

# AtmoSud

Inspirer un air meilleur



## **Evaluation de la qualité de l'air ambiant**

Projet de crèche à Marseille

Septembre 2022

# RÉSUMÉ :

## EVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR AMBIANT

### Projet de crèche à Marseille

---

Pour les besoins locaux de garde d'enfants en bas-âge, la société Babilou évalue la possibilité d'implantation d'une crèche dans un bâtiment existant du centre-ville de Marseille, situé à proximité d'axes routiers fréquentés, dans une zone où la qualité de l'air ambiant est susceptible d'être dégradée. L'objectif de l'étude est d'évaluer la qualité de l'air ambiant au droit du bâtiment pour adapter le système de ventilation au contexte de pollution mais également pour vérifier la possibilité de prévoir une zone de jeux extérieure à l'opposé de l'axe routier, en comptant sur la possibilité d'un effet barrière du bâtiment qui compte 7 étages.

#### ► Concentrations en NO<sub>2</sub> inférieures aux valeurs réglementaires mais supérieures aux recommandations de l'OMS

Les concentrations moyennes annuelles respectent la valeur limite réglementaire annuelle mais sont significativement supérieures aux lignes directrices OMS pour la protection de la santé. Les niveaux annuels des points de mesure présentent une surconcentration de 7 à 13 µg/m<sup>3</sup> par rapport au fond urbain de Marseille. Les concentrations annuelles en NO<sub>2</sub> du point n°1 (le plus proche de l'axe) sont intermédiaires entre celles des stations trafic de Marseille Rabatau et Moulin Timone alors que le point n°4 présente des niveaux inférieurs.

#### ► L'effet barrière du bâtiment

L'effet barrière du bâtiment, avec l'éloignement des axes routiers, occasionnent une baisse des concentrations de NO<sub>2</sub> en façade sud ce qui permet d'atteindre au niveau de la zone de jeux extérieure des niveaux intermédiaires entre les sites trafic et de fond urbain de la ville de Marseille.

#### ► Concentrations en particules fines similaires à celles du fond urbain de Marseille

Sur la période de mesure d'un mois, le site du bâtiment de la CPRSNCF ne semble pas présenter de surconcentration de particules par rapport aux niveaux de fond urbain de Marseille. Un léger effet barrière du bâtiment est observé sur les PM10 et les PM2.5, avec une concentration légèrement moins importante au point n°4 situé dans la zone de jeux extérieure par rapport au point n°1 situé en façade nord.

#### ► La nécessité d'une filtration performante de l'air entrant et d'un positionnement des entrées d'air en façade sud

Les concentrations extérieures en NO<sub>2</sub> autour du bâtiment de la CPRSNCF sont impactées par les axes routiers fréquentés situés au nord, mais les concentrations sont plus basses en façade sud. Déporter les entrées d'air de la future ventilation double flux en façade sud, en position la plus centrale possible permettra de limiter l'entrée des polluants extérieurs en profitant du potentiel maximum de l'effet barrière du bâtiment. Les concentrations en NO<sub>2</sub> atteintes rendent la filtration de l'air entrant incontournable pour un établissement d'accueil de la petite enfance dans cet environnement au regard de la norme NF EN 16798, qui recommande une filtration particulaire ePM1 et moléculaire par charbon actif.

#### ► La zone extérieure de jeu

Le positionnement de la zone extérieure de jeux est optimal par rapport aux possibilités techniques ainsi qu'à l'effet barrière du bâtiment. L'estimation de la concentration annuelle en ce point (32 µg/m<sup>3</sup>) respecte la valeur limite réglementaire mais les niveaux atteints témoignent tout de même de l'impact du trafic routier. Cela signifie qu'en fonction des facteurs météorologiques, certaines journées ou périodes de journées présentent des concentrations plus ou moins importantes. De manière générale, les concentrations en NO<sub>2</sub> sont plus importantes en période froide, où la stabilité atmosphérique favorise l'accumulation locale des polluants, qu'en périodes tempérée et chaude qui sont plus propices à la sortie des enfants.

**Contact**

Chargé d'action territoriale : Prénom + Nom + adresse mail

Pilote de projet : Prénom + Nom + adresse mail

**Date de parution**

28/09/2022

**Références**

AFE-000123 / 01 / MID-ERT-DRN

## REMERCIEMENTS

AtmoSud remercie Babilou pour la démarche d'évaluation de la qualité de l'air dans le cadre d'un projet d'implantation d'une crèche dans un secteur où l'air ambiant est susceptible d'être dégradé.

## PARTENAIRES

Babilou

## AUTEURS DU DOCUMENT

Izard Mathieu

Edwige Revelat

## SOMMAIRE

1. Contexte .....	6
2. Evaluation de la qualité de l'air de la zone d'étude .....	6
3. Réalisation de la campagne de mesures.....	6
3.1 Méthodologie .....	6
3.2 Moyens mis en œuvre .....	7
3.3 Echantillonnage géographique et temporel .....	7
4. Valeurs de référence utiles .....	9
5. Contexte de pollution extérieure .....	9
6. Résultats .....	11
6.1 Conditions de vents .....	11
6.2 Dioxyde d'azote .....	12
6.3 Particules fines .....	15
6.4 Discussion générale .....	17
7. CONCLUSION.....	19
GLOSSAIRE.....	19

## LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	Calcul de l'estimation des concentrations annuelles en NO <sub>2</sub> .....	23
ANNEXE 2	Campagnes d'inter-comparaison des microstations et de la référence de Marseille Longchamp .....	24
ANNEXE 3	Fiches techniques des appareils de mesure de particules fines et composés organiques volatils .....	29

# 1. Contexte

Pour les besoins locaux de garde d'enfants en bas-âge, la société Babilou évalue la possibilité d'implantation d'une crèche dans un bâtiment existant du centre-ville de Marseille, situé à proximité d'un axe routier fréquenté, dans une zone où la qualité de l'air ambiant est susceptible d'être dégradée.

L'objectif de l'étude est d'évaluer la qualité de l'air ambiant au droit du bâtiment pour adapter le système de ventilation au contexte de pollution mais également pour vérifier la possibilité de prévoir une zone de jeux extérieure à l'opposé de l'axe routier, en comptant sur la possibilité d'un effet barrière du bâtiment qui compte 7 étages.

## 2. Evaluation de la qualité de l'air de la zone d'étude

AtmoSud dispose d'un réseau de surveillance permanent sur l'ensemble de la région afin de mesurer en continu la plupart des polluants réglementés<sup>1</sup>. Sur Marseille, la station de mesures fixes Marseille / Longchamp est située à 1,5 km de la zone d'intérêt, celles de Moulin Timone et Rabatau sont respectivement situées à 2,6 et 3,5 km. Leurs caractéristiques sont les suivantes :

**Tableau 1 : Caractéristiques station de mesures AtmoSud fixe dans la zone d'étude**

Paramètre		Station Longchamp	Station Rabatau	Station Moulin Timone
Station	Type	Fixe	Fixe	Fixe
	Typologie	Urbaine	Urbaine	Urbaine
	Influence	Fond	Trafic	Trafic
Polluants particulaires	PM <sub>10</sub>	X	X	X
	PM <sub>2.5</sub>	X	X	-
	PM <sub>1</sub>	X	-	-
Polluants gazeux	NO <sub>2</sub>	X	X	X

Les stations « urbaines de fond » sont représentatives de la qualité de l'air moyenne de la ville. Les stations « urbaines trafic » sont représentatives de la qualité de l'air en extrême proximité des axes routiers.

Les données des stations Longchamp, Rabatau et Moulin Timone sont comparées aux résultats obtenus de la campagne de mesures en extérieur, afin d'identifier si les niveaux observés ont une origine globale à l'échelle de la ville (concentrations qui tendent vers les concentrations de fond) ou significativement influencées par le trafic (niveaux similaires aux stations trafic).

## 3. Réalisation de la campagne de mesures

### 3.1 Méthodologie

La campagne de mesure a été menée afin :

- d'évaluer les concentrations moyennes de la période des polluants concernés par l'impact du trafic routier (NO<sub>2</sub> et particules fines),
- d'estimer les concentrations annuelles en NO<sub>2</sub>
- de suivre au cours du temps les dynamiques des concentrations en particules fines,

<sup>1</sup> <https://www.atmosud.org/donnees/acces-par-station>

- de mettre en évidence un potentiel effet barrière du bâtiment sur les zones situées à l'opposé des axes de trafic fréquentés.

## 3.2 Moyens mis en œuvre

### 3.2.1 Appareils de mesure

Deux dispositifs sont utilisés pour réaliser les mesures de particules fines et de Composés Organiques Volatils (COV) :

- Tubes passifs Passam : pour le NO<sub>2</sub>
- Microstation Nexelec PMO : pour les particules fines,

**Tableau 2 : Description des moyens de mesure**

Dispositif de mesure	Descriptif	Photographie
Mirostations NEXELEC PMO (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>1</sub> )	Mesures en continu de particules fines par une microstation de mesure optique. Permet une mesure indicative par rapport à la mesure de référence de PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> et PM <sub>1</sub> , au pas de temps quart horaire et d'observer l'évolution des concentrations au cours du temps.	
Tubes passifs Passam (NO <sub>2</sub> )	Prélèvements par tubes passifs sur des périodes de deux semaines. Permet d'obtenir, après analyse en laboratoire, une concentration moyenne en NO <sub>2</sub> sur la période de mesure.	

## 3.3 Echantillonnage géographique et temporel

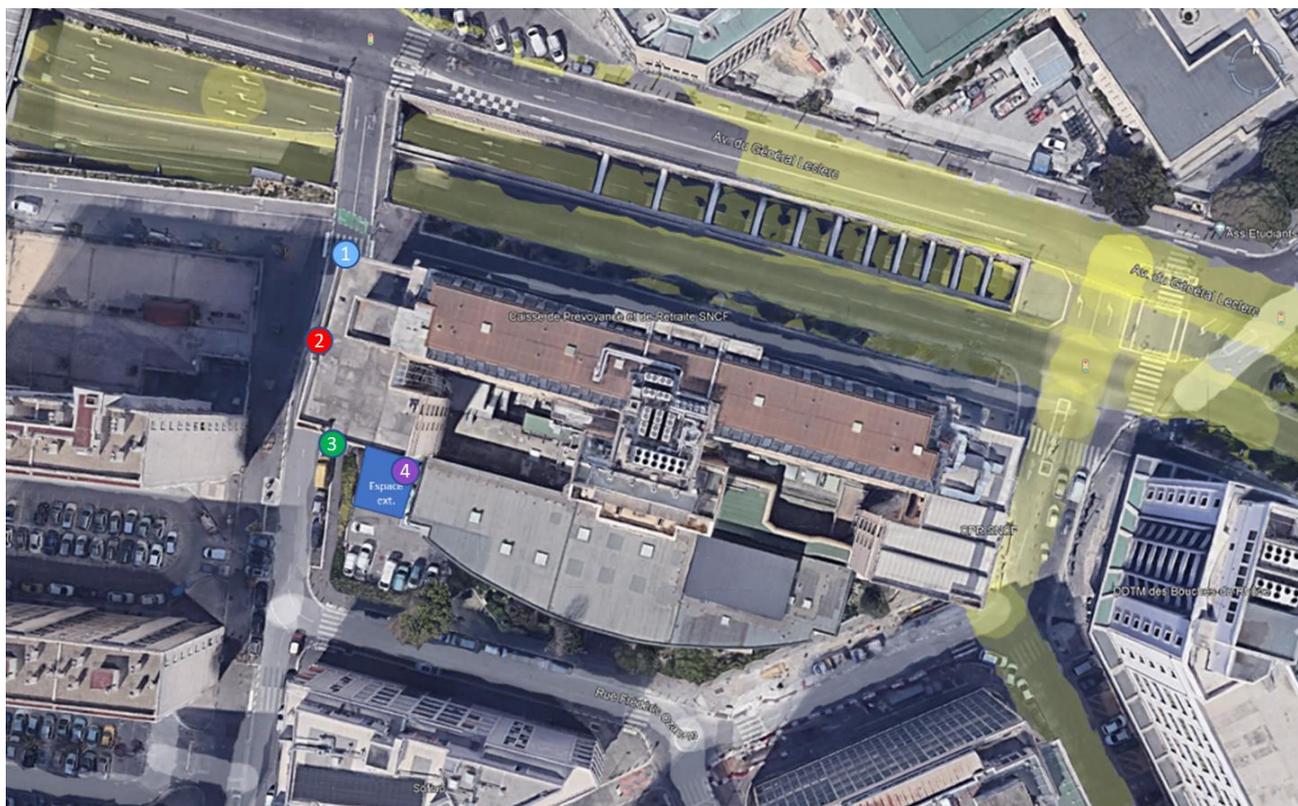
### 3.3.1 Echantillonnage géographique

Pour répondre aux objectifs de l'étude, il est nécessaire de comparer les concentrations en façade côté axe routier à celles de la zone pressentie pour la zone de jeux extérieure à l'opposé. Afin de visualiser une potentielle décroissances de concentrations, des points intermédiaires sont nécessaires.

