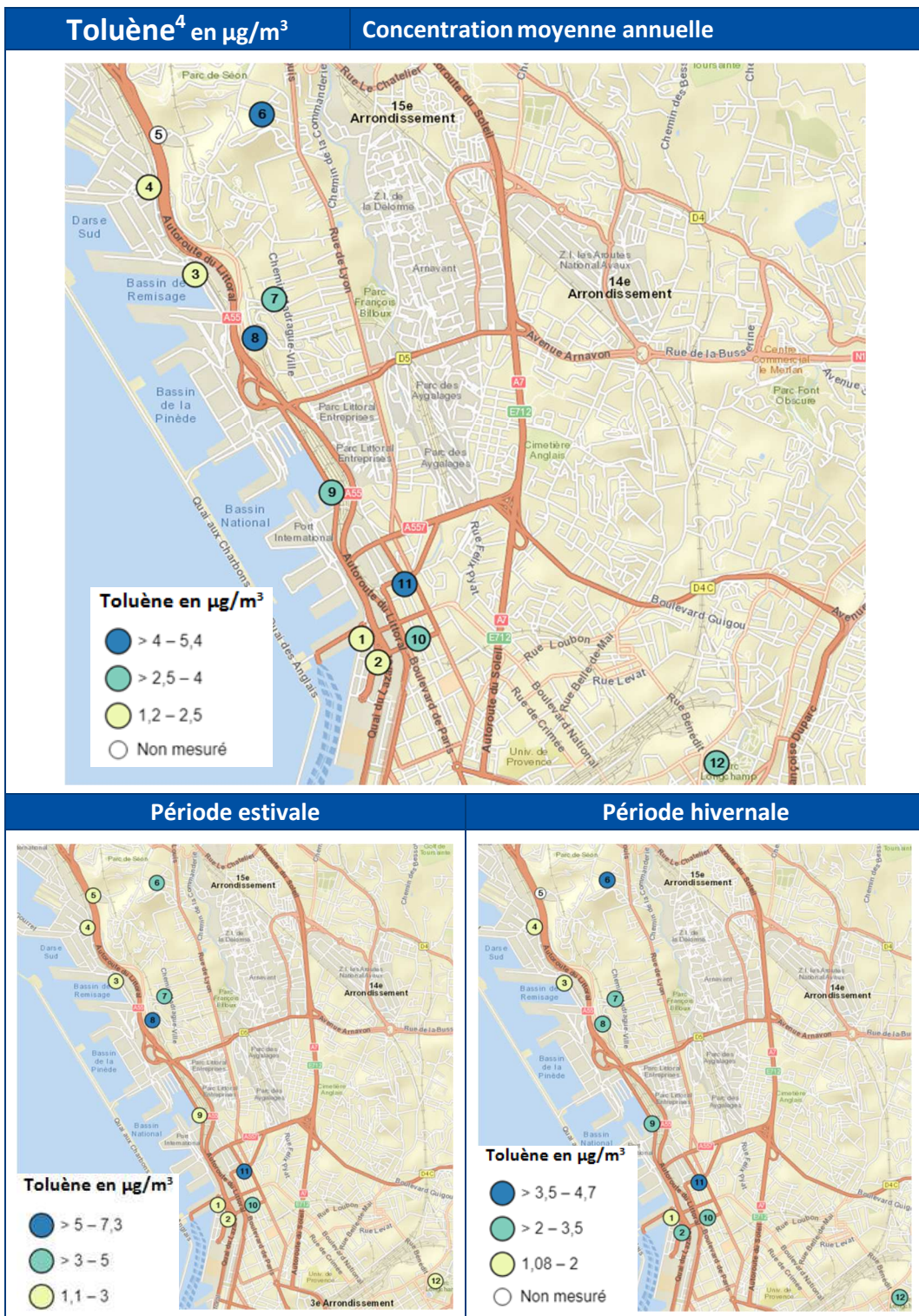


Figure 25 : Cartographies des moyennes en toluène mesurées par tubes passifs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

⁴ Dans un souci de classer les concentrations en trois catégories distinctes par rapport aux valeurs mesurées, les différentes cartographies ont des échelles différentes.

8.3 Ethylbenzène

8.3.1 Généralités

8.3.1.1 Sources

L'éthylbenzène existe sous forme gazeuse dans l'atmosphère, il est produit et rejeté dans l'air par des sources anthropiques :

- Essence automobile :
 - trafic routier (source principale),
 - évaporation ou fuite d'essence.
- Industrie :
 - Industrie pétrolière,
 - Procédés industriels utilisant de l'éthylbenzène,
 - Evaporation lors de sa production.
- Autre :
 - Revêtements routiers : préparation et transport d'asphalte chaud,
 - Rejets des incinérateurs.

8.3.1.2 Toxicité

- Il s'agit d'une substance toxique pour l'Homme. Les VTR des effets à seuils pour l'inhalation chronique sont :
 - 4,35 mg/m³ (MRL, ATSDR, 1999),
 - 1 mg/m³ (RfC, US EPA, 1991)
- Elle n'est pas reconnue comme cancérigène pour l'Homme :
 - Elle a été examinée par l'Union Européenne mais n'a pas été classée cancérigène,
 - L'US EPA la classe en classe D (non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'Homme),
 - l'IARC la classe en classe 2B (pourrait être cancérigène pour l'Homme).

8.3.1.3 Règlementation

L'éthylbenzène ne fait l'objet d'aucune réglementation dans l'air ambiant.

8.3.2 Résultats

Les observations suivantes sont notées :

- Une saisonnalité est observée avec des valeurs plus élevées en été qu'en hiver (Figure 26) à l'exception des sites 11 et 12 : Rue de Ruffi et Palais Longchamp). Cette saisonnalité est plus fortement marquée sur le site de la Joliette, ses abords ainsi que la traverse de la Madrague.
- Les concentrations moyennes ont variées :
 - en période estivale : de 0,31 à 1,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,
 - en période hivernale : de 0,27 à 0,88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Les concentrations estivales mesurées au Gymnase Santi sont comparables à celles du Palais Longchamp (station de fond).
- En ce qui concerne les niveaux relativement élevés rencontrés sur le site n°1 en période estivale, et n°11 en période hivernale, nous n'avons pas d'explication à avancer avec certitude. Des travaux de peinture de façades et autre pylône semblent avoir été effectués dans les environs et pourrait être l'explication de ces niveaux surprenant par rapport aux autres lieux.

Tableau 7 : Ethylbenzène : Concentrations moyennes mesurées par tubes passifs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| | Numéro de site | Site | Moyenne annuelle estimée | Période estivale | Période hivernale |
|--|----------------|---|---------------------------------------|------------------|-------------------|
| Joliette | 1 | GPMM – intérieur Joliette | 1,15 | 1,57 | 0,31 |
| | 2 | GPMM - Joliette, Entrée voyageurs | 0,41 | 0,52 | 0,33 |
| Cap Janet | 3 | GPMM – intérieur Cap Janet | 0,29 | 0,32 | 0,28 |
| | 4 | GPMM - Cap Janet porte 4 | 0,38 | 0,39 | 0,35 |
| Abords du Cap Janet | 5 | Gymnase Santi | - | 0,31 | - |
| | 6 | Croisement rue Bonneville / rue Balthazar Blanc | 0,41 | 0,47 | 0,35 |
| | 7 | Boulevard Delmandolx | 0,45 | 0,49 | 0,41 |
| | 8 | 18 traverse de la Madrague | 0,47 | 0,68 | 0,27 |
| Abords de la Joliette | 9 | Boulevard des bassins de radoub | 0,63 | 0,85 | 0,34 |
| | 10 | Croisement rue Chanterac / rue Peysonnel | 0,57 | 0,71 | 0,44 |
| | 11 | Rue de Ruffi | 0,72 | 0,57 | 0,88 |
| Fond Marseill e | 12 | Palais Longchamp | 0,37 | 0,32 | 0,44 |
| - Plus faibles concentrations mesurées | | | Plus fortes concentrations mesurées + | | |

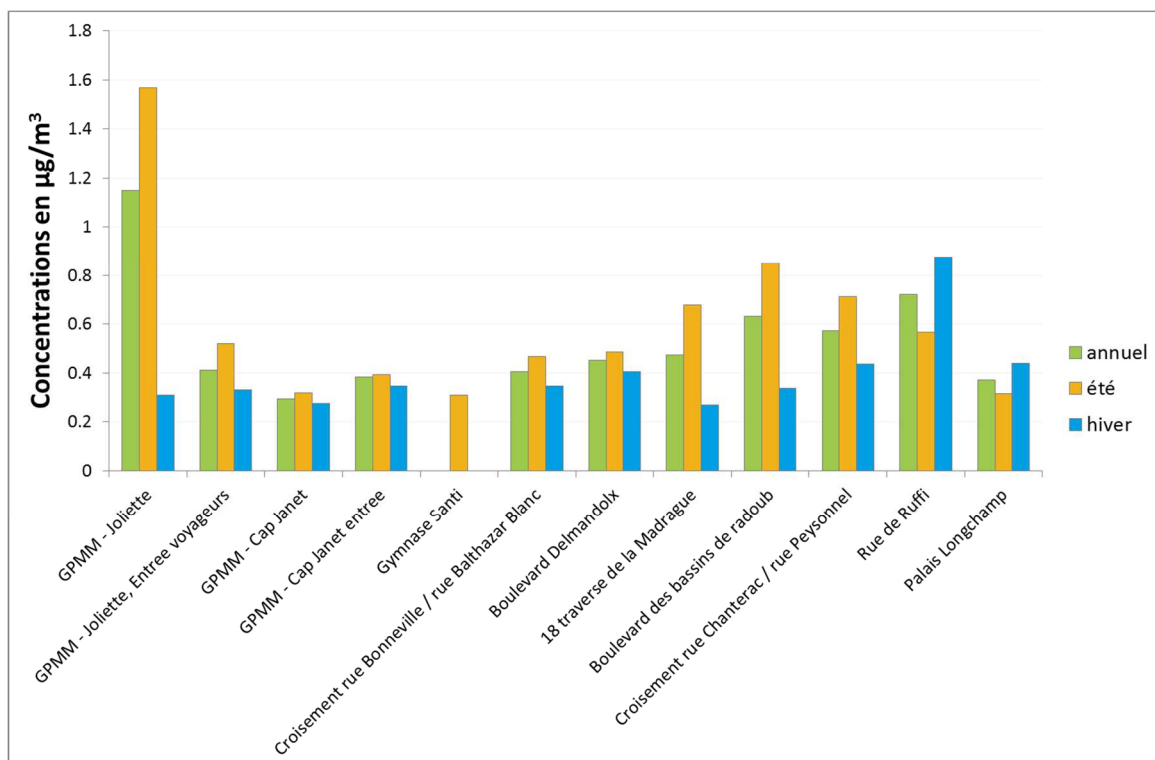


Figure 26 : Concentrations moyennes d'éthylbenzène mesurées par tubes passifs

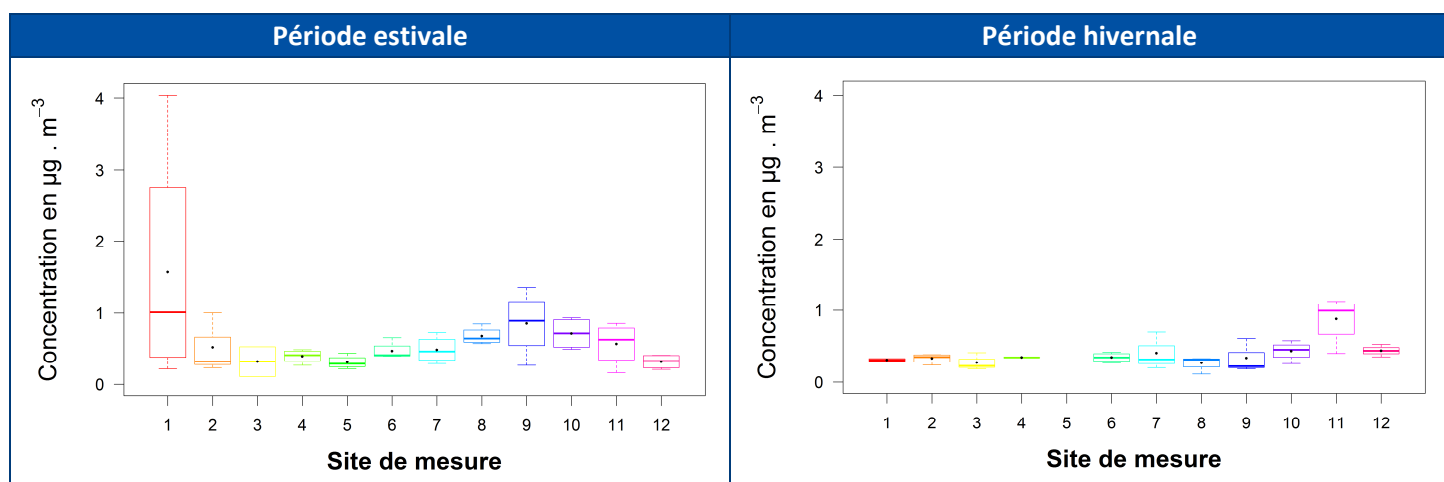


Figure 27 : Diagrammes en boîtes des mesures d'éthylbenzène réalisées par tubes passifs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ethylbenzène⁵ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Concentration moyenne annuelle

