

# AtmoSud

Inspirer un air meilleur



## **Programme industriel Surveillance des COV prioritaires**

**Décembre 2020**

# RÉSUMÉ :

## PROGRAMME INDUSTRIEL

### SURVEILLANCE DES COV PRIORITAIRES

#### Décembre 2020

---

Dans un objectif de renforcement de la protection environnementale dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (région SUD), des arrêtés préfectoraux (AP), prescrits par l'administration, ont ciblé les principales sources industrielles pétrochimiques des Bouches-du-Rhône émettrices de certains Composés Organiques Volatils (COV) en raison de leurs caractères cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR). Ces AP COV CMR sont entrés en vigueur à partir de l'été 2018.

Pour répondre aux exigences de ces AP en matière de surveillance des COV CMR, les industriels, avec l'aide d'Environnement Industrie (EI) et AtmoSud, ont mis en place un plan d'échantillonnage mutualisé pour évaluer les niveaux de ces COV sur l'ensemble des zones potentiellement impactées par les émissions provenant des installations industrielles concernées. Dans sa première phase initiée en octobre 2019, le plan d'échantillonnage élaboré a ciblé prioritairement le benzène, le 1,2-dichloroéthane et le 1,3-butadiène.

#### ► Moyens et méthodes retenus

Le choix des moyens de mesures, des méthodes d'analyse, des lieux et de la fréquence des prélèvements a été établi à partir de propositions AtmoSud et en concertation avec les industriels (représentés par Environnement Industrie).

Pour le benzène, la démarche métrologique est cadrée par des préconisations LCSQA. Pour le 1,2-dichloroéthane (DCE) et le 1,3-butadiène, les moyens et les méthodes retenus tiennent compte de l'état de l'art (études LCSQA et issues de la littérature scientifique) et du caractère exploratoire de la démarche d'investigation à conduire.

Les prélèvements par tubes passifs et intégratifs ont été privilégiés. Les analyses sont réalisées par un laboratoire partenaire accrédité COFRAC. Douze séquences de mesures ont été effectuées en 24 lieux repartis entre les zones de Fos-sur-Mer, Martigues, Berre-L'Étang et Marseille vallée de l'Huveaune.

#### ► Organisation

La campagne de mesure s'est déroulée d'octobre 2019 à septembre 2020, à raison de 8 à 12 campagnes ponctuelles sur l'ensemble de la période.

Les analyses météorologiques et l'exploitation des données en continu issues des appareils automatiques AtmoSud de suivi des BTEX pendant cette période montrent que les campagnes hebdomadaires de cette séquence d'observation sont représentatives de l'intégralité de la période.

<b>Rédaction :</b>	<b>Revue :</b>	<b>Approbation :</b>
Badr RMili Romain Boissat Romain.boissat@atmosud.org	Romain Boissat Romain.boissat@atmosud.org	Edwige Révelat Edwige.revelat@atmosud.org
<b>Contact :</b>	<b>Date de parution :</b>	<b>Références :</b>
Sébastien Mathiot Sebastien.mathiot@atmosud.org	15/12/2020	23ID1414 – version V9

## ► Observations principales

### Pour le benzène, qui comporte des valeurs réglementaires annuelles en air ambiant :

- Seul le site SF-1 présente, sur les douze campagnes menées, une valeur moyenne proche de la valeur limite annuelle de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Les sites dont les valeurs moyennes sont proches de l'objectif annuel de qualité de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mais inférieures à la valeur limite sont :
  - Dans la zone de Fos : SF-4
  - Dans la zone de Martigues : Martigues/Caravelle (SL3), Martigues/Lavéra (SL9), Châteauneuf/La Mède (SL1) et Martigues/St-Pierre (SL7)
  - Dans la zone de Berre : Berre-L'Étang (SB3)
  - Dans la zone de Marseille : Château-St-Antoine (SM1), le site témoin à la Penne-sur-Huveaune (STM) et la station de la Penne-sur-Huveaune (SM3)
- Les sites suivants présentent une valeur faible, plus importante que le site témoin de Salon-de-Provence :
  - Dans la zone de Fos : Plage de Cavaou (SF5)
  - Dans la zone de Martigues : Martigues/le Pati (SL5), Martigues/Rénares et Port de Bouc/Lègue (SL10),
  - Dans la zone de Berre : Rognac/Ville,
- Les autres sites présentent une valeur moyenne comparable ou inférieure à celle relevée sur le site témoin de Salon-de-Provence.

### Pour le 1,2-dichloroéthane :

- La plus importante concentration moyenne est relevée à Martigues/Caravelle (SL-3), en lien avec un pic observé lors de la campagne C5. Lors de cette campagne, les vents à Martigues étaient majoritairement faibles de secteur Nord à Nord-Est, avec ponctuellement quelques vents plus forts de secteur Nord-Ouest (mistral).
- Hormis ce point, les niveaux les plus importants sont ensuite observés à Martigues/St-Pierre (SL-7) et Fos/Terminal containers (SF-3).
- Le site témoin, Salon-de-Provence, présente des concentrations moyennes inférieure à la limite de quantification sur la totalité des campagnes.

### Pour le 1,3-butadiène :

- La plus importante concentration moyenne est relevée à Berre-L'Étang (SB-3), en lien avec une valeur importante lors des campagnes C5 et C7.
- D'autres valeurs ponctuellement notables peuvent être observés à Martigues/Caravelle (SL-3) et Martigues/Lavéra (SL-9),
- Le site témoin, Salon-de-Provence, présente des concentrations moyennes les plus faibles sur la totalité des campagnes.