Ainsi, il a été choisi de retenir les points de mesure suivants :

- **1 : Point de mesure en façade principale nord donnant sur l'avenue du général Leclerc**
- **2 : Point de mesure en façade ouest donnant sur la rue de Turenne**
- **3 : Point de mesure à l'extrémité ouest de la façade sud**
- **4 : Point de mesure en façade sud au milieu de la future zone de jeux extérieure**

**Figure 1 : Points de mesure autour du projet d'implantation de crèche dans le bâtiment de la CPRSNCF**



L'ensemble des points de mesure sont équipés de prélèvements passifs en NO<sub>2</sub> et deux d'entre eux ont également des mesures de particules fines. La répartition des mesures est détaillée ci-après :

**Tableau 3 : Description des moyens de mesure aux différents emplacements**

Dispositif de mesure	Emplacement			
	1	2	3	4
Tubes passifs Passam (NO <sub>2</sub> )	X	X	X	X
Mirocostations NEXELEC PMO (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>1</sub> )	X	-	-	X

### 3.3.2 Echantillonnage temporel

La campagne de mesure a duré 4 semaines, durée nécessaire pour pouvoir réaliser une estimation des concentrations annuelles au regard de l'évolution des concentrations des stations de référence au cours de l'année. Les durées d'échantillonnage par type de prélèvement sont les suivantes :

**Tableau 4 : Durée et période d'échantillonnage pour chaque type de prélèvement**

Paramètres de mesure	Durée d'échantillonnage	Pas de temps
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>1</sub>	4 semaines Du 21/06/2022 au 19/07/2022	15 minutes
NO <sub>2</sub>	4 semaines : 2 périodes de 2 semaines Du 21/06/2022 au 05/07/2022 Du 05/07/2022 au 19/07/22	2 semaines

## 4. Valeurs de référence utiles

Parmi les polluants suivis au cours du temps par les microcapteurs, les valeurs utilisées pour interpréter les résultats de mesure sont les suivantes :

**Tableau 5 : Calcul de la valeur guide  $C_{sout}$  en fonction des différents scénarii d'exposition des usagers**

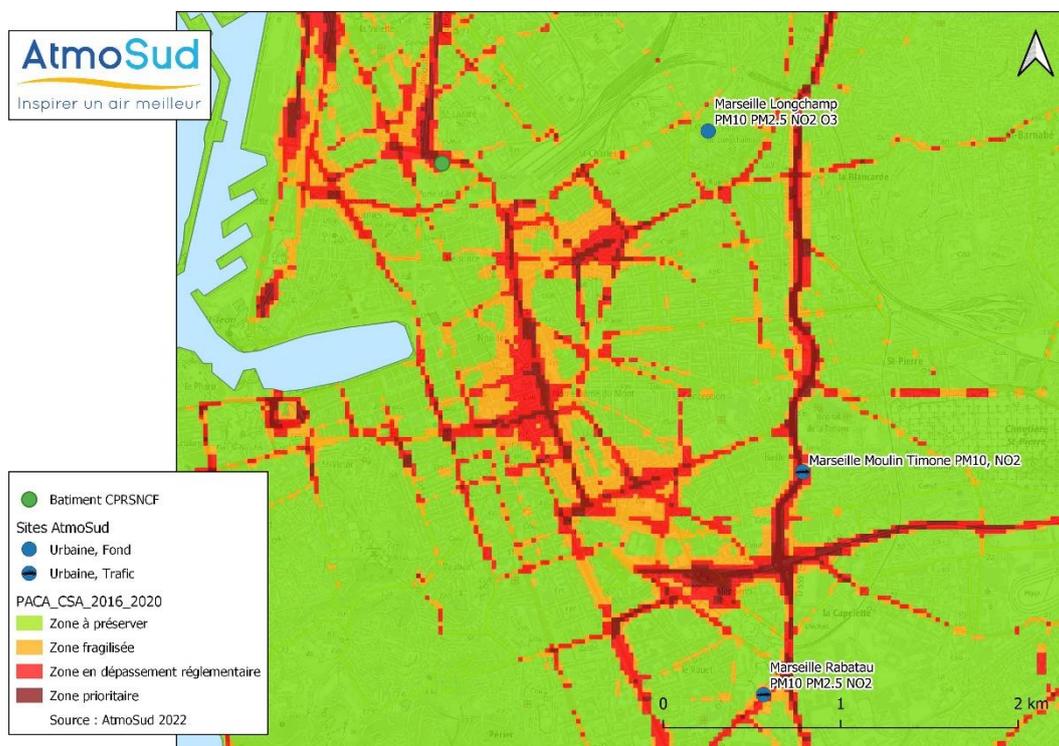
Polluants	Valeurs limites réglementaires	Lignes directrices OMS
PM <sub>10</sub>	50 µg/m <sup>3</sup> (35j/an)	20 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2,5</sub>	25 µg/m <sup>3</sup> (3j/an)	10 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>1</sub>	-	-
NO <sub>2</sub>	40 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>

## 5. Contexte de pollution extérieure

### ► Carte stratégique air (pluri-annuelle)

Le positionnement de l'implantation au sol du projet de crèche sur la carte stratégique air de 2016 à 2020 (carte de pollution pluri-annuelle sur 5 ans) montre un environnement extérieur à cheval entre en « zone prioritaire » et « zone en dépassement réglementaire ».

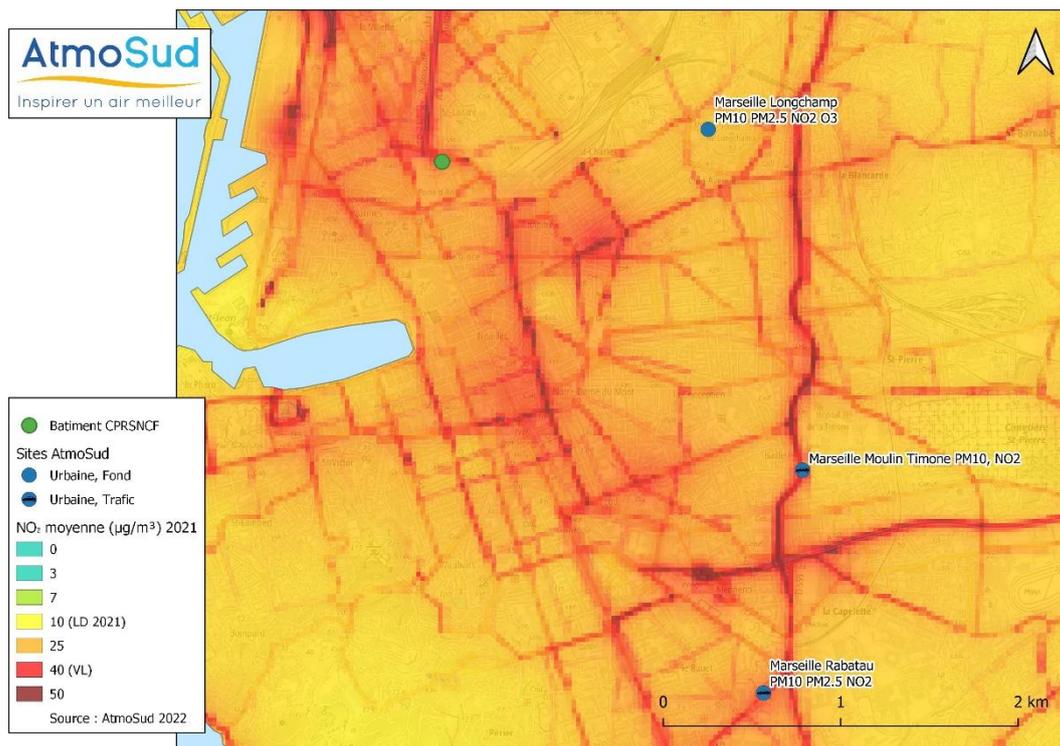
**Figure 2 : Carte stratégique air 2016-2020**



### ► Carte de pollution annuelle en NO<sub>2</sub>

La carte de pollution annuelle 2021 modélisée en NO<sub>2</sub> indique des teneurs extérieures en NO<sub>2</sub> de 47 µg/m<sup>3</sup> côté nord du bâtiment (ce qui est supérieur à la valeur limite réglementaire de 40 µg/m<sup>3</sup>) et de 36 µg/m<sup>3</sup> côté sud. Pour une partie du bâtiment, la réglementation n'est pas respectée pour le NO<sub>2</sub>. Quelle que soit la zone du bâtiment, les concentrations de l'environnement de proximité sont significativement supérieures aux lignes directrices OMS.

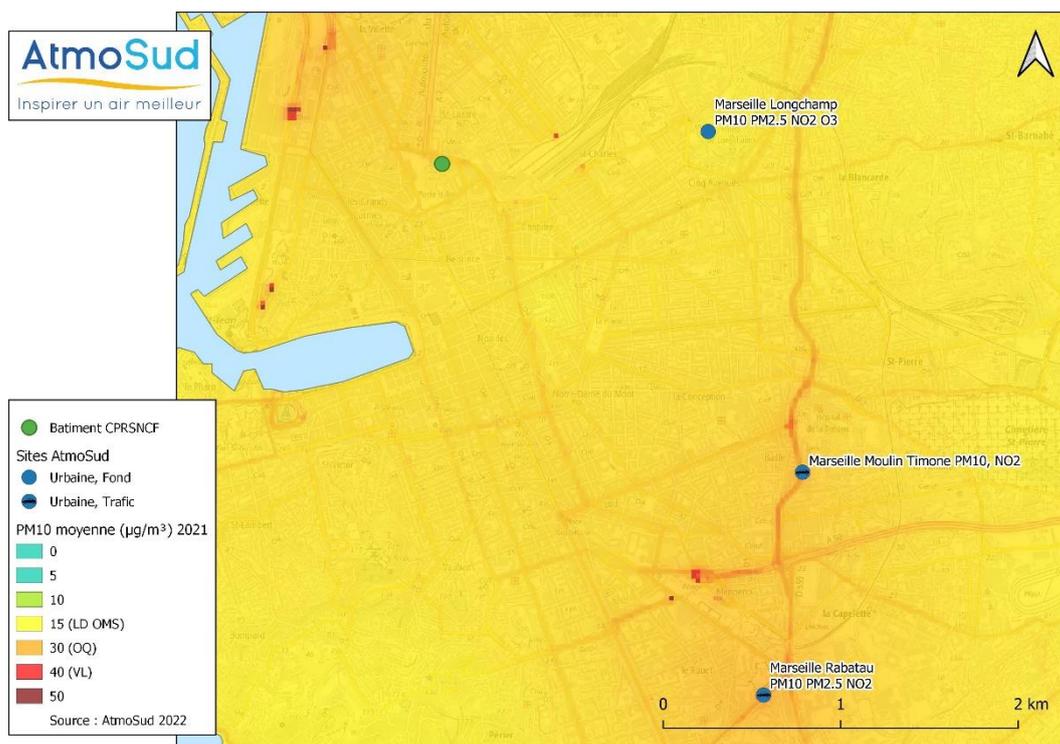
Figure 3 : Carte de pollution annuelle en NO<sub>2</sub> 2021



► Carte de pollution annuelle en PM10

Pour les PM10, la réglementation impose de ne pas dépasser une valeur limite annuelle de 40 µg/m<sup>3</sup>, ainsi que des concentrations journalières de 50 µg/m<sup>3</sup> plus de 35 jours par an. La carte de pollution annuelle 2021 en PM10 indique des teneurs aux établissements comprises entre 26 (côté nord) et 23 µg/m<sup>3</sup> (côté sud). La réglementation est donc respectée sur la zone pour les PM10 mais la ligne directrice OMS de 15 µg/m<sup>3</sup> est dépassée.