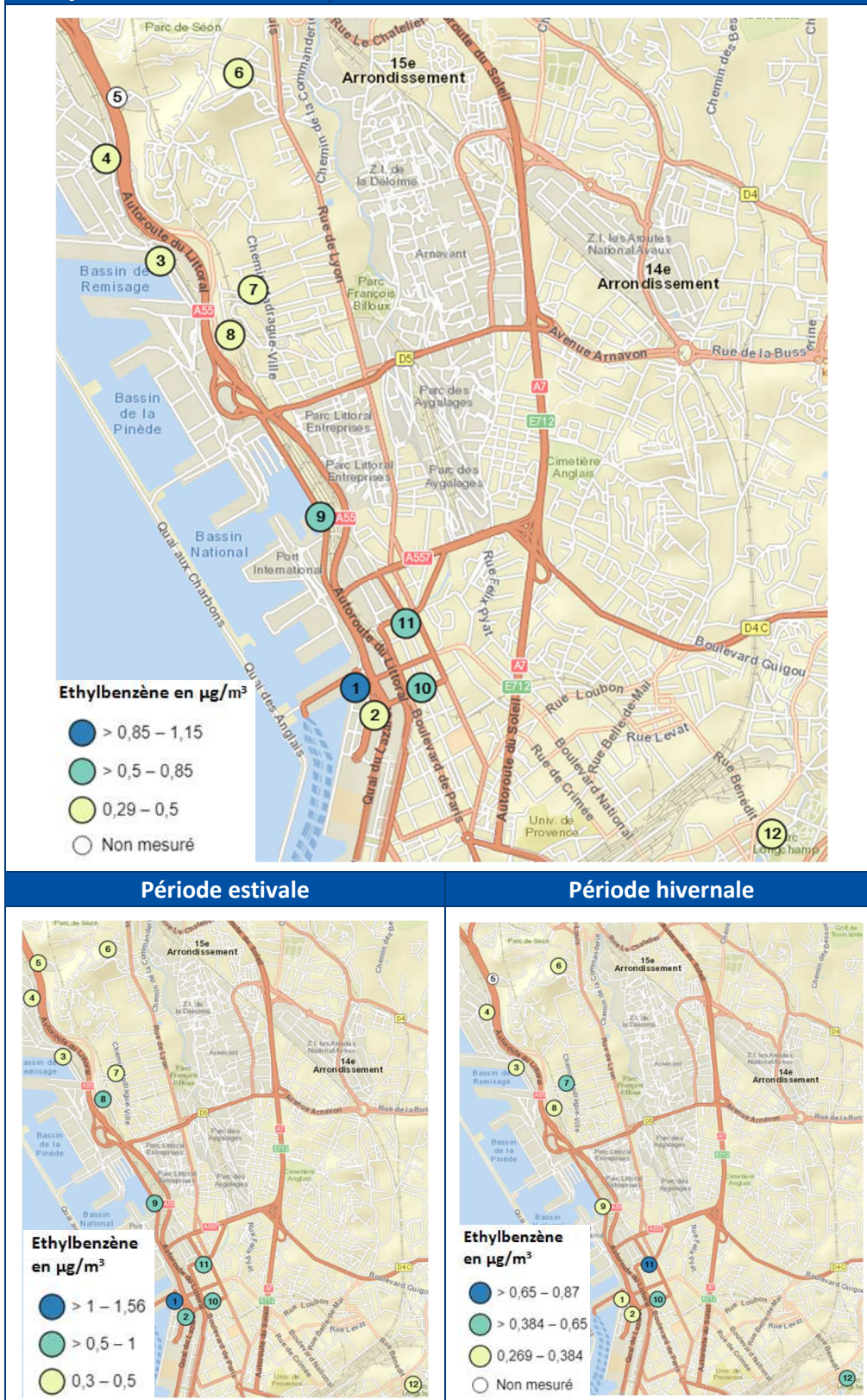


Figure 28 : Cartographies des moyennes en éthylbenzène mesurées par tubes passifs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

⁵ Dans un souci de classer les concentrations en trois catégories distinctes par rapport aux valeurs mesurées, les différentes cartographies ont des échelles différentes.

8.4 Xylènes (somme des m, p et o)

8.4.1 Généralités

8.4.1.1 Sources

Les différents isomères du xylène existent sous forme gazeuse dans l'atmosphère, ils sont produits et rejetés dans l'air par des sources :

- Biogéniques :
 - Feux de forêts,
 - Pétrole.
- Anthropiques :
 - Essence automobile :
 - trafic routier (source principale),
 - évaporation ou fuite d'essence.
 - Industrie :
 - Industrie pétrolière,
 - Procédés industriels utilisant du xylène,
 - Autre :
 - Pulvérisation agricoles,
 - Aérosols,
 - Peintures antirouille,
 - Combustion du bois,
 - Fumée de tabac.

8.4.1.2 Toxicité

- Il s'agit de substances toxiques pour l'Homme. Les VTR des effets à seuils pour l'inhalation chronique des xylènes totaux sont :
 - 0,435 mg/m³ (MRL, ATSDR, 1995),
 - 0,22 mg/m³ (Draft MRL, ATSDR, 2005)
- Ces substances ne sont pas reconnues comme étant cancérogènes pour l'Homme :
 - non classées cancérogènes par l'Union Européenne,
 - L'US EPA les classent en classe D (non classifiable quant à leur cancérogénicité pour l'Homme),
 - l'IARC les classent en groupe 3 (ne peuvent être classées pour leur cancérogénicité pour l'Homme).

8.4.1.3 Règlementation

Les xylènes ne font l'objet d'aucune réglementation dans l'air ambiant.

8.4.2 Résultats

Les observations suivantes sont notées :

- Tout comme l'éthylbenzène : Une saisonnalité est observée avec des valeurs plus élevées en été qu'en hiver (Figure 269 et Figure 30, à l'exception des sites 11 et 12 : Rue de Ruffi et Palais Longchamp). Cette saisonnalité est plus fortement marquée sur le site de la Joliette, ses abords ainsi que la traverse de la Madrague.
- Les concentrations moyennes ont variées :
 - en période estivale : de 0,93 à 8,08 µg/m³,
 - en période hivernale : de 0,79 à 4,34 µg/m³.
- Les concentrations estivales mesurées au Gymnase Santi sont comparables à celles du Palais Longchamp (station de fond).
- La répartition des concentrations mesurées n'est pas corrélée parfaitement au trafic routier.
- En ce qui concerne les niveaux relativement élevés rencontrés sur le site n°1 en période estivale, et n°11 en période hivernale, nous n'avons pas d'explication à avancer avec certitude. Des travaux de peinture de façades et autre pylône semblent avoir été effectués dans les environs et pourrait être l'explication de ces niveaux surprenant par rapport aux autres lieux.

Tableau 8 : Concentrations moyennes de la somme des xylènes (m, p et o) mesurées par tubes passifs (µg/m³)

| | Numéro de site | Site | Moyenne annuelle estimée | Période estivale | Période hivernale |
|--|----------------|---|---------------------------------------|------------------|-------------------|
| Joliette | 1 | GPMM – intérieur Joliette | 4.43 | 8.08 | 0.79 |
| | 2 | GPMM - Joliette, Entrée voyageurs | 1.88 | 2.50 | 1.41 |
| Cap Janet | 3 | GPMM – intérieur Cap Janet | 0.93 | 0.93 | 0.94 |
| | 4 | GPMM - Cap Janet porte 4 | 1.33 | 1.59 | 0.82 |
| Abords du Cap Janet | 5 | Gymnase Santi | - | 1.37 | - |
| | 6 | Croisement rue Bonneville / rue Balthazar Blanc | 1.90 | 2.26 | 1.55 |
| | 7 | Boulevard Delmandolx | 2.02 | 2.30 | 1.65 |
| | 8 | 18 traverse de la Madrague | 2.13 | 3.22 | 1.03 |
| Abords de la Joliette | 9 | Boulevard des bassins de radoub | 2.43 | 3.91 | 0.95 |
| | 10 | Croisement rue Chanterac / rue Peysonnel | 2.83 | 3.69 | 1.97 |
| | 11 | Rue de Ruffi | 3.49 | 2.64 | 4.34 |
| Fond Marseill e | 12 | Palais Longchamp | 1.71 | 1.44 | 2.08 |
| - Plus faibles concentrations mesurées | | | Plus fortes concentrations mesurées + | | |

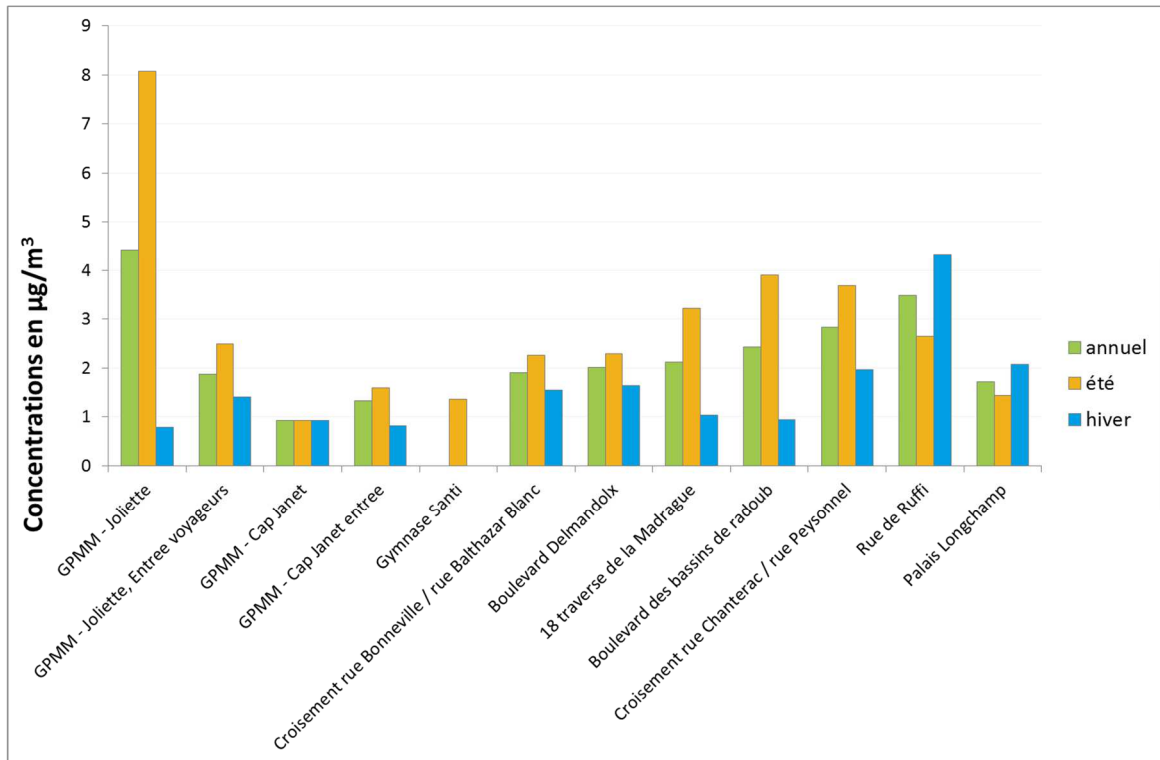


Figure 29 : Concentrations moyennes de la somme des xylènes mesurées par tubes passifs