Figure 4 : Carte de pollution annuelle en PM10 2021

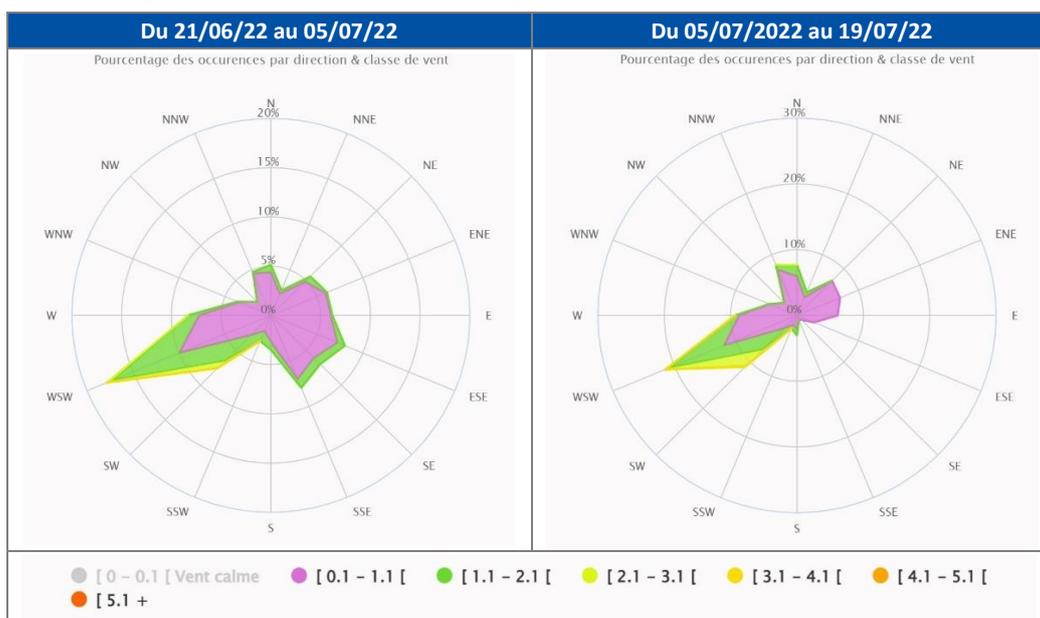


## 6. Résultats

### 6.1 Conditions de vents

Les roses des vents des deux périodes de mesures de deux semaines à la station de Marseille Longchamp sont les suivantes :

**Figure 5 : Roses des vents des deux périodes de mesure de deux semaines**



Entre les deux périodes de mesures de 2 semaines, les conditions de vents ont été similaires et non dispersives. Elles étaient principalement composées brises avec vents faibles provenant essentiellement d'ouest-sud-ouest (35 %) et de secteurs nord-est à sud-est (30%). Quelques vents faibles provenant du nord ont également été observés (10 à 15 %).

Les régimes de vents très faibles sont propices à l'accumulation locale dans toutes les directions des polluants par rapport à la source de pollution. L'orientation des vents faibles sur la période de mesure ont tout de même favorisé le transport des polluants des axes routiers à l'est et à l'ouest de ces derniers, alors que le bâtiment de la CPRSNCF est situé à proximité immédiate au sud.

Les conditions de vents non dispersives observées sur la période de mesure ont été propices à l'accumulation locale des polluants dans une orientation principale à l'est et à l'ouest des axes routiers, le bâtiment de la CPRSNCF étant situé directement au sud.

## 6.2 Dioxyde d'azote

### 6.2.1 Résultats de la campagne de mesure

Les concentrations en NO<sub>2</sub> de la période de prélèvement sont les suivantes :

**Tableau 6 : Concentrations en NO<sub>2</sub> de la période de mesure**

µg/m <sup>3</sup>	Points de mesure				Station de fond urbain Marseille Longchamp	Station trafic Marseille Rabatau	Station trafic Moulin Timone
	1	2	3	4			
Du 21/06/22 au 05/07/22	32.9	27.9	28	26.1	16.3	32.4	30.9
Du 05/07/22 au 19/07/22	33.3	28.9	28.8	27.5	18.3	35.7	28.4
<b>Moyenne du 21/06/22 au 19/07/22</b>	<b>33.1</b>	<b>28.4</b>	<b>28.4</b>	<b>26.8</b>	17.3	34.1	29.6

Les niveaux en NO<sub>2</sub> de la période de mesure montrent des résultats assez homogènes entre la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> période de mesure de deux semaines. Sur la période de mesure d'un mois, l'ensemble des concentrations moyennes sont inférieures à la valeur limite réglementaire de 40 µg/m<sup>3</sup> mais sont significativement supérieures à la ligne directrice OMS correspondante (10 µg/m<sup>3</sup>) pour la protection de la santé. Elles sont également significativement supérieures à la concentration de fond urbain de Marseille, avec une surconcentration de 10 µg/m<sup>3</sup> du point de la zone de jeux extérieure (n°4) par rapport à la station Longchamp.

Le point le plus proche de l'Avenue du général Leclerc (point n°1) présente la concentration moyenne la plus importante (33 µg/m<sup>3</sup>). Les points un peu plus éloignés côté ouest du bâtiment montrent des concentrations moins importantes (28 µg/m<sup>3</sup>). Le point présentant la concentration la moins importantes (27 µg/m<sup>3</sup>) correspond à celui de la zone de jeux extérieure dans le projet d'implantation.

Cette décroissance des concentrations entre les points 1 à 4 illustre l'impact de l'éloignement à la source de pollution que représentent l'Avenue du général Leclerc et l'embouchure du tunnel St-Charles, mais également l'effet barrière du bâtiment occasionnant une légère baisse des concentrations au milieu de la zone de jeux extérieure par rapport aux points 2 et 3 à proximité de la rue de Turenne.

Sur cette période de mesure d'un mois, les concentrations en NO<sub>2</sub> sont inférieures à la valeur limite réglementaire de 40 µg/m<sup>3</sup> mais sont significativement supérieure à la ligne directrice OMS pour la protection de la santé. Une réduction des concentrations en NO<sub>2</sub> est observée en fonction l'éloignement à l'axe et de l'effet barrière du bâtiment au niveau de la zone de jeux extérieure du projet d'implantation de la crèche.

### 6.2.2 Estimation des concentrations annuelles

Une période de mesure d'un mois sur une seule saison n'est pas représentative du contexte de pollution annuel, d'autant plus que les périodes estivales sont moins propices à l'accumulation des polluants émis localement. Afin d'évaluer le contexte de pollution, il est nécessaire de réaliser un calcul d'estimation des concentrations annuelles sur la base de l'évolution des concentrations de l'ensemble des stations de référence sur une année (du 1<sup>er</sup> septembre 2021 au 31 août 2022). Le détail du calcul de l'estimation des concentrations annuelles est présenté en annexe 1.

L'estimation des concentration annuelles des points de mesure sont les suivantes :

**Tableau 7 : Estimation des concentrations annuelle en NO<sub>2</sub> des points de mesure**

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Points de mesure				Station de fond urbain Marseille Longchamp	Station trafic Marseille Rabatau	Station trafic Moulin Timone
	1	2	3	4			
NO <sub>2</sub> (du 01/09/21 au 31/08/22)	38.3	33.6	33.6	32.0	25.1	42.1	37.8

L'estimation des concentrations annuelles en NO<sub>2</sub> montre une élévation des niveaux par rapport à la période de mesure du 21 juin au 17 juillet, conditions estivales non propices à l'accumulation des polluants.

En façade nord (point n°1), le niveau est légèrement inférieur à la valeur limite réglementaire de 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les autres points de mesure présentent quant à eux des concentrations moins élevées mais significativement supérieures à la ligne directrice OMS correspondante pour la protection de la santé.

L'ensemble des concentrations mesurées estimées à l'année présentent des concentrations supérieures de 22 à 34 % par rapport à la concentration annuelle de la station de fond urbain de Marseille sur la même période.

La concentration du point de mesure n°1 (le plus proche des axes routiers) est inférieure à la station trafic de Marseille Rabatau mais légèrement supérieure à celle de la station trafic de Moulin Timone. Le point n°4 (le plus à l'abris des polluants des axes routiers) présente une concentration inférieure de 24 % par rapport à la station Rabatau et de 15 % par rapport à la station Moulin Timone.

Ceci confirme l'apport significatif du trafic de proximité les niveaux de concentrations en NO<sub>2</sub> en façade nord, et que l'éloignement aux axes et l'effet barrière du bâtiment abaissent les concentrations qui sont alors intermédiaires entre un environnement sous l'influence du trafic routier et l'environnement de fond urbain de la ville de Marseille.

Les concentrations en NO<sub>2</sub> à l'échelle annuelle au droit du projet de crèche restent strictement inférieures à la valeur limite réglementaire de 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  mais sont significativement supérieures à la ligne directrice OMS pour la protection de la santé. Une surconcentration de 7 à 13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de NO<sub>2</sub> est observée par rapport au niveau de fond urbain de la ville de Marseille. Les concentrations annuelles en NO<sub>2</sub> du point n°1 sont intermédiaires entre celles des deux stations trafic de Marseille (Rabatau et Moulin Timone) alors que le point n°4 présente des niveaux inférieurs.

## 6.2.3 Discussion

### ► Période de mesure du 21 juin au 19 juillet

Sur la période de mesure, malgré des conditions de vents favorisant l'impact local des polluants des axes routier à l'est et à l'ouest de ce dernier alors que le bâtiment est situé au sud, les résultats de mesure mettent tout de même en évidence l'effet barrière du bâtiment et l'impact de l'éloignement à l'axe sur la baisse des concentrations en NO<sub>2</sub>. Cette baisse des niveaux par rapport aux concentrations en façade nord, ne permet cependant pas d'atteindre les niveaux du fond urbain de Marseille, avec une surconcentration de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  au point n°4 par rapport à la station Longchamp.

L'effet barrière du bâtiment et l'éloignement à l'axe routier permettent une baisse des concentrations qui ne permet pas pour autant d'atteindre des concentrations de fond urbain de Marseille.

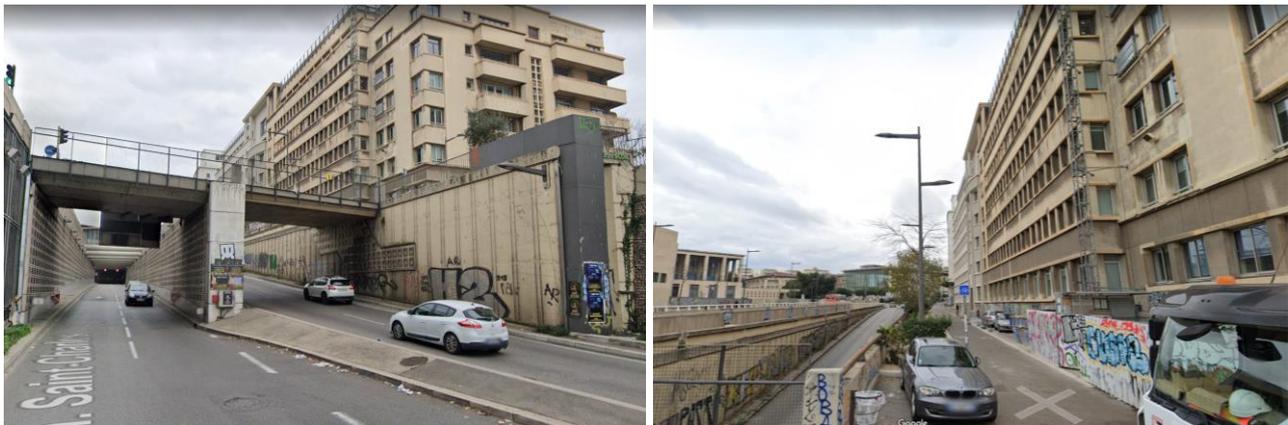
### ► A l'échelle annuelle

Les données de mesure reconstituées à l'échelle annuelle sont inférieures aux données de modélisation annuelle 2021 de la zone, qui indiquent des concentrations entre 47 et 36  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivement au nord-ouest et au sud-ouest du bâtiment. Les différences observées peuvent être dues à l'effet barrière du bâtiment (dont la configuration 3D n'est pas

prise en compte à cette échelle de modélisation) mais également à la configuration spatiale de l'embouchure du tunnel St-Charles et de la partie sud de l'Avenue du Général Leclerc.