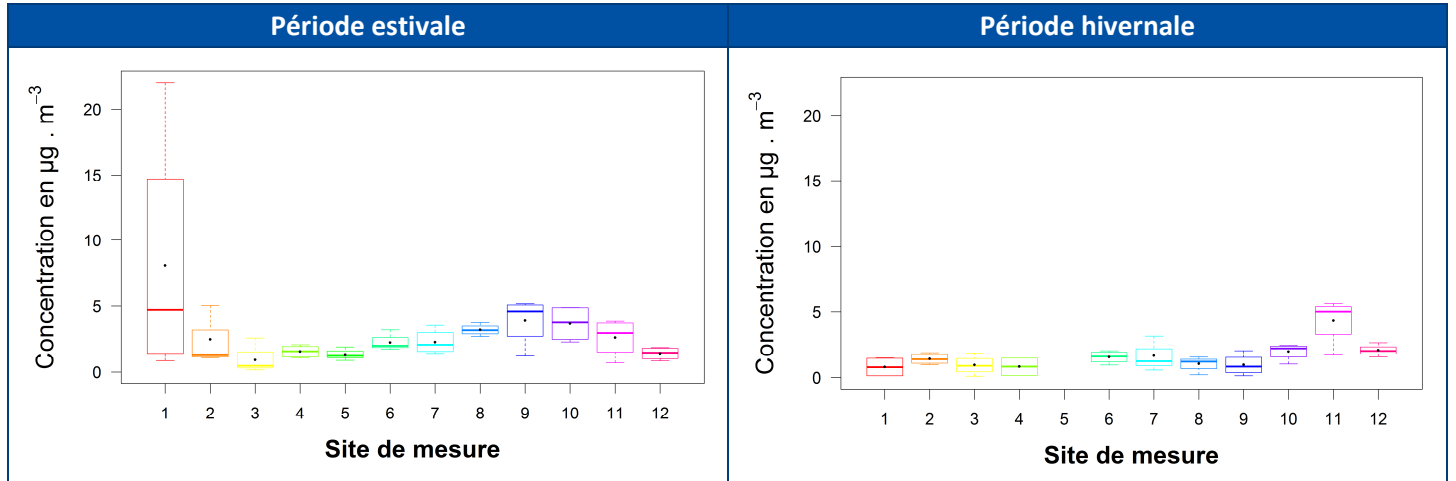
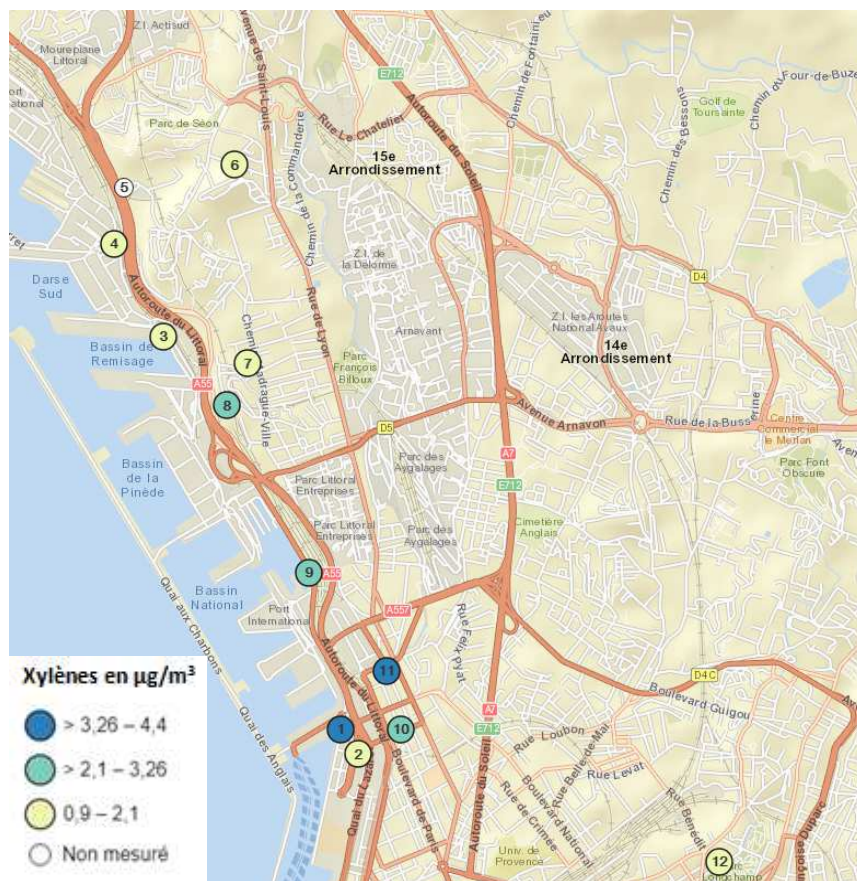


Figure 30 : Diagrammes en boîtes des mesures de xylène (somme des m,p et o) réalisées par tubes passifs (μg/m³)

Xylènes⁶ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentration moyenne annuelle



Période estivale



Période hivernale

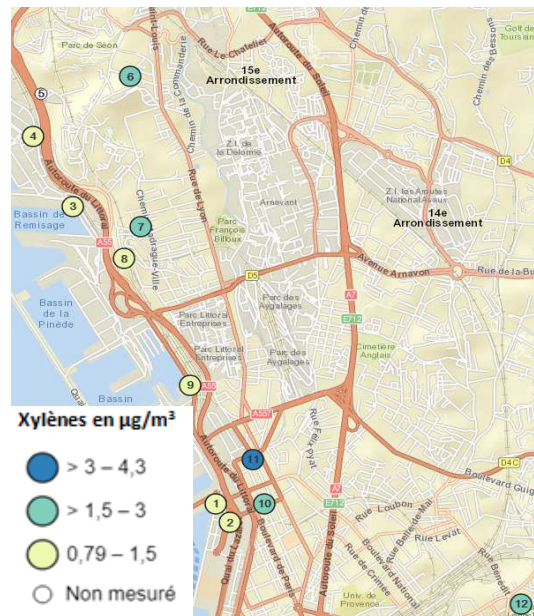


Figure 31 : Cartographies de la moyenne des xylènes (sur la somme des m, p et o) mesurés par tubes passifs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

⁶ Dans un souci de classer les concentrations en trois catégories distinctes par rapport aux valeurs mesurées, les différentes cartographies ont des échelles différentes.

8.5 Proportions de BTEX

Ces proportions sont présentées à titre informatif et pourront faire l'objet de comparaison avec des mesures réalisées une fois les travaux d'aménagement effectués.

8.5.1 Rapport Toluène/Benzène

Le rapport toluène/benzène du Palais Longchamp sert de référence car il s'agit d'un site de fond qui n'a pas de source locale de toluène ou de benzène (Figure 33). Ainsi il est observé :

- Une proportion plus importante de benzène à la Joliette, au Cap Janet et au Gymnase Santi,
- Une proportion plus importante de toluène aux abords du Cap Janet (excepté le Gymnase Santi),
- Aux abords de la Joliette des proportions comparables à celles du Palais Longchamp, à l'exception de la rue de Ruffi qui présente un ratio plus élevé et donc une source de toluène locale.
- Des ratios plus élevés l'été que l'hiver sur tous les sites, qui peut s'expliquer par l'augmentation hivernale du benzène (Figure 32).

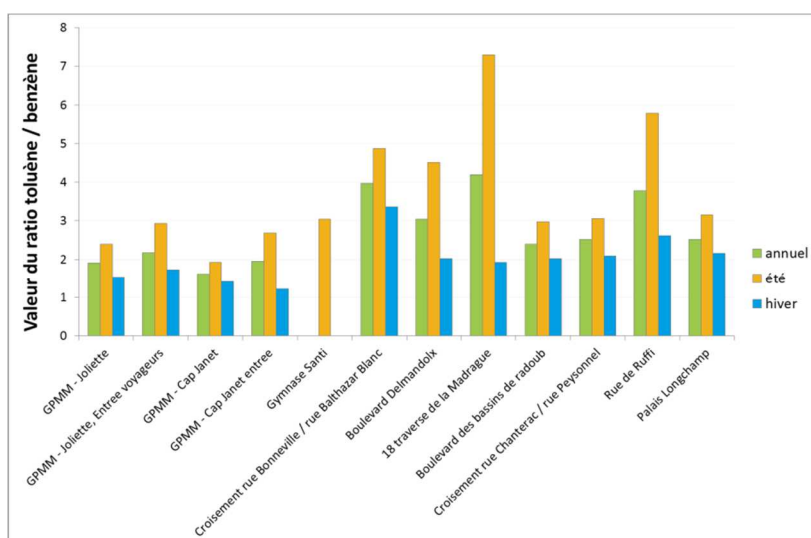


Figure 32 : Valeur du ratio des concentrations moyennes toluène/benzène

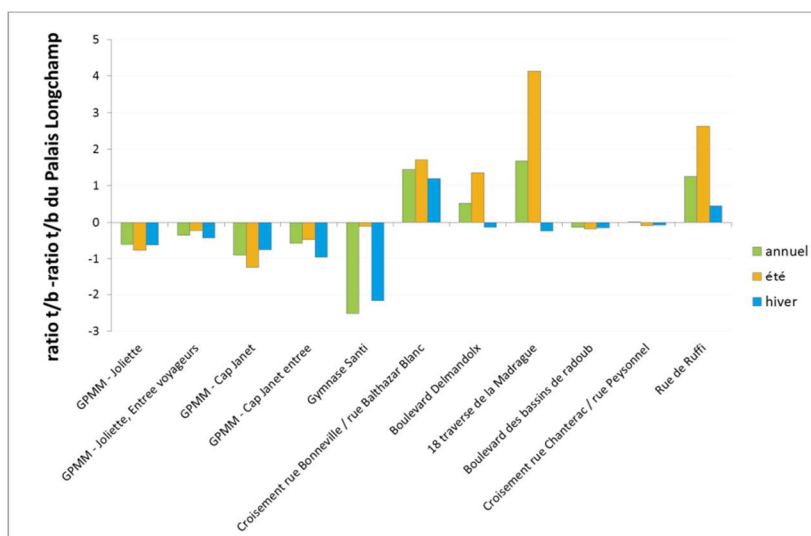


Figure 33 : Valeur du ratio toluène/benzène moins le ratio du Palais Longchamp

8.5.2 Pourcentages BTEX

La Figure 34 fait état des pourcentages de BTEX pour chaque site.



Figure 34 : Pourcentages des concentrations en BTEX pour chaque site de mesure

8.6 BTEX, répartition annuelle

Les observations suivantes sont notées (Figure 35) :

- En général les concentrations retrouvées dans le tissu urbain sont plus élevées qu'à l'intérieur ou à l'entrée des zones portuaires (Cap Janet et Joliette). Il faut noter que le site 1 fait exception, avec les concentrations les plus élevées en éthylbenzène et xylènes en période estivale en lien possible avec des opérations de peinture menées dans ses abords.
- Points 10 et 11 : travaux sur la chaussée au moment des prélèvements qui peuvent avoir influés sur les niveaux observés.

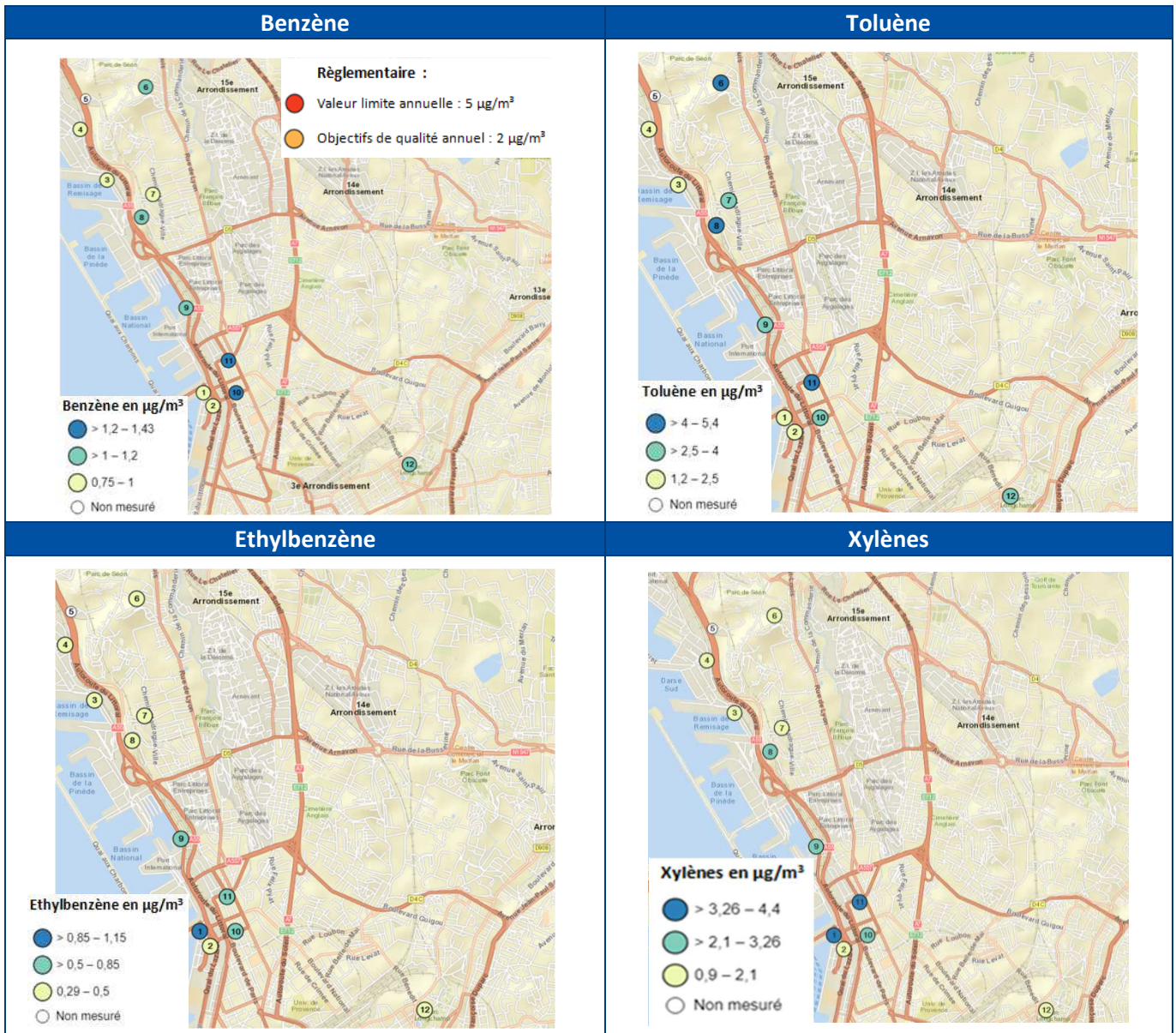


Figure 35 : Cartographies des concentrations moyennes annuelles en BTEX

8.7 Conclusion

Benzène :

- Une saisonnalité est observée, avec des concentrations plus élevées en hiver qu'en été sur chaque site. Ce constat est conforme aux observations faites ailleurs en région il est à relier à des considérations météorologiques moins dispersives en hiver qui concentrent les polluants au niveau du sol, notamment ceux émis par la source du trafic routier.
- Les concentrations sont, en général, plus élevées dans le tissu urbain qu'à l'intérieur ou à l'entrée des deux zones portuaires de la Joliette et du Cap Janet.
- La réglementation a été respectée pour tous les sites, la concentration est inférieure à la valeur limite annuelle ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ainsi qu'à l'objectif de qualité annuel ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Les concentrations ne sont pas toujours les plus élevées autour des axes routiers à fort trafic important. Cela peut s'expliquer par la configuration plus ou moins dispersive des lieux qui bordent ces axes routiers favorisant l'accumulation ou la dispersion.

Toluène :

- Aucune saisonnalité n'est observée, néanmoins la variabilité des concentrations est plus grande en été.
- En comparant la répartition des concentrations avec la carte du trafic routier, les mêmes constats sont réalisés que pour le benzène, pas toujours de relation entre les plus forts niveaux mesurés et l'important trafic routier.

Ethylbenzène et xylènes :

- Une saisonnalité est observée avec des valeurs plus élevées en été qu'en hiver sur la quasi-totalité des sites de mesures.
- La répartition des concentrations mesurées ne semble pas corrélée au trafic routier.

Ratios et pourcentages en BTEX :

Ces données pourront être comparées lors d'une prochaine campagne de mesure une fois les modifications routières et maritimes effectives dans la zone d'étude.

Répartition des concentrations sur les sites :

Des similitudes dans la répartition des fortes concentrations sont observées pour :

- Le benzène et le toluène,
- L'éthylbenzène et les xylènes.

9. Aldéhydes

9.1 Généralités

9.1.1 Sources

Les aldéhydes sont des Composés Organiques Volatils (COV) qui peuvent être émis de façon primaire ou secondaire (oxydation d'autres COV). Les deux aldéhydes présents majoritairement en milieu urbain sont le formaldéhyde et l'acétaldéhyde.

Leurs sources principales sont :

- Industrie,
- Combustion (trafic),
- Résidentiel et tertiaire

9.1.2 Toxicité

Les aldéhydes sont des composés toxiques qui sont habituellement surveillés en air intérieur car ils sont émis à l'utilisation de colles, solvants, peintures, d'autres produits ménagers et réémis par le mobilier. Ils peuvent atteindre, dans un espace clos, des concentrations importantes. Les valeurs toxicologiques pour l'inhalation chronique de ces composés sont des Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur (VGAI):

- Acétaldéhyde : 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ANSES, 2014)
- Formaldéhyde : 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ANSES, 2007)
- Acroléine : 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ANSES, 2013)

Certains, comme l'acétaldéhyde, sont suspectés d'être cancérogènes pour l'Homme (par l'UE, le CIRC, l'US EPA), d'autres comme le formaldéhyde sont reconnus comme cancérogène (CIRC).

Pour avoir accès aux détails des différentes VTR concernant ces deux molécules : [circulaire interministérielle DGS/SD 7B 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.

9.1.3 Règlementation air ambiant

A ce jour, aucune réglementation dans l'air ambiant n'existe.

9.2 Résultats

Les concentrations moyennes mesurées par tubes passifs sont présentées dans le Tableau 9 :

Les résultats ont variés de 0,4 à 3,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour tous les aldéhydes confondus. Les concentrations les plus élevées sont retrouvées pour le formaldéhyde, l'acétaldéhyde et le butyraldéhyde. Néanmoins, les niveaux observés sont faibles et présentent très peu de différences entre les sites. Un site aux abords de la Joliette semble se détacher avec des valeurs légèrement plus élevées, sur plusieurs composés, mais restant faibles (site 11 : Rue de Ruffi).

Les niveaux mesurés lors de cette séquence d'observation en air ambiant sont plus faibles que ceux habituellement mesurés en air intérieur et restent inférieurs aux VGAI.

Tableau 9 : Concentrations moyennes en aldéhydes mesurées par tubes passifs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| Nom de site | Site | Formaldéhyde | | | Acétaldéhyde | | | Hexaldéhyde | | | Propionaldéhyde | | | Butyraldéhyde | | | |
|-----------------------|---|--------------|------------|-------|--------------|------------|-------|-------------|------------|-------|-----------------|------------|-------|---------------|------------|-------|-----|
| | | annuel | été | hiver | annuel | été | hiver | annuel | été | hiver | annuel | été | hiver | annuel | été | hiver | |
| Joliette | GPM - Joliette | 1 | 2.0 | 2.1 | 1.9 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 0.7 | 1.0 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 1.9 | 2.0 | 1.8 |
| | GPM - Joliette, Entrée voyageurs | 2 | 2.2 | 2.3 | 2.1 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 0.7 | 0.8 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 1.9 | 2.0 | 1.7 |
| Cap Janet | GPM - Cap Janet | 3 | 2.1 | 2.3 | 1.9 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 0.7 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 1.9 | 2.0 | 1.8 |
| | GPM - Cap Janet entrée | 4 | 2.4 | 3.1 | 1.9 | 1.3 | 1.6 | 1.1 | - | 0.8 | <LQ | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 2.1 | 2.6 | 1.7 |
| Abords du Cap Janet | Gymnase Santi | 5 | - | 2.9 | - | - | 1.6 | - | - | 0.7 | - | - | 0.5 | - | - | 2.6 | - |
| | Croisement rue Bonneville / rue Balthazar Blanc | 6 | 2.5 | 3.0 | 2.1 | 1.4 | 1.8 | 1.1 | 0.7 | 0.8 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 2.0 | 2.5 | 1.6 |
| | Boulevard Delmandolx | 7 | 2.5 | 3.0 | 2.1 | 1.4 | 1.6 | 1.1 | 0.7 | 0.9 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 2.0 | 2.7 | 1.5 |
| | 18 Traverse de la Madrague (montée de Mouren) | 8 | 2.6 | 3.2 | 2.2 | 1.4 | 1.8 | 1.2 | 0.8 | 0.9 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 2.1 | 2.7 | 1.6 |
| Abords de la Joliette | Boulevard des bassins de radoub | 9 | 2.6 | 2.9 | 2.5 | 1.4 | 1.5 | 1.3 | 0.6 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 2.2 | 2.7 | 1.8 |
| | Croisement rue Chanterac / rue Peysonnel | 10 | 2.7 | 3.0 | 2.4 | 1.4 | 1.6 | 1.3 | 0.7 | 0.8 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 1.9 | 2.4 | 1.6 |
| | Rue de Ruffi | 11 | 3.1 | 3.4 | 2.9 | 1.7 | 1.9 | 1.6 | 0.8 | 0.9 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 2.2 | 2.9 | 1.7 |
| Fond Marseille | Station Palais Longchamp | 12 | 2.5 | 2.9 | 2.1 | 1.3 | 1.7 | 1.1 | 0.8 | 0.9 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 2.1 | 2.7 | 1.7 |

Remarques :

Les composés suivants ne sont pas présentés car leurs résultats ont été inférieurs à la limite de quantification sur la très grande majorité des périodes de mesures, indiquant des niveaux très faibles ou nuls :

- Acroléine
- Benzaldéhyde
- Isovaléraldéhyde
- Valéraldéhyde
- hexaldéhyde (hiver).