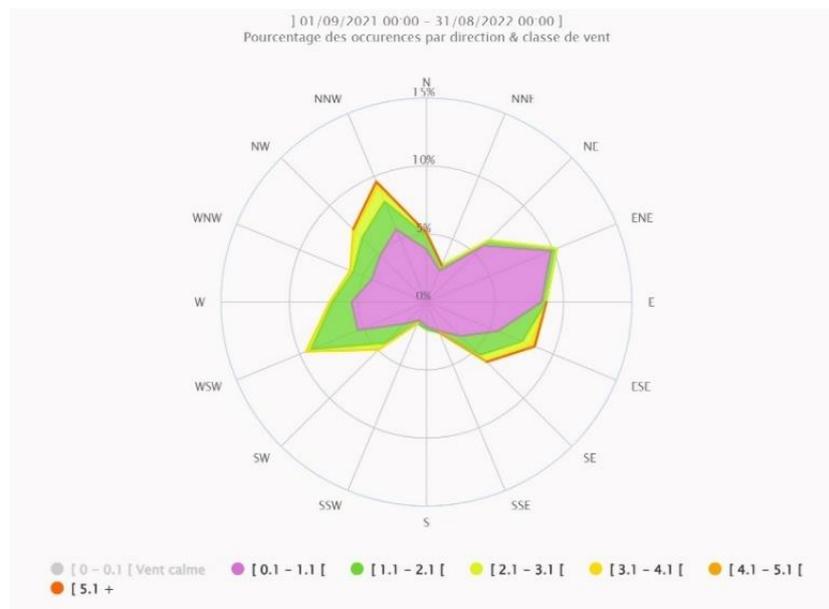
En effet, ces derniers sont tous deux en contre-bas du niveau du bâtiment et sont entourés de parois latérales hautes de 6 à 8 mètres aux alentours de ce dernier. Ces parois de hauteurs conséquentes peuvent agir comme des murs antibruit vis-à-vis de la pollution de l'air et impliquer un abattement des concentrations sur l'environnement de proximité. Enfin, l'esplanade située devant de bâtiment qui était auparavant un axe routier correspond désormais à une piste cyclable, sans passage de véhicules thermiques.

**Figure 6 : Positionnement de l'embouchure du tunnel St-Charles et de l'avenue du Général Leclerc à proximité du bâtiment de l'extrémité ouest du bâtiment de la CPRSNCF**



Les conditions de vents à l'échelle annuelle (même période prise en compte pour l'estimation des concentrations annuelles) montrent les 4 régimes de vents principaux avec des vents forts à modérés provenant du nord (mistral) ou du secteur sud-est et l'alternance de brises de terre (est-nord-est) et de mer (ouest-sud-ouest) avec des vents principalement faibles à très faibles.

**Figure 7 : Rose des vents annuelle du site de fond urbain de Marseille Longchamp**



En fonction des conditions de vents, les concentrations au droit du bâtiment en chaque point de mesure peuvent donc s'avérer moins importantes lors des jours favorisant la dispersion (journées ventées) ou lorsque des vents faibles sont opposés aux axes routiers par rapport au bâtiment. Elles peuvent être supérieures (voir dépasser la valeur limite réglementaire annuelle de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) lors des périodes de stabilité atmosphérique (particulièrement en hiver) ou lorsque les vents sont faibles ( $< 2 \text{ m/s}$ ) et de secteur nord-nord-ouest (20 %), ce qui favorisent le déplacement des polluants vers le bâtiment de la CPRSNCF.

L'estimation des concentrations annuelles en NO<sub>2</sub> est moins importante que celle de la modélisation annuelle du secteur, vraisemblablement en raison de la configuration spatiale des 2 principaux axes routier de proximité (situés en contre-bas du niveau du bâtiment et entourés de parois hautes limitant la diffusion sur l'environnement de proximité) par rapport à ce qui est pris en compte dans la modélisation générale.

Les vents fort à modérés observés à l'échelle annuelle sont propices à la dispersion des polluants de l'axe routier mais les vents faibles et très faibles favorisent l'impact de proximité, la situation la plus défavorable étant les vents faibles de secteur nord-nord-ouest qui représentent 20 % sur la période du 1<sup>er</sup> septembre 2021 au 31 août 2022.

Les concentrations moyennes annuelles en NO<sub>2</sub> respectent la valeur limite réglementaire annuelle mais sont significativement supérieures aux lignes directrices OMS pour la protection de la santé. Ces concentrations sont moins importantes qu'attendues sur la cartographie de modélisation générale de l'année 2021 mais restent dans des niveaux impactés par le contexte de trafic routier de proximité, avec une surconcentration à l'échelle annuelle de 7 à 13 µg/m<sup>3</sup> en fonction des points de mesures.

Les concentrations annuelles en NO<sub>2</sub> du point n°1 sont intermédiaires entre celles des deux stations trafic de Marseille (Rabatau et Moulin Timone) alors que le point n°4 présente des niveaux inférieurs.

L'effet barrière du bâtiment et l'éloignement à l'axe est visible, les concentrations de la zone de jeux dans le projet d'implantation sont les moins importantes.

En fonction des conditions de vents, les concentrations peuvent s'avérer plus faibles lors de conditions dispersives ou vents provenant des secteurs sud, est et ouest, ou plus importantes lors des conditions de stabilité atmosphérique ou de vents faibles provenant du nord, ce qui déplace les polluants vers le bâtiment de la CPRSNCF.

Dans ce contexte, pour limiter l'entrée du NO<sub>2</sub> dans l'environnement intérieur, un système de ventilation double flux avec entrées d'air déportées en façade sud et munie d'une filtration moléculaire de l'air entrant paraît incontournable pour accueillir de jeunes enfants. Afin de maximiser l'effet barrière du bâtiment sur l'air entrant, un positionnement plus central en façade sud devrait permettre un meilleur abattement de l'entrée du NO<sub>2</sub> par le système de ventilation.

## 6.3 Particules fines

### 6.3.1 Résultats de la campagne

Les concentrations en particules fines de la période de prélèvement sont les suivantes :

**Tableau 8 : Concentrations brutes en particules fines de la période de mesure**

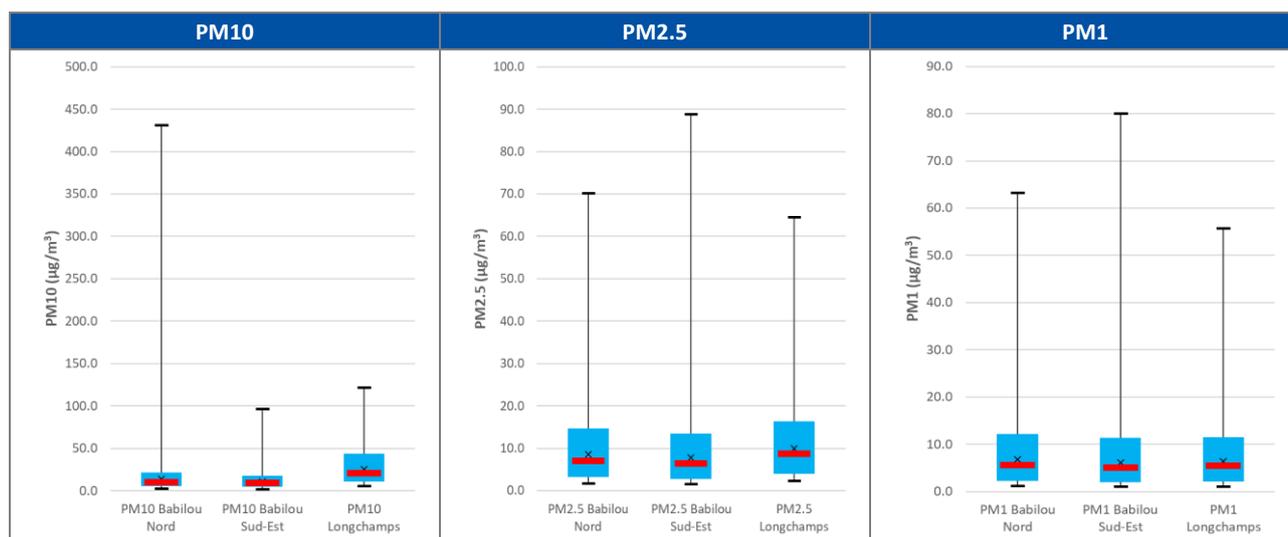
µg/m <sup>3</sup>	Point de mesure		Station de fond urbain Marseille Longchamp
	1	4	
PM10***	14	10.9	25.4
PM2.5**	8.5	7.7	10
PM1*	6.7	6.1	6.4

\*\*\* les microstations sous-estiment significativement les concentrations en PM10, qui ne sont pas directement comparables à la station de référence pour les PM10

\*\*les microstations sous-estiment les concentrations de PM2.5 en moyenne de 2.75 µg/m<sup>3</sup> par rapport à la référence

\*les microstations indiquent des niveaux de concentrations en PM1 similaires à ceux de la station de référence

Les concentrations moyennes brutes en PM10 de la période de mesure au point n°1 situé en façade nord sont plus importantes que celles du point n°4 situé sur la zone de jeux extérieur en façade sud du bâtiment. Il en est de même pour les PM2.5 et les PM1 mais la différence est moins importante qu'avec les PM10.



Les résultats présentés sous forme de box-plot permettent de visualiser que le point n°1 présente des concentrations en PM10 ponctuellement importantes, qui ne semblent pas en lien avec un contexte de trafic.

Les concentrations mesurées par les microstations en PM10 et PM2.5 sont inférieures à celles de la station de référence de Marseille Longchamp alors qu'elles sont similaires pour les PM1. Cette différence peut être expliquée, au moins en partie, par la sous-estimation des concentrations en PM10 et PM2.5 révélée dans les campagnes d'inter-comparaison en amont et en aval de la campagne sur site.

Ainsi, les données brutes de particules fines des microstations peuvent être recalées à la référence sur la base des données d'inter-comparaison en amont et en aval de la campagne sur site.

Les résultats des données d'inter-comparaison des microstations et de la référence du site de Marseille Longchamp sont présentées en annexe 2.

Les concentrations en particules fines recalées de la période de prélèvement sont les suivantes :

**Tableau 9 : Concentrations en particules fines recalées de la période de mesure**

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Point de mesure		Station de fond urbain Marseille Longchamp	Station trafic Marseille Rabatau	Station trafic Moulin Timone
	1	4			
<b>PM10</b>	<b>24.9</b>	<b>23.6</b>	25.4	34.5	
<b>PM2.5</b>	<b>10.6</b>	<b>10.1</b>	10	12.8	-
<b>PM1</b>	<b>7</b>	<b>6.9</b>	6.4	-	-

Les données recalées confirment un léger effet barrière du bâtiment sur les concentrations en PM10 et PM2.5. Les concentrations résultantes des deux microstations sont similaires aux concentrations de fond urbain de Marseille.

Ainsi, sur cette période de mesure d'un mois, la situation du bâtiment montre des concentrations significativement inférieures à celles des deux stations trafic de Marseille et semblent plutôt correspondre aux niveaux de fond urbain de Marseille Longchamp.

Les données de mesure brutes ont dû être recalées sur la référence de Marseille Longchamp au vu des différences observées sur les concentrations en particules fines lors des deux campagnes de mesure d'inter-comparaison en amont et en aval de la campagne sur site.

**Sur la période de mesure d'un mois, le site du bâtiment de la CPRSNCF ne semble pas occasionner de surconcentration de particules par rapport aux niveaux de fond urbain de Marseille. Un léger effet barrière du bâtiment est observé sur les PM10 et les PM2.5, avec une concentration légèrement moins importante au point n°4 situé dans la zone de jeux extérieure par rapport au point n°1 situé en façade nord.**



## ► La filtration de l'air entrant

Au vu du contexte général de pollution de la zone, l'implantation d'une crèche nécessite la mise en place d'un système de ventilation double flux avec prises d'air neuf en position la plus centrale possible en façade nord. Celui-ci doit être muni d'une filtration particulaire et moléculaire répondant aux caractéristiques recommandées dans la norme NF EN 16 798 en fonction du niveau de pollution extérieure (classes ODA 1 à 3) et de l'exigence souhaitée de l'air soufflé en termes de qualité de l'air intérieur (classes SUP 1 à 5).