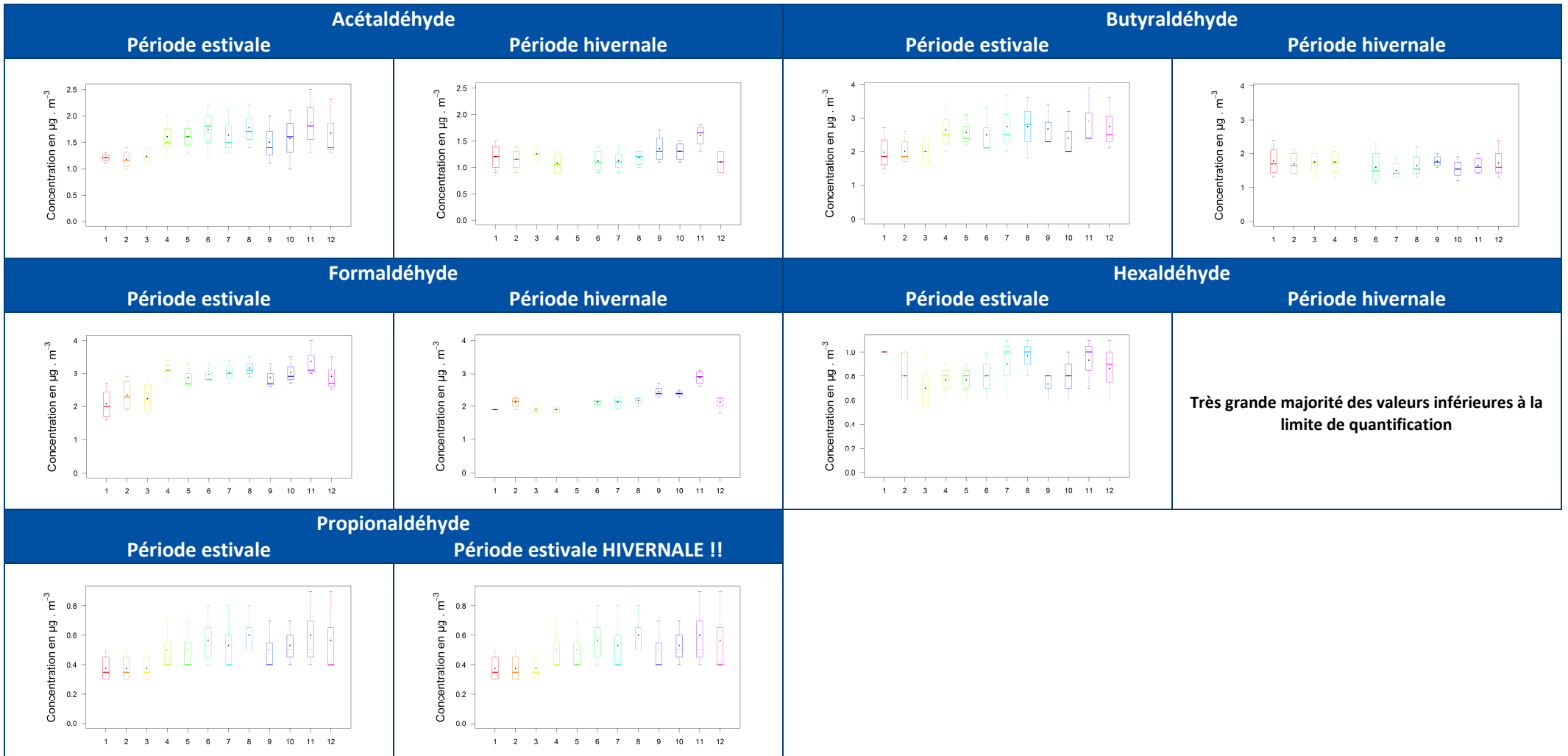


Figure 36 : Diagrammes en boîtes des aldéhydes mesurés par tubes passifs

9.3 Conclusion

Les aldéhydes :

Les niveaux mesurés lors de cette séquence d'observation en air ambiant sont plus faibles que ceux habituellement mesurés en air intérieur.

Pour un certains nombres de composés leurs résultats ont été inférieurs à la limite de quantification sur la très grande majorité des périodes de mesures, indiquant des niveaux très faibles ou nuls.

(Acroléine/ Benzaldéhyde / Isovaléraldéhyde / Valéraldéhyde / hexaldéhyde en hiver)

Pour les composés qui disposent de Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur (VGAi) et de Valeur Toxicologique de Référence (VTR), les niveaux mesurés ont été inférieurs à ces seuils.

(Acétaldéhyde / Formaldéhyde / Acroléine).

10. 1,3-butadiène

10.1.1 Généralités

10.1.1.1 Sources

Le 1,3-butadiène est un hydrocarbure qui fait partie des COV, il est issu de la combustion et est émis dans l'atmosphère par les sources anthropiques suivantes :

- Industrie : fabrication, utilisation, transport et stockage,
- Transport,
- Fumée de cigarettes et combustion de plastique et de caoutchouc.

Il s'agit d'un composé « d'intérêt » en matière de santé / environnement car il est toxique pour l'homme.

Ce composé est surveillé par AtmoSud en proximité de source industrielle depuis près de 10 ans et a donné lieu plus récemment en 2015, à une investigation plus large dans le cadre de l'étude POLLuants d'Intérêt Sanitaires (POLIS).

10.1.1.2 Toxicité

Il s'agit d'un composé toxique dont la VTR, pour des effets à seuil par inhalation chronique, est de 2.10^{-3} mg.m⁻³ (RfC, US EPA, 2002).

Le 1,3-butadiène est reconnu comme cancérigène pour l'Homme par l'UE, suspecté d'être cancérigène par le CIRC et non classé par l'US EPA.

10.1.1.3 Règlementation air ambiant

A ce jour, il n'existe aucune réglementation dans l'air ambiant pour ce composé.

10.1.2 Résultats

Les résultats des prélèvements sont présentés dans le Tableau 10 et Figure 37. Les concentrations les plus élevées sont retrouvées sur le site de fond de Marseille et aux abords de la Joliette (site numéro 10) mais restent inférieures à la VTR de 2 µg/m³.

La mise en perspective des sites de Martigues Lavera, Berre l'Etang et la Penne-sur-Huveaune permet de comparer les sites Marseillais à des sites sous influence industrielle. Ainsi, il est observé que les valeurs obtenues par cette étude sont bien inférieures aux valeurs observées sur ces sites sous influence industrielle.

Une légère saisonnalité des concentrations est observée, avec des valeurs plus élevées en été sur la grande majorité des sites de mesures.

Tableau 10 : Concentrations moyennes de 1,3-butadiène mesurées par tubes passifs (µg/m³)

| | Numéro de site | Site | Moyenne annuelle estimée | Période estivale | Période hivernale |
|--|-----------------------|---|--------------------------|------------------|-------------------|
| Joliette | 1 | GPMM –intérieur Joliette | 0,60 | 0,79 | 0,35 |
| | 2 | GPMM - Joliette, Entrée voyageurs | 0,58 | 0,59 | 0,56 |
| Cap Janet | 3 | GPMM – intérieur Cap Janet | 0,55 | 0,62 | 0,47 |
| | 4 | GPMM - Cap Janet porte 4 | 0,34 | 0,38 | 0,29 |
| Abords du Cap Janet | 5 | Gymnase Santi | - | 0,43 | - |
| | 6 | Croisement rue Bonneville / rue Balthazar Blanc | 0,59 | 0,75 | 0,37 |
| | 7 | Boulevard Delmandolx | 0,63 | 0,67 | 0,58 |
| | 8 | 18 Traverse de la Madrague | 0,56 | 0,66 | 0,43 |
| Abords de la Joliette | 9 | Boulevard des bassins de radoub | 0,48 | 0,55 | 0,39 |
| | 10 | Croisement rue Chanterac / rue Peysonnel | 0,67 | 0,70 | 0,63 |
| | 11 | Rue de Ruffi | 0,60 | 0,68 | 0,49 |
| Fond Marseille | 12 | Palais Longchamp | 0,63 | 0,55 | 0,73 |
| Comparaison sites sous influence industrielle (analyseur en ligne) | Martigues Lavera | | 1,51 | - | - |
| | Berre l'Etang | | 1,79 | - | - |
| | La Penne-sur-Huveaune | | 1,00 | - | - |

- Plus faibles concentrations mesurées Plus fortes concentrations mesurées +

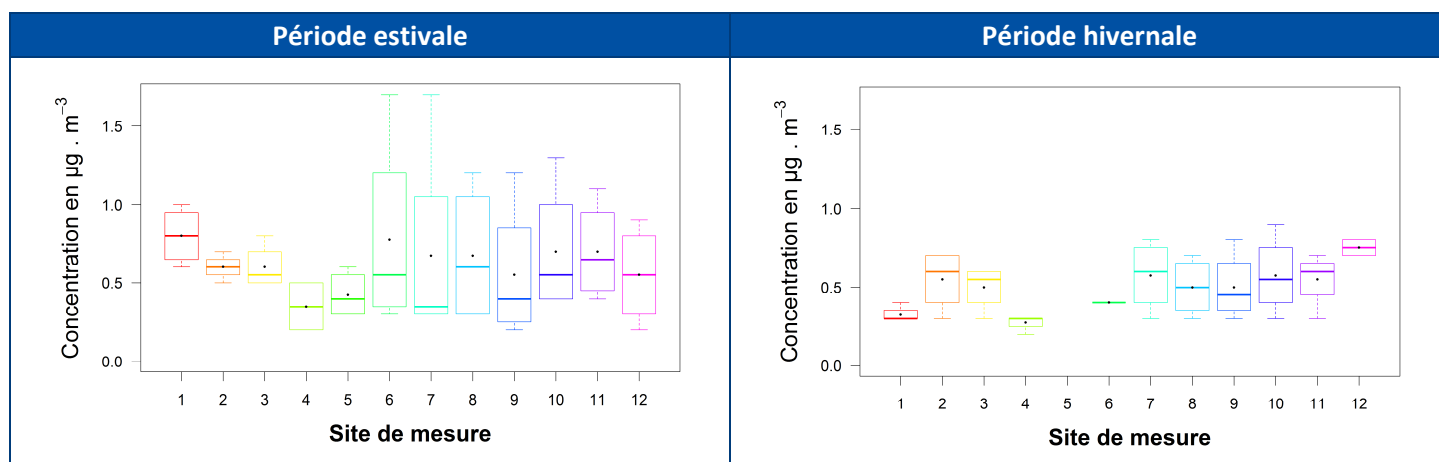
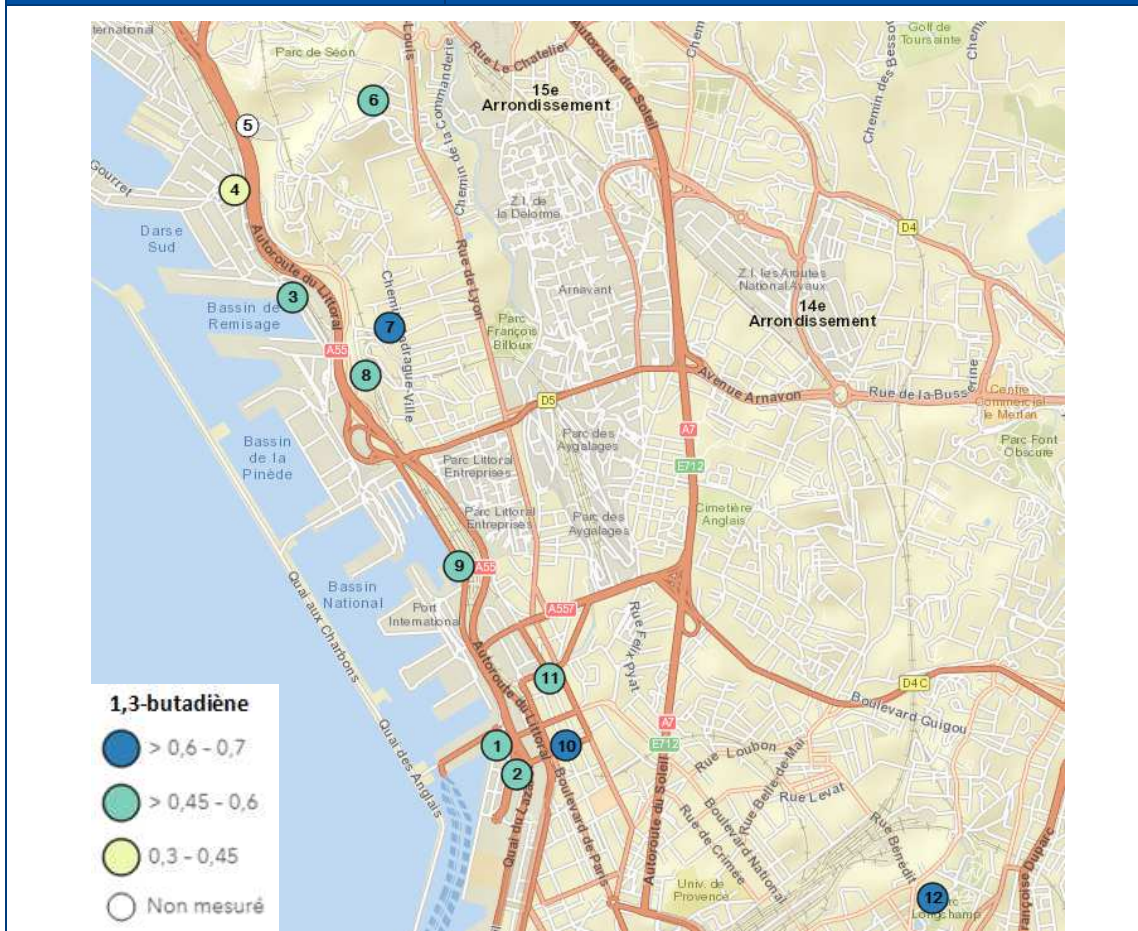