Pr EN 16 798 CLASSES DE FILTRATION MINIMUM					
AIR EXTERIEUR	AIR SOUFLÉ				
VALEURS GUIDES OMS PM10 : 20 µg/m <sup>3</sup> moyenne annuelle PM2.5 : 10 µg/m <sup>3</sup> moyenne annuelle NO <sub>2</sub> : 10 µg/m <sup>3</sup> moyenne annuelle	SUP 1 (VALEURS OMS) <b>X 0,25</b> ePM 1*	SUP 2 (VALEURS OMS) <b>X 0,50</b> ePM 1*	SUP 3 (VALEURS OMS) <b>X 0,75</b> ePM 2,5*	SUP 4 (VALEURS OMS) <b>X 1</b> ePM 10*	SUP 5 (VALEURS OMS) <b>X 1,5</b> ePM 10*
ODA 1 (VALEURS GUIDES OMS)	70%	50%	50%	50%	50%
ODA 2 (Max 1,5 X VALEURS GUIDES OMS)	80%	70%	70%	80%	50%
ODA 3 (Sup 1,5 VALEURS GUIDES OMS)	90%	80%	80%	90%	80%

Pr EN 16 798 CLASSES DE FILTRATION MINIMUM					
AIR EXTERIEUR	AIR SOUFLÉ				
VALEURS GUIDES OMS (CO, NOx, SOx, VOC, O3) PM10 : 20 µg/m <sup>3</sup> moyenne annuelle PM2.5 : 10 µg/m <sup>3</sup> moyenne annuelle NO <sub>2</sub> : 10 µg/m <sup>3</sup> moyenne annuelle	SUP 1 (VALEURS OMS) <b>X 0,25</b>	SUP 2 (VALEURS OMS) <b>X 0,50</b>	SUP 3 (VALEURS OMS) <b>X 0,75</b>	SUP 4 (VALEURS OMS) <b>X 1</b>	SUP 5 (VALEURS OMS) <b>X 1,5</b>
ODA (G) 1 (VALEURS GUIDES OMS)	FM RECOMMANDÉ				
ODA (G) 2 (Max 1,5 X VALEURS GUIDES OMS)	FM OBLIGATOIRE	FM RECOMMANDÉ			
ODA (G) 3 (Sup 1,5 VALEURS GUIDES OMS)	FM OBLIGATOIRE	FM OBLIGATOIRE	FM RECOMMANDÉ		

FM: FILTRE MOLECULAIRE (CHARBON ACTIF)

Ainsi, la concentration annuelle en NO<sub>2</sub> étant supérieure à 32 µg/m<sup>3</sup>, la classe de qualité de l'air extérieur correspondante dans la norme est ODA 3. Dans ce contexte, pour obtenir une classe de qualité de l'air intérieur SUP 1 (ayant pour objectif d'atteindre des concentrations intérieures à hauteur de 0,25 fois les valeurs OMS), il est nécessaire de mettre en place une filtration particulaire basée sur un filtre ePM1 avec une efficacité associée de 90 % et une filtration moléculaire par filtre à charbon actif.

Au vu du contexte de pollution extérieure de proximité, la norme NF EN 16798 recommande la mise en place d'une filtration particulaire ePM1 et moléculaire de l'air entrant. Le positionnement des entrées d'air en façade sud en position la plus centrale possible permettrait un abattement maximal des concentrations de polluants de l'air entrant.

## ► La zone de jeux extérieure

Le positionnement de la zone extérieure de jeux est optimal par rapport aux possibilités techniques ainsi qu'à l'effet barrière du bâtiment. L'estimation de la concentration annuelle en ce point (32 µg/m<sup>3</sup>) respecte la valeur limite réglementaire mais les niveaux atteints témoignent tout de même de l'impact du trafic routier.

Cela signifie qu'en fonction des facteurs météorologiques, certaines journées ou périodes de journées présentent des concentrations plus ou moins importantes. De manière générale, les concentrations en NO<sub>2</sub> sont plus importantes en période froide, où la stabilité atmosphérique favorise l'accumulation locale des polluants, qu'en périodes tempérée et chaude, qui sont plus propices à la sortie des enfants.

Au vu de l'évolution des concentrations au cours d'une année, les périodes les plus propices pour une sortie des enfants correspondent globalement aux périodes tempérées ou chaudes (début d'automne, milieu de printemps et été).

L'effet barrière du bâtiment occasionne, avec l'éloignement des axes routiers, une baisse des concentrations en façade sud ce qui permet d'atteindre des niveaux intermédiaires entre des sites trafic et de fond urbain.

La mise en place d'un système de ventilation performant équipé d'une filtration particulaire et moléculaire de l'air entrant (selon la norme NF EN 16798), avec un positionnement des entrées d'air déportée en façade sud semble incontournable pour l'implantation d'une crèche dans ce lieu pour réduire l'entrée des polluants extérieurs à l'intérieur des espaces de la crèche.

Les périodes les plus propices pour une sortie des enfants correspondent globalement aux périodes tempérées ou chaudes (milieu de printemps et été, début d'automne).

## 7. CONCLUSION

Pour les besoins locaux de garde d'enfants en bas-âge, la société Babilou évalue la possibilité d'implantation d'une crèche dans un bâtiment existant du centre-ville de Marseille, situé à proximité d'axes routiers fréquentés, dans une zone où la qualité de l'air ambiant est susceptible d'être dégradée.

L'objectif de l'étude est d'évaluer la qualité de l'air ambiant au droit du bâtiment pour adapter le système de ventilation au contexte de pollution mais également pour vérifier la possibilité de prévoir une zone de jeux extérieure à l'opposé de l'axe routier, en comptant sur la possibilité d'un effet barrière du bâtiment qui compte 7 étages.

### ► Concentrations en NO<sub>2</sub> inférieures aux valeurs réglementaires mais supérieures aux recommandations de l'OMS

Les concentrations moyennes annuelles respectent la valeur limite réglementaire annuelle mais sont significativement supérieures aux lignes directrices OMS pour la protection de la santé. Les niveaux annuels des points de mesure présentent une surconcentration de 7 à 13 µg/m<sup>3</sup> par rapport au fond urbain de Marseille. Les concentrations annuelles en NO<sub>2</sub> du point n°1 (le plus proche de l'axe) sont intermédiaires entre celles des stations trafic de Marseille Rabatau et Moulin Timone alors que le point n°4 présente des niveaux inférieurs.

### ► L'effet barrière du bâtiment

L'effet barrière du bâtiment, avec l'éloignement des axes routiers, occasionnent une baisse des concentrations de NO<sub>2</sub> en façade sud ce qui permet d'atteindre au niveau de la zone de jeux extérieure des niveaux intermédiaires entre les sites trafic et de fond urbain de la ville de Marseille.

### ► Concentrations en particules fines similaires à celles du fond urbain de Marseille

Sur la période de mesure d'un mois, le site du bâtiment de la CPRSNCF ne semble pas présenter de surconcentration de particules par rapport aux niveaux de fond urbain de Marseille. Un léger effet barrière du bâtiment est observé sur les PM10 et les PM2.5, avec une concentration légèrement moins importante au point n°4 situé dans la zone de jeux extérieure par rapport au point n°1 situé en façade nord.

### ► La nécessité d'une filtration performante de l'air entrant et d'un positionnement des entrées d'air en façade sud

Les concentrations extérieures en NO<sub>2</sub> autour du bâtiment de la CPRSNCF sont impactées par les axes routiers fréquentés situés au nord, mais les concentrations sont plus basses en façade sud. Déporter les entrées d'air de la future ventilation double flux en façade sud, en position la plus centrale possible permettra de limiter l'entrée des polluants extérieurs en profitant du potentiel maximum de l'effet barrière du bâtiment. Les concentrations en NO<sub>2</sub> atteintes rendent la filtration de l'air entrant incontournable pour un établissement d'accueil de la petite enfance dans cet environnement au regard de la norme NF EN 16798, qui recommande une filtration particulaire ePM1 et moléculaire par charbon actif.

### ► La zone extérieure de jeu

Le positionnement de la zone extérieure de jeux est optimal par rapport aux possibilités techniques ainsi qu'à l'effet barrière du bâtiment. L'estimation de la concentration annuelle en ce point (32 µg/m<sup>3</sup>) respecte la valeur limite réglementaire mais les niveaux atteints témoignent tout de même de l'impact du trafic routier. Cela signifie qu'en fonction des facteurs météorologiques, certaines journées ou périodes de journées présentent des concentrations plus ou moins importantes. De manière générale, les concentrations en NO<sub>2</sub> sont plus importantes en période froide, où la stabilité atmosphérique favorise l'accumulation locale des polluants, qu'en périodes tempérée et chaude qui sont plus propices à la sortie des enfants.

# GLOSSAIRE

## Définitions

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Particules d'origine secondaires** : Les particules secondaires résultent de la conversion en particules, des gaz présents dans l'atmosphère. Cette conversion, soit directement gaz-solide, soit par l'intermédiaire des gouttes d'eau, est appelée nucléation. La nucléation est le mécanisme de base de la formation des nouvelles particules dans l'atmosphère. Les principaux précurseurs impliqués dans la formation des particules secondaires sont le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub> et nitrates), les composés organiques volatils (COV) et l'ammoniac (NH<sub>3</sub>). Les particules secondaires sont essentiellement des particules fines (<2.5 µm).

**AOT 40** : Égal à la somme des différences entre les concentrations horaires d'ozone supérieures à 80 µg/m<sup>3</sup> (mesurés quotidiennement entre 8 h et 20 h, heure d'Europe Centrale) et la valeur 80 µg/m<sup>3</sup> pour la période du 1<sup>er</sup> mai au 31 juillet de l'année N. La valeur cible de protection de la végétation est calculée à partir de la moyenne sur 5 ans de l'AOT40. Elle s'applique en dehors des zones urbanisées, sur les Parcs Nationaux, sur les Parcs Naturels Régionaux, sur les réserves Naturelles Nationales et sur les zones arrêtées de Protection de Biotope.

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

## Sigles

**AASQA** : Association Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air

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

**ANTS** : Association Nationale des Techniques Sanitaires

**ARS** : Agence Régionale de Santé

**CSA** : Carte Stratégique Air

**CERC** : Cellule Économique Régionale du BTP PACA

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

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

**EPCI** : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

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

**IARC** : International Agency for Research on Cancer

**ISA** : Indice Synthétique Air

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

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

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

**PCAET** : Plan climat air énergie territorial

**PDU** : Plan de Déplacements Urbains

**PLU** : Plan local d'Urbanisme

**PPA** : Plan de Protection de l'Atmosphère

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

**SCoT** : Schéma de Cohérence Territoriale

**ZAS** : Zone Administrative de Surveillance

## Unité de mesures

**mg/m<sup>3</sup>** : milligramme par mètre cube d'air  
(1 mg = 10<sup>-3</sup> g = 0,001 g)

**µg/m<sup>3</sup>** : microgramme par mètre cube d'air  
(1 µg = 10<sup>-6</sup> g = 0,000001 g)

**ng/m<sup>3</sup>** : nanogramme par mètre cube d'air  
(1 ng = 10<sup>-9</sup> g = 0,000000001 g)

**TU** : Temps Universel

## Polluants

**As** : Arsenic

**B(a)P** : Benzo(a)Pyrène

**BTEX** : Benzène - Toluène - Éthylbenzène - Xylènes

**C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>** : Benzène

**Cd** : Cadmium

**CO** : Monoxyde de carbone

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone

**COV** : Composés Organiques Volatils

**COVNM** : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

**ML** : Métaux lourds (Ni, Cd, Pb, As)

**Ni** : Nickel

**NO / NO<sub>2</sub>** : Monoxyde d'azote / Dioxyde d'azote

**NO<sub>x</sub>** : Oxydes d'azote

**O<sub>3</sub>** : Ozone

**Pb** : Plomb

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

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

**PM 10** : Particules d'un diamètre < 10 µm

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

**SO<sub>2</sub>** : Dioxyde de soufre

## Classification des sites de mesure

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

### Environnement d'implantation

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

### Influence des sources

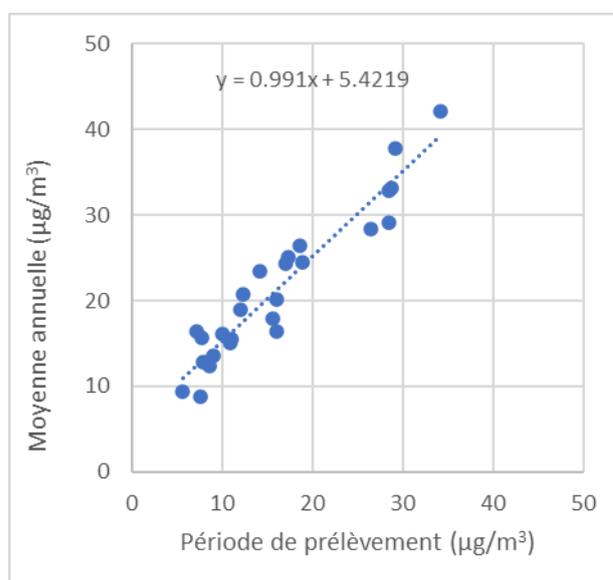
- **Influence industrielle** : Le point de prélèvement est situé à proximité d'une source (ou d'une zone) industrielle. Les émissions de cette source ont une influence significative sur les concentrations.
- **Influence trafic** : Le point de prélèvement est situé à proximité d'un axe routier majeur. Les émissions du trafic ont une influence significative sur les concentrations.
- **Influence de fond** : Le point de prélèvement n'est soumis à aucun des deux types d'influence décrits ci-après. L'implantation est telle que les niveaux de pollution sont représentatifs de l'exposition moyenne de la population (ou de la végétation et des écosystèmes) en général au sein de la zone surveillée. Généralement, la station est représentative d'une vaste zone d'au moins plusieurs km<sup>2</sup>.