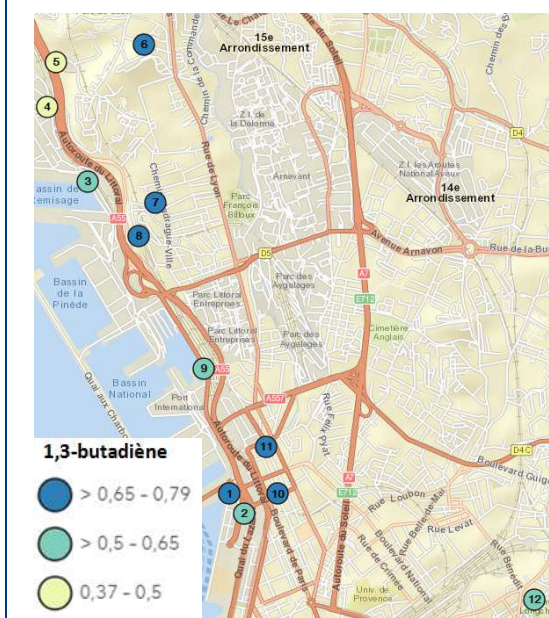
Figure 37 : Diagrammes en boîtes des mesures de 1,3-butadiène réalisées par tubes passifs (µg/m³)

1,3-butadiène⁷ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentration moyenne annuelle



Période estivale



Période hivernale

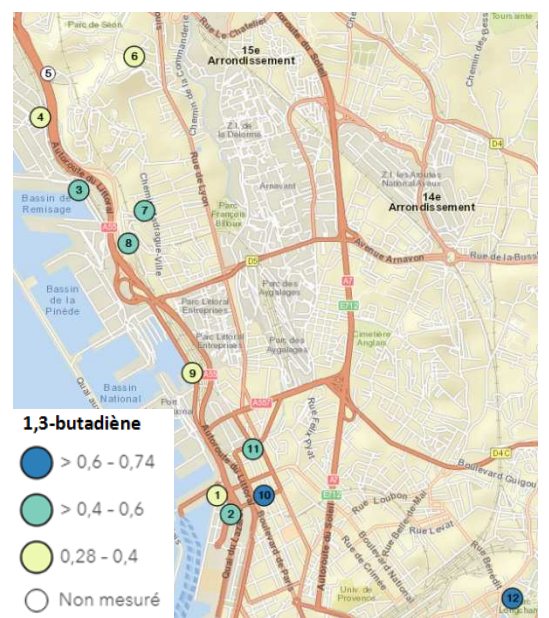


Figure 38 : Cartographies des moyennes en 1,3-butadiène mesurées par tubes passifs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

⁷ Dans un souci de classer les concentrations en trois catégories distinctes par rapport aux valeurs mesurées, les différentes cartographies ont des échelles différentes.

10.1.3 Conclusion

Les concentrations mesurées en 1,3-butadiène sont assez homogènes sur le domaine d'étude et comparables aux concentrations mesurées sur le site de fond urbain de Marseille, au Palais Longchamp.

Les niveaux observés sont tous inférieurs à la VTR de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Ces niveaux sont également inférieurs aux valeurs mesurées sur la même période sur des sites sous influence industrielle, de l'ordre de deux à trois fois inférieurs.

Une saisonnalité des concentrations est observée avec des valeurs plus élevées en été qu'en hiver.

11. Métaux lourds et Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

11.1 Généralités

11.1.1 Sources

Les éléments traces, souvent appelés par abus de langage métaux lourds, comprennent les métaux à l'état de trace mais aussi des éléments non-métalliques (comme l'arsenic). Les oligo-éléments sont nécessaires à la vie et existent naturellement en petite quantité dans la biosphère (comme le fer), d'autres ne sont pas nécessaires et sont néfastes (comme le plomb). Les métaux lourds en grande quantité peuvent être toxiques à court et à long terme et s'accumulent dans les organismes vivants.

Leurs sources d'émission sont la combustion du charbon et du pétrole, l'incinération des ordures ménagères et certains procédés industriels.

11.2 Résultats

De prélèvements journaliers en PM10 ont été effectués au niveau du gymnase Santi en période estivale, période faste d'activité maritime. Ces filtres journaliers ont été analysés afin d'y déterminer la concentration en différents métaux et en benzo(a)pyrène (HAP).

La Figure 39 présente les diagrammes en boîtes des métaux et HAP mesurés au gymnase Santi sur la période de prélèvements et permet de visualiser la gamme de concentrations mesurées.

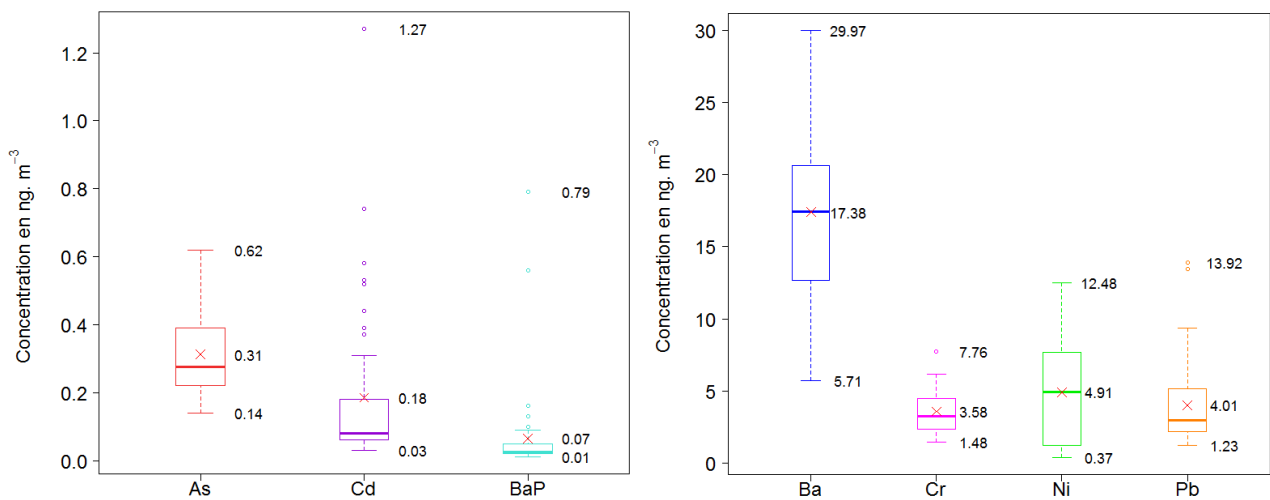


Figure 39 : Diagrammes en boîtes des concentrations en métaux lourds (arsenic (As), baryum (Ba), cadmium (Cd), chrome (Cr), nickel (Ni)) et en HAP (benzo(a)pyrène (BaP)) dans les PM₁₀ (ng/m³)

Le Tableau 11 présente les résultats d'analyse de la composition en métaux et HAP des PM10 (ng/m³).

Tableau 11 : Résultats des mesures de métaux lourds et de HAP

| Date | Métaux lourds | | | | | | | HAP BaP |
|------------|---------------|-------|------|------|-----|-------|-------|------------|
| | As | Ba | Cd | Cr | Hg | Ni | Pb | |
| 03/08/2017 | 0,57 | 23,47 | 0,15 | 5,21 | <LQ | 8,81 | 4,72 | 0,02 |
| 04/08/2017 | 0,62 | 28,32 | 0,16 | 5,21 | NM | 6,52 | 5,58 | 0,05 |
| 05/08/2017 | 0,30 | 15,72 | 0,06 | 2,79 | <LQ | 5,91 | 2,26 | 0,05 |
| 06/08/2017 | 0,18 | 9,48 | 0,03 | 1,99 | <LQ | 0,62 | 1,58 | 0,01 |
| 07/08/2017 | 0,38 | 16,60 | 1,27 | 3,17 | <LQ | 6,49 | 7,44 | 0,04 |
| 08/08/2017 | 0,33 | 16,42 | 0,74 | 2,87 | <LQ | 2,88 | 9,21 | 0,13 |
| 09/08/2017 | 0,25 | 16,82 | 0,07 | 2,94 | <LQ | 2,87 | 2,16 | 0,03 |
| 10/08/2017 | 0,19 | 16,62 | 0,03 | 2,65 | <LQ | 0,78 | 1,42 | 0,02 |
| 11/08/2017 | 0,19 | 17,31 | 0,03 | 2,66 | <LQ | 0,69 | 1,64 | 0,01 |
| 12/08/2017 | 0,17 | 11,37 | 0,04 | 2,19 | <LQ | 0,57 | 1,49 | 0,01 |
| 13/08/2017 | 0,25 | 12,63 | 0,06 | 1,65 | NM | 10,01 | 3,57 | 0,03 |
| 14/08/2017 | 0,32 | 17,60 | 0,19 | 2,80 | <LQ | 12,48 | 5,33 | 0,04 |
| 15/08/2017 | 0,23 | 10,89 | 0,09 | 2,02 | <LQ | 7,20 | 3,21 | 0,04 |
| 16/08/2017 | 0,46 | 19,82 | 0,39 | 4,30 | <LQ | 8,29 | 5,51 | 0,10 |
| 17/08/2017 | 0,52 | 29,97 | 0,31 | 4,04 | NM | 4,83 | 5,45 | 0,06 |
| 18/08/2017 | 0,60 | 24,13 | 0,53 | 4,51 | <LQ | 11,07 | 9,38 | 0,16 |
| 19/08/2017 | 0,17 | 10,08 | 0,07 | 1,67 | <LQ | 0,74 | 1,65 | 0,01 |
| 20/08/2017 | 0,15 | 9,29 | 0,03 | 1,85 | <LQ | 0,58 | 1,37 | 0,01 |
| 21/08/2017 | 0,39 | 18,38 | 0,07 | 5,74 | <LQ | 7,42 | 2,85 | 0,03 |
| 22/08/2017 | 0,28 | 25,85 | 0,06 | 6,03 | <LQ | 5,05 | 2,71 | 0,02 |
| 23/08/2017 | 0,31 | 18,10 | 0,18 | 4,43 | <LQ | 7,35 | 4,69 | 0,06 |
| 24/08/2017 | 0,28 | 18,13 | 0,10 | 3,70 | <LQ | 5,25 | 2,72 | 0,02 |
| 25/08/2017 | 0,30 | 24,99 | 0,07 | 5,52 | NM | 5,45 | 2,54 | 0,02 |
| 26/08/2017 | 0,26 | 16,41 | 0,09 | 2,82 | <LQ | 11,50 | 2,20 | 0,02 |
| 27/08/2017 | 0,22 | 10,41 | 0,07 | 2,37 | <LQ | 12,06 | 1,73 | 0,02 |
| 28/08/2017 | 0,57 | 19,33 | 0,37 | 5,36 | <LQ | 7,71 | 5,68 | 0,09 |
| 29/08/2017 | 0,39 | 20,60 | 0,12 | 6,18 | <LQ | 7,67 | 4,17 | 0,02 |
| 30/08/2017 | 0,44 | 21,50 | 0,08 | 5,43 | <LQ | 9,16 | 4,71 | 0,02 |
| 31/08/2017 | 0,35 | 18,90 | 0,07 | 3,67 | <LQ | 2,30 | 2,62 | 0,02 |
| 01/09/2017 | 0,26 | 17,51 | 0,04 | 3,29 | <LQ | 1,07 | 2,33 | 0,01 |
| 02/09/2017 | 0,19 | 10,77 | 0,05 | 1,86 | <LQ | 0,63 | 2,36 | 0,01 |
| 03/09/2017 | 0,27 | 14,10 | 0,17 | 1,98 | <LQ | 2,66 | 4,43 | 0,56 |
| 04/09/2017 | 0,47 | 25,87 | 0,44 | 5,51 | NM | 12,09 | 13,45 | 0,05 |
| 05/09/2017 | 0,45 | 19,87 | 0,52 | 7,76 | <LQ | 7,07 | 13,92 | 0,09 |
| 06/09/2017 | 0,31 | 20,99 | 0,06 | 3,86 | <LQ | 1,37 | 3,13 | 0,04 |
| 07/09/2017 | 0,27 | 19,70 | 0,04 | 3,64 | <LQ | 1,25 | 2,36 | 0,01 |
| 08/09/2017 | 0,26 | 16,87 | 0,08 | 2,98 | <LQ | 6,15 | 4,65 | 0,01 |
| 09/09/2017 | 0,24 | 12,69 | 0,58 | 2,25 | <LQ | 1,92 | 5,18 | 0,06 |
| 10/09/2017 | 0,15 | 7,35 | 0,03 | 1,53 | <LQ | 0,37 | 1,23 | 0,01 |
| 11/09/2017 | 0,22 | 19,18 | 0,03 | 3,48 | <LQ | 0,90 | 1,67 | 0,01 |
| 12/09/2017 | 0,17 | 17,05 | <LQ | 2,93 | <LQ | 0,80 | 1,97 | 0,02 |
| 13/09/2017 | 0,23 | 15,84 | 0,13 | 3,67 | <LQ | 2,31 | 3,58 | 0,06 |
| 14/09/2017 | 0,44 | 21,83 | 0,06 | 5,89 | <LQ | 3,08 | 3,40 | 0,02 |
| 15/09/2017 | 0,36 | 22,46 | 0,09 | 4,37 | <LQ | 1,25 | 2,84 | 0,79 |
| 16/09/2017 | 0,25 | 12,64 | 0,16 | 2,50 | <LQ | 2,91 | 5,75 | 0,05 |
| 17/09/2017 | 0,14 | 5,71 | 0,31 | 1,48 | <LQ | 7,86 | 2,80 | 0,04 |

<LQ : valeurs inférieures à la limite de quantification analytique. NM : non mesuré.

Le Tableau 12, présente les moyennes obtenues sur le site étudié en parallèle de valeurs de références ainsi qu'avec celles obtenues au Palais Longchamp en 2015.

On observe que les concentrations moyennes du gymnase Santi sur la période de mesure sont inférieures aux valeurs cibles et valeurs limites de la réglementation ainsi qu'aux valeurs de référence santé pour tous les composés mesurés. Les concentrations moyennes sont du même ordre de grandeur que celles obtenues au Palais Longchamp en 2015, à l'exception du baryum (Ba) dont la concentration est significativement supérieure au gymnase Santi et pourrait s'expliquer par la proximité de la source du trafic routier.

Tableau 12 : Comparaison de la moyenne en métaux lourds et en HAP sur la période de mesure avec des valeurs de références et la concentration 2015 obtenue au Palais Longchamp à Marseille (ng/m³)

| | 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.

Nous avons également souhaité pouvoir comparer quelques journées prélevées simultanément au gymnase et au Palais et avons retenu cinq filtres qui ont été analysés. Les résultats sur la période de mesure commune aux deux sites sont présentés dans le Tableau 13. Des valeurs significativement supérieures au gymnase Santi sont observées en baryum et en chrome.

Tableau 13 : Résultats des métaux lourds dans les PM₁₀ des jours en commun entre le Palais Longchamp et le Gymnase Santi

| Site | Date | Métaux lourds | | | | | | HAP |
|------------------------------------|------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | As | Ba | Cd | Cr | Ni | Pb | BaP |
| Gymnase Santi | 04/08/2017 | 0.62 | 28.32 | 0.16 | 5.21 | 6.52 | 5.58 | 0.05 |
| Gymnase Santi | 13/08/2017 | 0.25 | 12.63 | 0.06 | 1.65 | 10.01 | 3.57 | 0.03 |
| Gymnase Santi | 17/08/2017 | 0.52 | 29.97 | 0.31 | 4.04 | 4.83 | 5.45 | 0.06 |
| Gymnase Santi | 25/08/2017 | 0.30 | 24.99 | 0.07 | 5.52 | 5.45 | 2.54 | 0.02 |
| Gymnase Santi | 04/09/2017 | 0.47 | 25.87 | 0.44 | 5.51 | 12.09 | 13.45 | 0.05 |
| Palais Longchamp | 04/08/2017 | 0.51 | 16.00 | 0.14 | 2.93 | 7.48 | 4.43 | 0.03 |
| Palais Longchamp | 13/08/2017 | 0.18 | 6.42 | 0.08 | 1.45 | 3.62 | 3.00 | 0.01 |
| Palais Longchamp | 17/08/2017 | 0.37 | 14.51 | 0.24 | 2.53 | 3.80 | 3.89 | 0.09 |
| Palais Longchamp | 25/08/2017 | 0.17 | 4.93 | 0.06 | 1.13 | 2.28 | 1.57 | 0.01 |
| Palais Longchamp | 04/09/2017 | 0.34 | 12.55 | 0.32 | 2.20 | 6.55 | 8.26 | 0.28 |
| Moyenne au Palais Longchamp | | 0.31 | 10.88 | 0.17 | 2.05 | 4.75 | 4.23 | 0.09 |
| Moyenne au gymnase Santi | | 0.43 | 24.36 | 0.21 | 4.39 | 7.78 | 6.12 | 0.04 |

En violet : Valeur moyenne au gymnase Santi supérieure au double de la moyenne à Marseille Longchamp sur la même période.

La Figure 40 présente le rapport des concentrations mesurées au gymnase Santi et au Palais Longchamp pour chaque jour de prélèvement commun. Le trait rouge horizontal sur le graphique signe l'équilibre des niveaux entre ces deux sites et les points se situant au-dessus montrent des niveaux plus élevés au gymnase par rapport au Palais Longchamp.

Lorsque ce rapport est supérieur à 2, les concentrations au gymnase Santi seront considérées comme significativement supérieures à celles du Palais Longchamp.

On note une tendance générale sur ces seules 5 journées estivales : de niveaux plus élevés au gymnase Santi qu'au Palais Longchamp avec toutefois pour le chrome et le baryum une tendance inverse.

On observe également pour les journées du 13 et surtout du 25 août des niveaux en benzo(a)pyrène et en nickel qui peuvent être plus importants au niveau du gymnase.

Les mesures sont intégrées sur une journée entière, il est de fait difficile de corrélérer ces informations à une source donnée compte tenu des régimes de vent assez changeant rencontrés en période estivale sur une même journée (régime d'alternance de brises). Même si aucune certitude n'est possible, les fortes concentrations retrouvées au gymnase semblent avoir lieu avec des vents provenant du Sud.

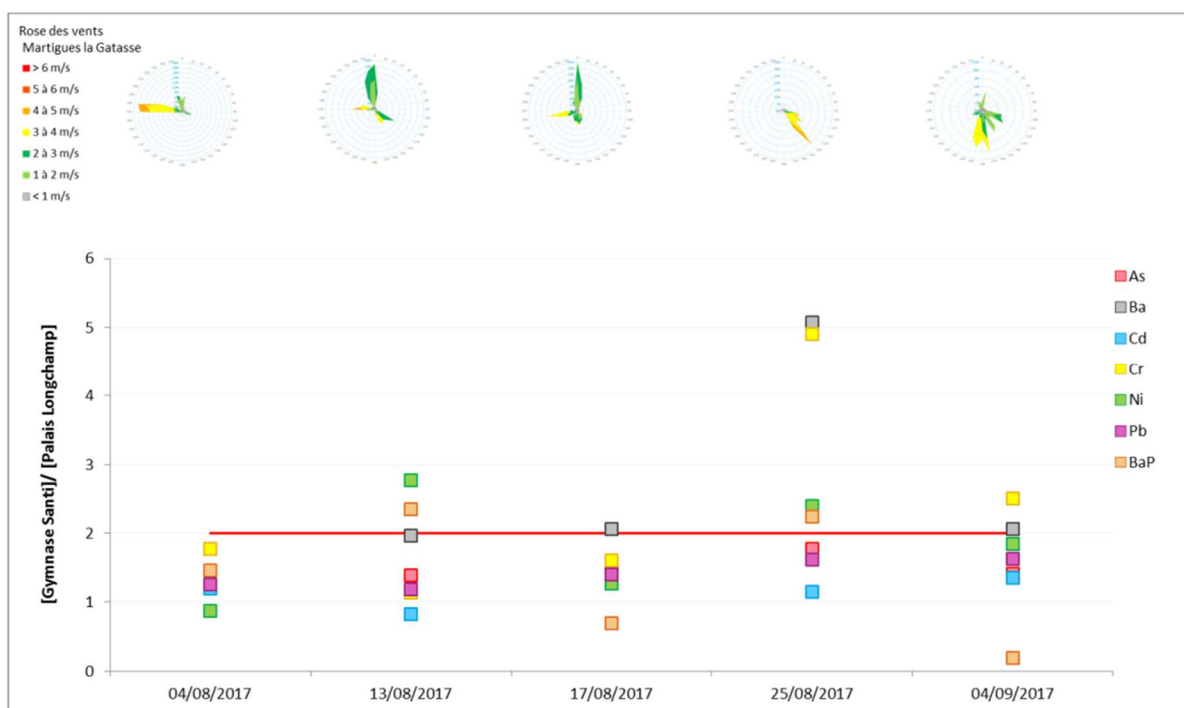


Figure 40 : Rapport entre les concentrations mesurées en métaux lourds et HAP dans les particules inhalables PM10 au gymnase Santi et celles mesurées au Palais Longchamp sur les journées – Rose des vents Martigues La Gatasse

11.3 Conclusion

On observe que les concentrations moyennes du gymnase Santi sur la période de mesure sont inférieures aux valeurs cibles et valeurs limites de la réglementation ainsi qu'aux valeurs de référence santé pour tous les composés mesurés.

Les concentrations moyennes sont du même ordre de grandeur que celles obtenues au Palais Longchamp en 2015, à l'exception du baryum (Ba) dont la concentration est significativement supérieure au gymnase Santi et pourrait s'expliquer par la proximité de l'importante source du trafic routier

Des analyses plus poussées seront menées notamment lors du traitement des mesures effectuées en 2018 afin d'observer d'éventuelles relations entre la présence de navires, la direction des vents et les niveaux en particules et en métaux. Les données obtenues en 2017 lors de la présente campagne seront intégrées à ces analyses.

12. Analyse de la journée du 4 août 2017, des apports de navires et des retours de masses d'air polluées.

Le 4 août 2017 est pris comme exemple en tant que journée estivale classique avec fortes chaleurs et régime de brises alternées. Bien que classique en météorologie elle est également singulière car elle est la journée avec les plus forts niveaux en ozone à Marseille en 2017 ($173 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$) et avec des niveaux en SO_2 biens que faibles ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$), parmi les plus élevés observés cet été au Palais Longchamp (max $24 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ le 16/08).

Il est indéniable qu'à l'occasion de cette journée, les panaches issus des bateaux ont impacté la ville compte tenu de l'orientation des vents de la mer vers la terre (brise de mer) une bonne partie de cette journée.