## ANNEXE 1 Calcul de l'estimation des concentrations annuelles en NO<sub>2</sub>

A partir de la comparaison des concentrations de l'ensemble des stations de mesure de référence de la Région PACA entre la période de mesure d'un mois de la période annuelle retenue (01/09/21 au 31/08/22), une régression linéaire des couples de point de chaque station est réalisée. L'équation de la droite de régression linéaire est alors appliquée aux concentrations de la période de mesure.

Dans le cadre de cette campagne de mesure l'équation de correction est  $y = 0.991x + 5.5219$ .

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annuel du 01/09/21 au 31/08/22	4 semaines du 21/06/21 au 1/07/22
MOULIN_TIMONE	37.8	29.2
RABATA	42.1	34.1
CINQAV	25.1	17.3
STLOUI	33.1	28.7
PASSON	15.5	11.1
AIXCEN	29.1	28.5
AIXART	19	12.1
ARLS	15.1	10.9
SALON	12.8	7.9
MARIGNANE	20.8	12.4
CANNES	17.9	15.6
MOULIN	24.4	17.1
MAGNAN	28.4	26.5
ARSON	26.4	18.6
AEROPO	16.4	16.1
CONTE2	12.4	8.7
ESTEREL	8.8	7.6
TOUFOC	32.9	28.5
GENOUD	16.1	10.1
TOUCLA	20.1	16.1
AVIMAR	24.5	18.9
AVICEN	13.6	9.1
PONTET	15.7	7.9
MANOSQ	9.5	5.7
GAPJAURES	23.4	14.2



## ANNEXE 2 Campagnes d'inter-comparaison des microstations et de la référence de Marseille Longchamp

Deux campagnes de mesures d'inter-comparaison des microstations avec la référence du site de fond urbain de Marseille Longchamp ont été mises en place en amont et en aval de la campagne de mesure sur le site du projet d'implantation de la crèche dans le bâtiment de la CPRSNCF.

Ces mesures servent à mettre en évidence des différences de concentrations des capteurs entre eux pour évaluer leur reproductibilité mais également avec l'appareil de mesure de référence pour évaluer leur performance quantitative. La mise en place d'une campagne en amont et en aval permet de mettre en évidence une éventuelle dérive des capteurs au cours du temps.

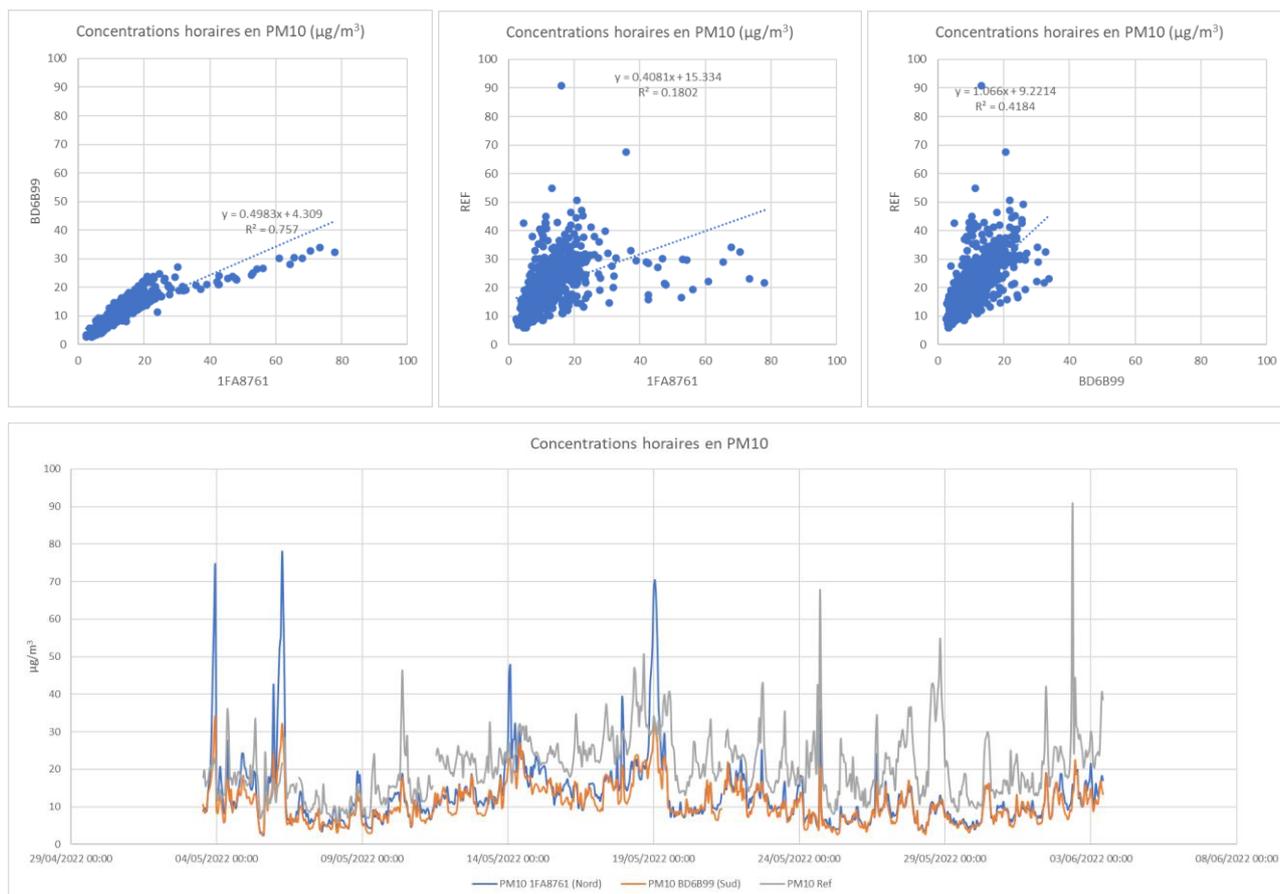
Ainsi ce sont les deux microstations 1FA8761 et BD6B99 qui ont été mises en place, respectivement utilisées aux points 1 et 4 dans le cadre de la campagne de mesure au niveau du bâtiment de la CPRSNCF.

### ► Campagne d'inter-comparaison en amont de la campagne de mesure

La campagne de mesure a duré un mois du 3 mai au 3 juin 2022 sur le site de Marseille Longchamp. Les microstations ont été positionnées à proximité immédiate de la prise d'air de l'appareil de mesure de référence du site, le FIDAS.

L'ensemble des concentrations des fractions de PM10, PM2.5 et PM1 ont été prises en compte pour la comparaison.

#### PM10

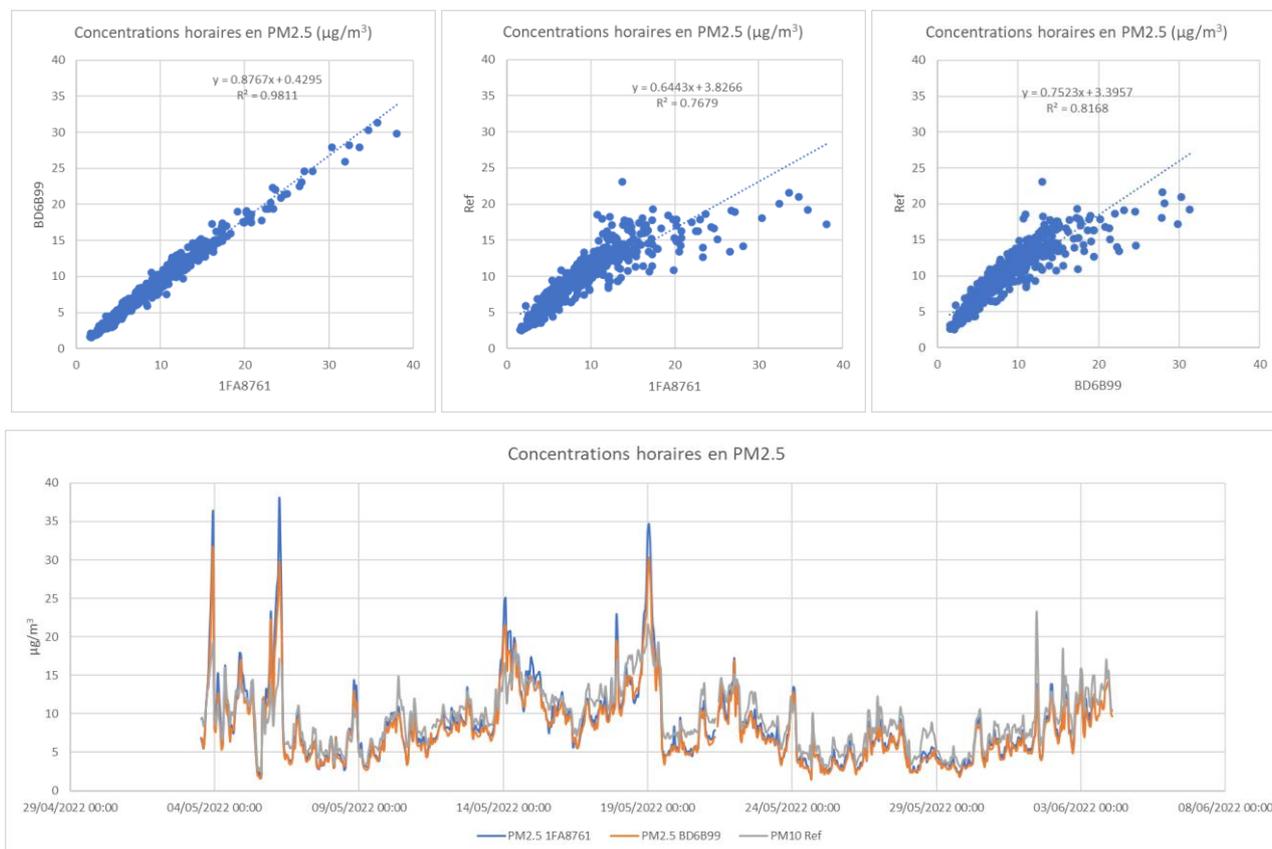


L'inter-comparaison des mesures horaires de PM10 des microstations et de la référence ont été d'une relative bonne reproductibilité des résultats entre les deux microstations, avec un coefficient de corrélation  $R^2$  de 0.76 mais les concentrations de la microstation 1FA8761 s'avèrent légèrement supérieures. Ainsi, sur la totalité de la période de mesure d'un mois, cette dernière a présenté une concentration moyenne supérieure de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à celle de la microstation BD6B99.