Les deux matériels de SO_2 en fonction, au gymnase Santi et au Palais Longchamp ont été concernés.

Dans un premier temps (cercle orange sur la Figure 41), lorsque la brise de mer s'est mis en place, vers 8 heure en temps universel (10 heure locale), du SO_2 est apparu instantanément au Palais Longchamp et dans une moindre mesure au niveau du gymnase Santi. L'instantanéité de la survenue de ces niveaux avec le renversement de régime de brises illustre la proximité des sources à l'origine, vraisemblablement les bateaux situés à proximité, ceux des bassins Est. On notera au Palais Longchamp l'apparition de fines particules (augmentation du nombre de PM_1) concomitante au SO_2 .

Dans un second temps (cercle bleu), en milieu de journée une masse d'air en réactivité photochimique (ozone) contenant des composés soufrés ainsi que de fines particules est arrivée en ces deux lieux de mesures. Le SO_2 est moins concentré que lors de la première phase mais les niveaux en particules fines sont plus importants. Cette masse d'air a pour origine l'ensemble des rejets atmosphériques de la zone industrialo-portuaire de l'Etang de Berre ainsi que les rejets urbains de la Métropole Aix Marseille Provence qui a été poussée vers la mer durant la nuit et les premières heures du jour (brise de terre) et qui revient, portée par la brise de mer, en forte réactivité photochimique sous l'action du rayonnement solaire. Cette masse d'air est détectée par les analyseurs avec une augmentation de l'ozone, des PM_{10} , du SO_2 et du nombre de PM_1 en même temps.

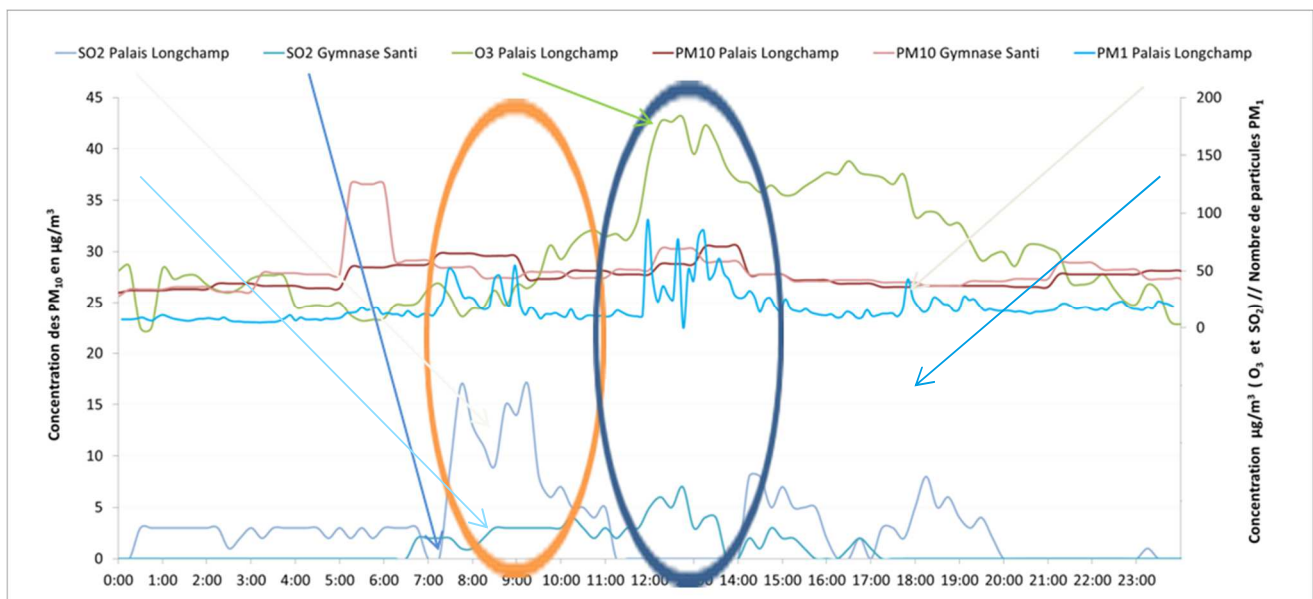


Figure 41 : Concentrations mesurées et nombre de particules PM_1 (sans échelle) le 4 août 2017 (heure TU)

D'autres composés atmosphériques sont mesurés sur le «super site AtmoSud» du Palais Longchamp qui montrent ces deux phases au travers notamment des niveaux de sulfate et des particules ultras fines (deux types de matériel, 3031 et SMPS) comme l'illustre la Figure 42 ci-après.

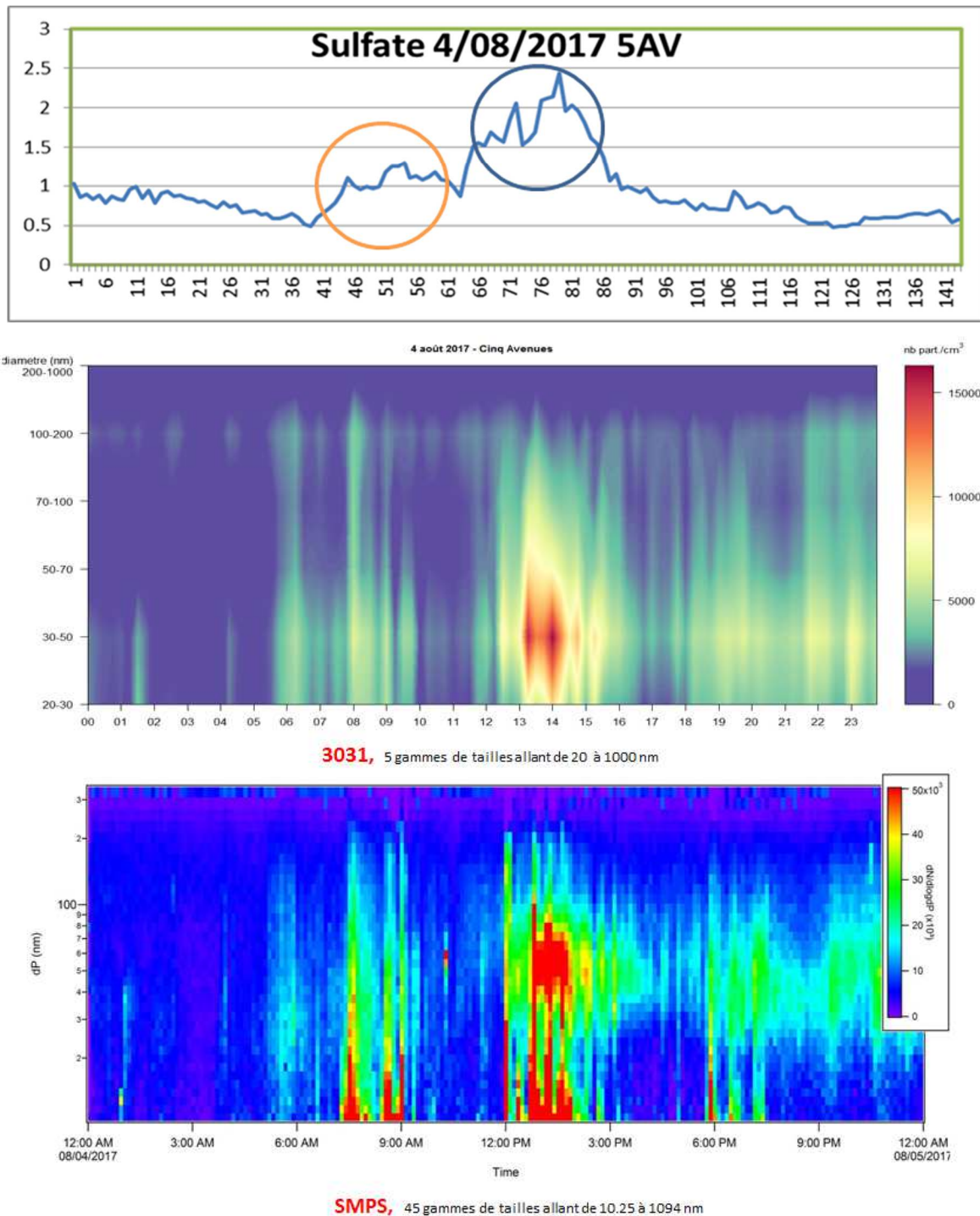


Figure 42 Niveaux de sulfate et de particules ultras fines le 04/08/2017 au Palais Longchamp à Marseille

En guise de conclusion, on peut observer au travers des enregistrements effectués lors de cette journée que les panaches issus des navires des bassins Est s'accompagnent de concentrations en dioxyde de soufre (niveaux plutôt modestes) et d'autres composés soufrés (sulfate) mais également de particules ultras fines que les études à venir de 2018 devront préciser, quantifier et objectiver par rapport à d'autres lieux et d'autres sources.

13. Conclusion

L'état initial de la qualité de l'air dans les secteurs du Cap Janet et de la Joliette, montre aujourd'hui des valeurs de polluants du même ordre de grandeur que sur le reste du territoire marseillais avec les plus forts niveaux observés dans le domaine d'étude en lien avec les grands axes routiers qui desservent la ville. Ce constat est la résultante des sources suivantes⁸ :

- la circulation automobile, responsable à Marseille de :
 - 50% des émissions totales d'oxydes d'azotes (NOx),
 - 18% des émissions de particules PM10,
 - et 1 % des émissions de dioxyde de soufre (SO₂),
- du secteur résidentiel et tertiaire occasionnant :
 - 9 % des émissions de NOx,
 - 20 % des émissions totales de PM10,
 - 8% des émissions de SO₂,
- et des modes de transports autres que routiers (tel que le transport maritime) à l'origine de :
 - 34% des émissions totales de NOx,
 - 12% des émissions de PM10,
 - et 7% des émissions de SO₂.

Les niveaux observés dans le domaine du GPMM ainsi qu'en bordures de domaine respectent les seuils réglementaires en air ambiant pour les composés observés excepté ceux concernant les NO₂ dans des zones urbanisées de proximité au domaine d'étude vers la Joliette et qui sont sous influence directe du trafic routier en lien avec la ville de Marseille. Les niveaux en NO₂ vers le Cap Janet sont quant à eux inférieurs au seuil mais assez proches toutefois.

| Polluants | Valeur limite | Valeur cible | Objectif de qualité |
|------------------------------|---------------|--------------|---------------------|
| PM ₁₀ | Respectée | | Dépassé |
| PM _{2,5} | Respectée | Dépassée | Dépassé |
| NO ₂ | Dépassée | | Dépassé |
| NO _x (végétation) | Respectée | | |
| O ₃ | | Respectée | Dépassé |
| Benzène | Respectée | | Dépassé |
| CO | Respectée | | |
| SO ₂ | Respectée | | Respecté |
| Benzo(a) pyrène | | Respectée | |
| Plomb | Respectée | | Respecté |
| Arsenic | | Respectée | |
| Cadmium | | Respectée | |
| Nickel | | Respectée | |

Tableau 14 bilan synthétique vis-à-vis de seuil réglementaire pour le domaine d'étude

14. Scenarii à l'horizon 2030

AtmoSud a étudié la situation de ce territoire à l'horizon 2030 et produit des cartographies notamment pour les PM₁₀ et le NO₂ sur la base du bilan de la situation réalisé en 2017.

Deux scenarii sont étudiés, l'un ne prend en compte que les évolutions tendanciennes des trafics, avec les évolutions attendues en termes de combustibles ou de motorisation et un deuxième scénario qui intègre également les modifications et aménagements envisagés par le GPMM sur ce domaine de la Joliette et du Cap Janet.

Les résultats de ce travail de simulation sont présentés dans un autre rapport détaillés d'AtmoSud.

⁸ Les pourcentages d'émissions des différents polluants présentés sont issus des données de l'inventaire d'émission de Marseille en 2016, les données sont accessibles sur internet grâce à l'outil de Consultation d'Inventaires Géolocalisés Air-climat-Energie (CIGALE) d'AtmoSud.