La comparaison des données des microstation à la référence fait état d'une corrélation faible ( $R^2$  entre 0.18 et 0.42) et d'une sous-estimation significative des concentrations. Ainsi, sur la période de mesure, les microstations ont sous-estimées les concentrations en PM10 de 7 à 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

*Nb : De manière générale, les indicateurs optiques de ce type ont une performance moindre sur la fraction PM10 que sur les fractions PM2.5 et PM1.*

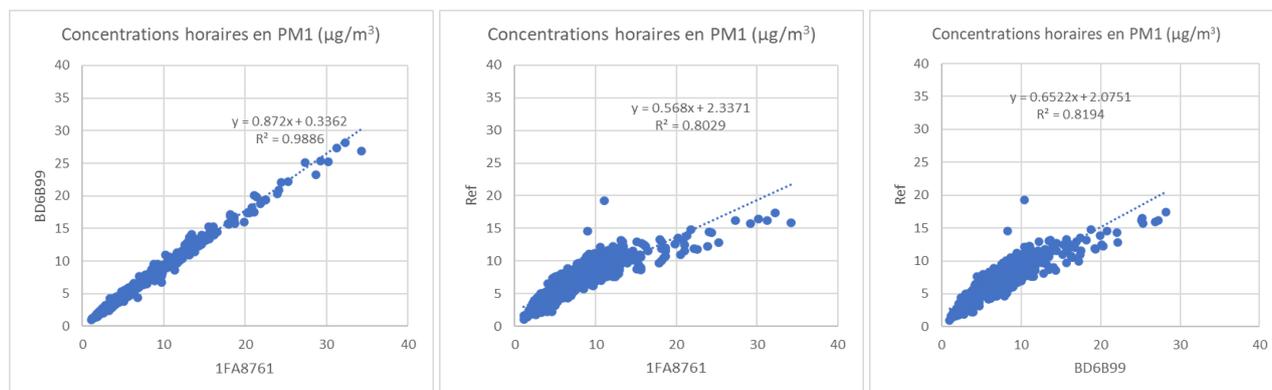
## PM2.5

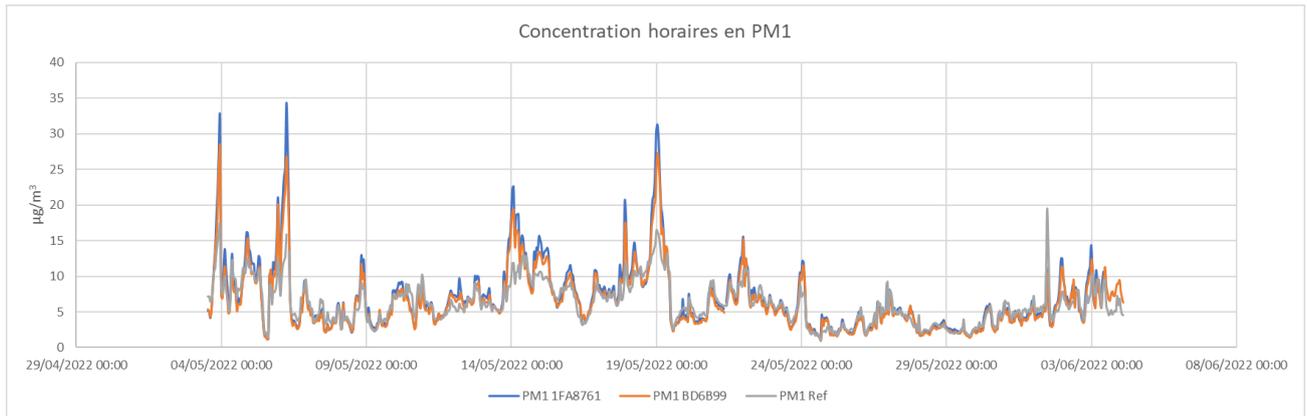


L'inter-comparaison des mesures horaires de PM2.5 des microstations et de la référence ont été d'une très bonne reproductibilité des résultats entre les deux microstations, avec un coefficient de corrélation  $R^2$  de 0.98. Les niveaux de concentrations sont très similaires sur les PM2.5, seule 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de différence est observé sur le mois de mesure (capteur 1FA8761 avec la concentration très légèrement plus élevée).

La comparaison des données des microstation à la référence fait état d'une bonne corrélation ( $R^2$  entre 0.77 et 0.82) et d'une légère sous-estimation des concentrations de l'ordre de 1 à 1,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur l'ensemble de la période de mesure.

## PM1





L'inter-comparaison des mesures horaires de PM1 des microstations et de la référence ont été d'une très bonne reproductibilité des résultats entre les deux microstations, avec un coefficient de corrélation  $R^2$  de 0.99. Les niveaux de concentrations sont très similaires sur les PM2.5, seule  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de différence est observé sur le mois de mesure (capteur 1FA8761 avec la concentration très légèrement plus élevée).

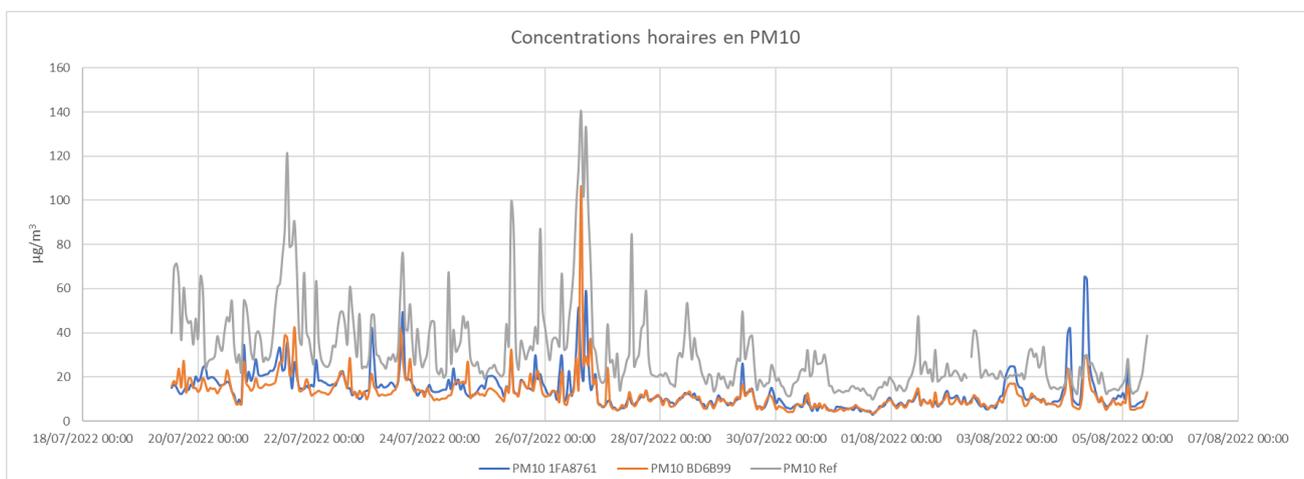
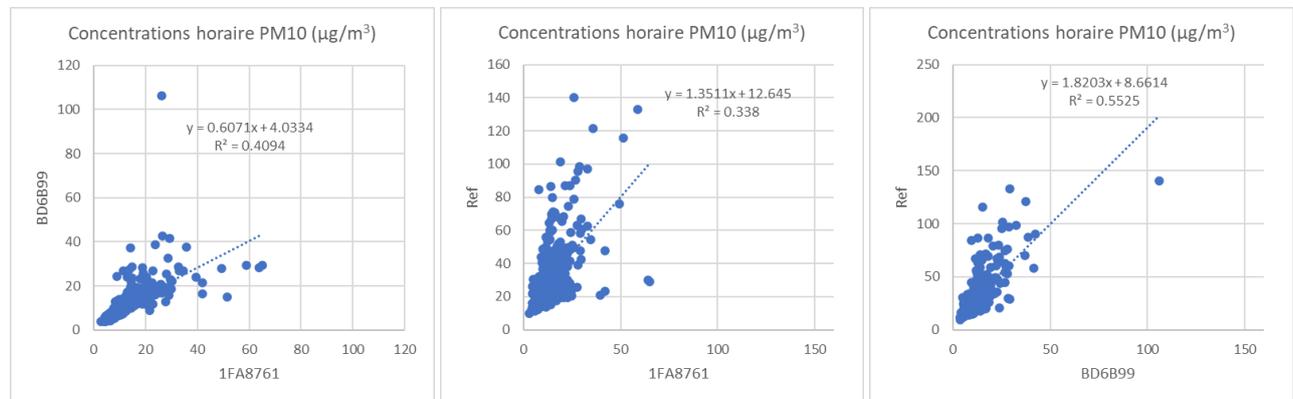
La comparaison des données des microstation à la référence fait état d'une bonne corrélation ( $R^2$  entre 0.80 et 0.83) et mes niveaux sont très similaires à la référence.

### ► Campagne d'inter-comparaison en aval de la campagne de mesure

La campagne de mesure a duré 18 jours du 19 juillet au 5 août sur le site de Marseille Longchamp. Les microstations ont été positionnées à proximité immédiate de la prise d'air de l'appareil de mesure de référence du site, le FIDAS.

L'ensemble des concentrations des fractions de PM10, PM2.5 et PM1 ont été prises en compte pour la comparaison.

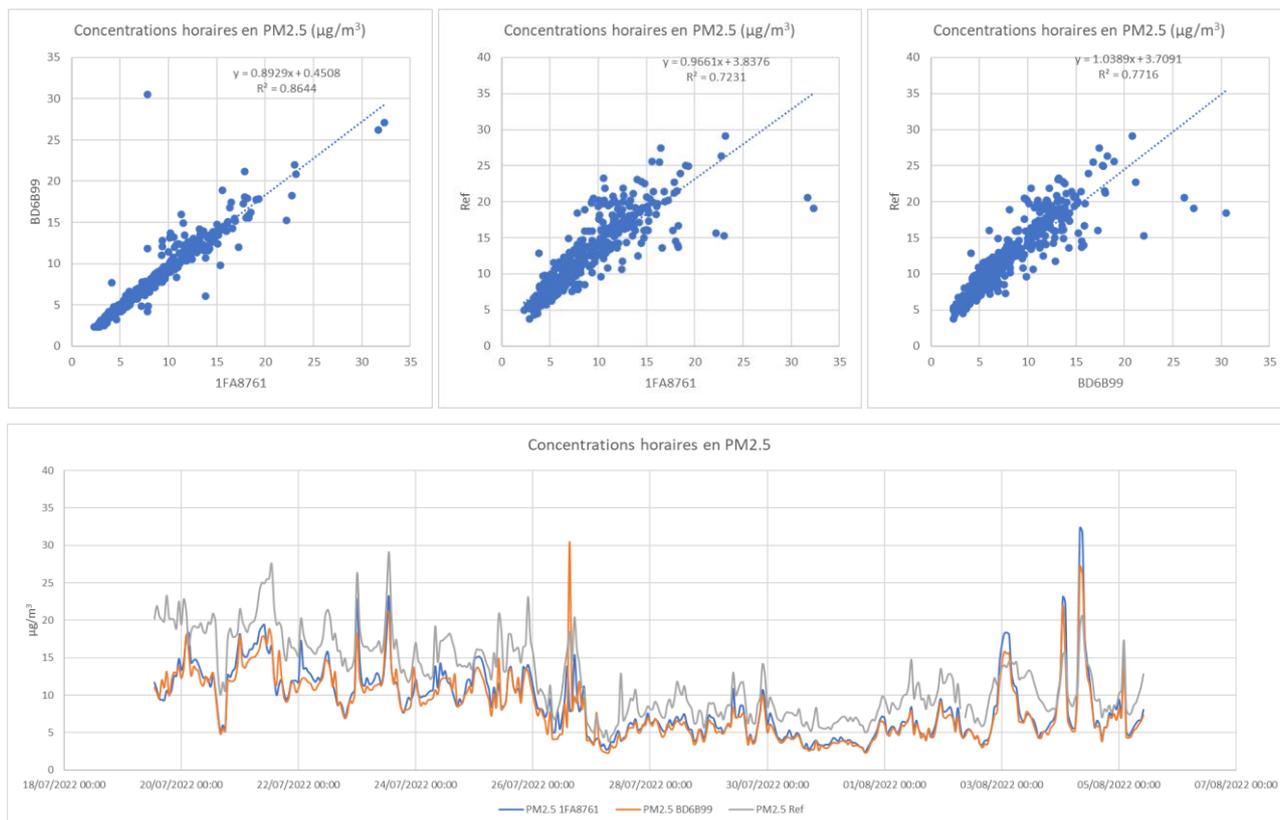
#### PM10



L'inter-comparaison des mesures horaires de PM10 des microstations et de la référence ont été d'une reproductibilité moyenne des résultats entre les deux microstations, avec un coefficient de corrélation  $R^2$  de 0.41. Les concentrations de la microstation 1FA8761 s'avèrent encore légèrement supérieures, de l'ordre de  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La comparaison des données des microstation à la référence fait état d'une corrélation faible ( $R^2$  entre 0.34 et 0.5) et d'une sous-estimation significative des concentrations. Ainsi, sur la période de mesure, les microstations ont sous-estimées les concentrations en PM10 de moitié.

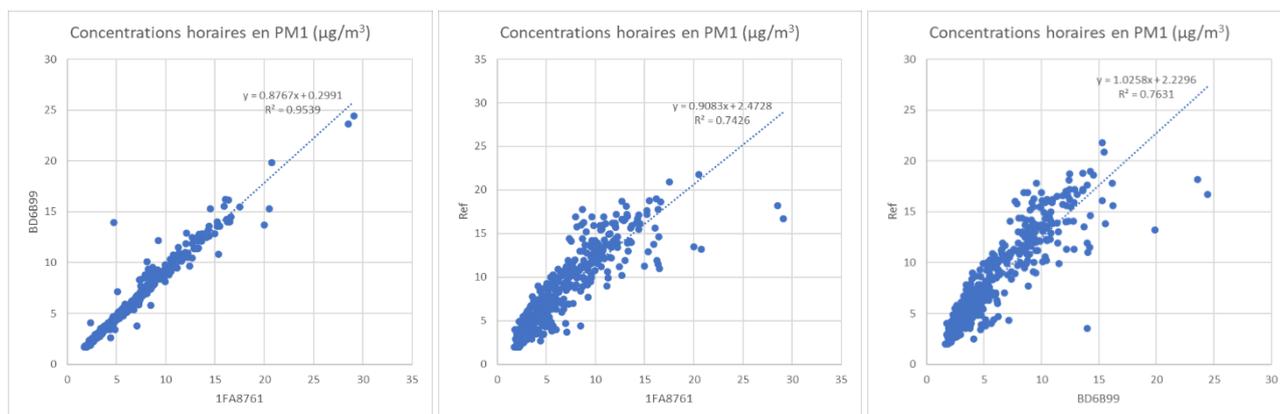
## PM2.5

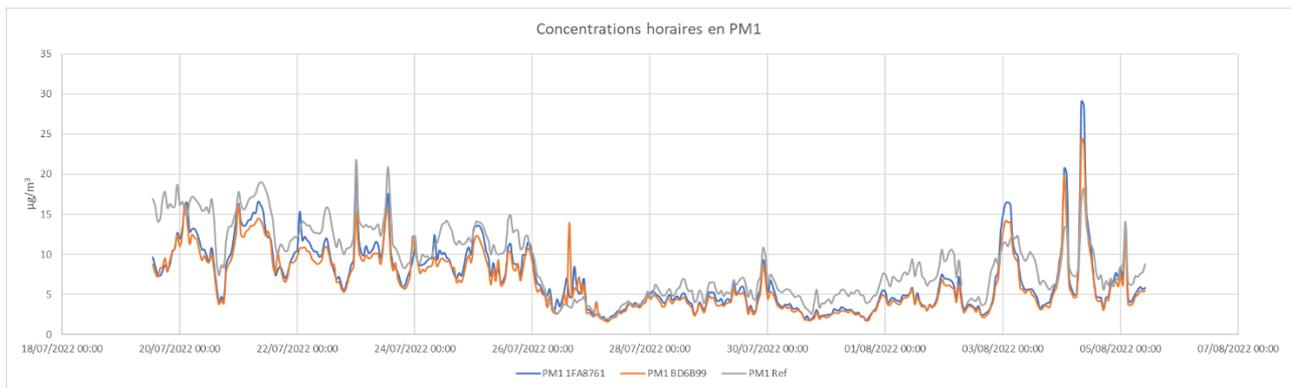


L'inter-comparaison des mesures horaires de PM2.5 des microstations et de la référence ont été d'une bonne reproductibilité des résultats entre les deux microstations, avec un coefficient de corrélation  $R^2$  de 0.86. Les niveaux de concentrations sont très similaires sur les PM2.5, seule  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de différence est observé sur les 18 jours de mesure (capteur 1FA8761 avec la concentration très légèrement plus élevée).

La comparaison des données des microstation à la référence fait état d'une bonne corrélation ( $R^2$  entre 0.72 et 0.77) et d'une sous-estimation des concentrations de l'ordre de  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur l'ensemble de la période de mesure.

## PM1





L'inter-comparaison des mesures horaires de PM1 des microstations et de la référence ont été d'une très bonne reproductibilité des résultats entre les deux microstations, avec un coefficient de corrélation  $R^2$  de 0.95. Les niveaux de concentrations sont très similaires sur les PM2.5, seule  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de différence est observé sur les 18 jours de mesure (capteur 1FA8761 avec la concentration très légèrement plus élevée).

La comparaison des données des microstation à la référence fait état d'une bonne corrélation ( $R^2$  entre 0.74 et 0.76) et les niveaux sous-estiment légèrement les concentrations, de l'ordre de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### ► Synthèse

La mesure de PM10 des microstations donne des résultats trop éloignés de la référence pour pouvoir être directement comparée aux concentrations de la station de fond urbain de Marseille Longchamp. De plus, des différences de niveaux sont observées entre les 2 microstations, avec des concentrations supérieures de la microstation 1FA8761.

En revanche, pour les PM2.5 et les PM1, la corrélation entre les microstations et la référence est bonne et les niveaux sont proches à très proches, ce qui rend possible la comparaison à la station de fond urbain de Marseille Longchamp.

Il existe cependant des différences entre les campagnes en amont et en aval qui peuvent être expliquées par des concentrations différentes mais également par un éventuel décalage du démarrage des microstations lors de la première campagne d'inter-comparaison. Lors de la campagne sur site et de la campagne d'inter-comparaison en aval, les microstations ont pu être démarrées simultanément.

## ANNEXE 3   Fiches techniques des appareils de mesure de particules fines et composés organiques volatils

### Sources de pollution

Les polluants atmosphériques ont diverses origines.

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

## Effets sur la santé

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

Polluants	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
O <sub>3</sub> <b>Ozone</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Irritation des yeux</li> <li>- Diminution de la fonction respiratoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agression des végétaux</li> <li>- Dégradation de certains matériaux</li> <li>- Altération de la photosynthèse et de la respiration des végétaux</li> </ul>
<b>Particules en suspension</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Irritation des voies respiratoires</li> <li>- Dans certains cas, altération des fonctions pulmonaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effets de salissures sur les bâtiments</li> <li>- Altération de la photosynthèse</li> </ul>
NO <sub>x</sub> <b>Oxydes d'azote</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pluies acides</li> <li>- Précurseur de la formation d'ozone</li> <li>- Effet de serre</li> <li>- Déséquilibre les sols sur le plan nutritif</li> </ul>
SO <sub>2</sub> <b>Dioxyde de soufre</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pluies acides</li> <li>- Dégradation de certains matériaux</li> <li>- Dégradation des sols</li> </ul>
COV dont le benzène <b>Composés organiques volatils</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toxicité et risques d'effets cancérigènes ou mutagènes, en fonction du composé concerné</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formation de l'ozone</li> </ul>
HAP <b>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peu dégradables</li> <li>- Déplacement sur de longues distances</li> </ul>
<b>Métaux lourds</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toxicité par bioaccumulation</li> <li>- Effets cancérigènes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contamination des sols et des eaux</li> </ul>
CO <b>Monoxyde de carbone</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prend la place de l'oxygène</li> <li>- Provoque des maux de tête</li> <li>- Létal à concentration élevée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formation de l'ozone</li> <li>- Effet de serre</li> </ul>

## Réglementation

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

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

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

Polluants	Type de réglementation	Valeurs réglementaires ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Durée d'exposition
<b>O<sub>3</sub></b> Ozone	Seuil d'information- recommandations	180	Heure
	Seuil d'alerte	240	Heure
	Valeur cible		Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures (maximum 25 j / an)
	Objectif de qualité	120	8 heures
<b>PM10</b> Particules	Seuil d'information- recommandations	50	Jour
	Seuil d'alerte	80	Jour
	Valeurs limites	50	Jour (maximum 35 j / an)
		40	Année
Objectif de qualité	30	Année	
<b>PM2.5</b> Particules	Valeur limite	25	Année
	Valeurs cibles	20	Année
	Objectif de qualité	10	Année
<b>NO<sub>2</sub></b> Dioxyde d'azote	Seuil d'information- recommandations	200	Heure
	Seuil d'alerte	400	Heure
	Valeurs limites	200	Heure (maximum 18h / an)
		40	Année
<b>SO<sub>2</sub></b> Dioxyde de soufre	Seuil d'information- recommandations	300	Heure
	Seuil d'alerte	500	Heure (pendant 3h)
	Valeurs limites	350	Heure (maximum 24h / an)
		125	Jour (maximum 3 j / an)
Objectif de qualité	50	Année	
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b> Benzène	Valeur limite	5	Année
	Objectif de qualité	2	Année
<b>Pb</b> Plomb	Valeur limite	0,5	Année
	Objectif de qualité	0,25	Année
<b>CO</b> Monoxyde de carbone	Valeur limite	10 000	8 heures
<b>BaP</b> Benzo(a)pyrène	Valeur cible	0,001	Année
<b>As</b> Arsenic	Valeur cible	0,006	Année
<b>Cd</b> Cadmium	Valeur cible	0,005	Année
<b>Ni</b> Nickel	Valeur cible	0,02	Année

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

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

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

Polluants	Effets considérés sur la santé	Valeur ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) recommandée par l'OMS	Durée moyenne d'exposition
O <sub>3</sub> <b>Ozone</b>	- Impact sur la fonction respiratoire	100	8 heures
PM10 <b>Particules</b>	- Affection des systèmes respiratoire et cardiovasculaire	50	24 heures
PM2.5 <b>Particules</b>		20	1 an
		25	24 heures
		10	1 an
NO <sub>2</sub> <b>Dioxyde d'azote</b>	- Faible altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	200	1 heure
		40	1 an
SO <sub>2</sub> <b>Dioxyde de soufre</b>	- Altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	500	10 minutes
	- Exacerbation des voies respiratoires (individus sensibles)	20	24 heures
Pb <b>Plomb</b>	- Niveau critique de plomb dans le sang < 10 – 150 g/l	0,5	1 an
Cd <b>Cadmium</b>	- Impact sur la fonction rénale	0,005	1 an
CO <b>Monoxyde de carbone</b>	- Niveau critique de CO Hb < 2,5 % - Hb : hémoglobine	100 000	15 minutes

# AtmoSud, votre expert de l'air en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur



## Un large champ d'intervention : air/climat/énergie/santé

La loi sur l'air reconnaît le droit à chaque citoyen de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Dans ce cadre, AtmoSud évalue l'exposition des populations à la pollution atmosphérique et identifie les zones où il faut agir. Pour s'adapter aux nouveaux enjeux et à la demande des acteurs, son champ d'intervention s'étend à l'ensemble des thématiques de l'atmosphère : polluants, gaz à effet de serre, nuisances, pesticides, pollens... Par ses moyens techniques et d'expertise, AtmoSud est au service des décideurs et des citoyens.

## Des missions d'intérêt général

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/1996 confie la surveillance de la qualité de l'air à des associations agréées :

- Connaître l'exposition de la population aux polluants atmosphériques et contribuer aux connaissances sur le changement climatique
- Sensibiliser la population à la qualité de l'air et aux comportements qui permettent de la préserver
- Accompagner les acteurs des territoires pour améliorer la qualité de l'air dans une approche intégrée air/climat/énergie/santé
- Prévoir la qualité de l'air au quotidien et sur le long terme
- Prévenir la population des épisodes de pollution
- Contribuer à l'amélioration des connaissances

## Recevez nos bulletins

Abonnez-vous à l'actualité de la qualité de l'air : <https://www.atmosud.org/abonnements>

## Conditions de diffusion

AtmoSud met à disposition les informations issues de ses différentes études et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ces travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement accessibles sur notre site Internet.

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'AtmoSud. Toute utilisation de données ou de documents (texte, tableau, graphe, carte...) doit obligatoirement faire référence à AtmoSud. Ce dernier n'est en aucun cas responsable des interprétations et publications diverses issues de ces travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.



Siège social : 146, rue Paradis « Le Noilly Paradis » - 13294 Marseille cedex 06  
Établissement de Martigues : route de la Vierge 13500 Martigues  
Établissement de Nice : 37 bis, avenue Henri Matisse - 06200 Nice  
Tél. 04 91 32 38 00 - Télécopie 04 91 32 38 29 - [contact.air@atmosud.org](mailto:contact.air@atmosud.org)



Suivez-nous sur