<b>Rédaction :</b>	<b>Revue :</b>	<b>Approbation :</b>
Badr RMili Romain Boissat Romain.boissat@atmosud.org	Romain Boissat Romain.boissat@atmosud.org	Edwige Révélat Edwige.revelat@atmosud.org
<b>Contact :</b>	<b>Date de parution :</b>	<b>Références :</b>
Sébastien Mathiot Sebastien.mathiot@atmosud.org	15/12/2020	23ID1414 – version V9

# SOMMAIRE

<b>1. Contexte de l'étude.....</b>	<b>7</b>
<b>2. Campagne de mesures .....</b>	<b>8</b>
2.1 Méthodologie et analyse .....	8
2.2 Plan d'échantillonnage.....	9
2.2.1 Émetteurs à prendre en compte .....	9
2.2.2 Planning des campagnes de mesures ponctuelles .....	11
2.2.3 Localisation et répartition .....	12
2.3 Principales sources d'émission.....	14
<b>3. Valeurs de référence .....</b>	<b>15</b>
3.1 Définitions .....	15
3.2 Cas du benzène.....	17
3.3 Cas du 1,2-dichloroéthane .....	17
3.4 Cas du 1,3-butadiène .....	18
<b>4. Activité générale pendant la période .....</b>	<b>18</b>
<b>5. Conditions météorologiques observées .....</b>	<b>19</b>
5.1 Campagne initiale (C1-C8 d'octobre 2019 à mars 2020) .....	19
5.2 Focus sur 4 campagnes estivales de juillet à septembre 2020 .....	24
<b>6. Résultats de la campagne.....</b>	<b>27</b>
6.1 Résultats de mesure du benzène .....	27
6.1.1 Résultats bruts par échantillonnage passif .....	28
6.1.2 Concentrations moyennes pendant les campagnes.....	31
6.1.3 Représentation cartographique des résultats .....	33
6.1.4 Comparaison entre échantillonnage passif et analyse en continu pendant la période investiguée .....	35
6.1.5 Les mesures automatiques en continu .....	37
6.2 Résultats du 1,2-dichloroéthane .....	43
6.2.1 Résultats bruts par échantillonnage passif .....	43
6.2.2 Concentrations moyennes pendant les campagnes.....	45
6.2.3 Représentation cartographique des résultats .....	46
6.3 Résultats du 1,3-butadiène .....	48
6.3.1 Résultats bruts par échantillonnage passifs .....	48
6.3.2 Concentrations moyennes pendant les campagnes.....	49
6.3.3 Représentation cartographique des résultats .....	51
<b>7. Conclusions .....</b>	<b>53</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>56</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des industriels et des substances émises concernées .....	9
Tableau 2 : Calendrier des campagnes d'échantillonnage .....	11
Tableau 3 : Zones et sites échantillonnés, leur localisation et la répartition des substances surveillées .....	12
Tableau 4 : Valeurs toxicologiques de références retenues pour une exposition au benzène .....	17
Tableau 5 : Valeurs toxicologiques de références retenues pour une exposition au 1,2-dichloroéthane.....	17
Tableau 6 : Valeurs toxicologiques de références retenues pour une exposition au 1,3-butadiène .....	18
Tableau 7 : Températures moyennes par campagne relevées autour de l'étang de Berre et à Marseille/Vaudrans .....	21
Tableau 8 : Humidité relative par campagne relevées autour de l'étang de Berre et à Marseille/Vaudrans .....	22
Tableau 9 : Précipitations cumulées par campagne relevées autour de l'étang de Berre et à Marseille/Vaudrans .....	22
Tableau 10 : Nombre de jours avec une hauteur de précipitations cumulée supérieure à 1mm par campagne relevées autour de l'étang de Berre et à Marseille/Vaudrans .....	23
Tableau 11 : Températures moyennes par campagne relevées autour de l'étang de Berre et à Marseille/Vaudrans .....	25
Tableau 12 : Humidité relative par campagne relevées autour de l'étang de Berre et à Marseille/Vaudrans .....	26
Tableau 13 : Précipitations cumulées par campagne relevées autour de l'étang de Berre et à Marseille/Vaudrans .....	26
Tableau 14 : Nombre de jours avec une hauteur de précipitations cumulée supérieure à 1mm par campagne relevées autour de l'étang de Berre et à Marseille/Vaudrans .....	27
Tableau 15 : Relevés des concentrations en benzène en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par site sur les douze campagnes .....	28
Tableau 16 : Concentrations moyennes en benzène en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par site sur les huit et douze campagnes .....	31
Tableau 17 : Concentrations en benzène issues des analyseurs automatiques sur les huit campagnes .....	35
Tableau 18 : Relevés des concentrations en 1,2-dichloroéthane en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par site sur les douze campagnes et valeurs moyennes.....	43
Tableau 19 : Relevés des concentrations en 1,2-dichloroéthane en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par site sur les douze campagnes et valeurs moyennes.....	45
Tableau 20 : Relevé des concentrations en 1,3-butadiène en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par site sur les douze campagnes .....	48
Tableau 21 : Concentrations moyennes en 1,3-butadiène en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par site sur les huit et douze campagnes.....	49
Tableau 22 : Débits d'échantillonnage des BTEX .....	57
Tableau 23 : Débits d'échantillonnage du 1,2-dichloroéthane pour un prélèvement passif par RAD 145 dans les trois conditions. ....	58
Tableau 24 : Relevé des concentrations en toluène en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par site sur les douze campagnes et valeurs moyennes.	73
Tableau 25 : Relevé des concentrations en éthylbenzène en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par site sur les douze campagnes et valeurs moyennes.....	75
Tableau 26 : Relevé des concentrations en m+p-xylènes en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par site sur les douze campagnes et valeurs moyennes.....	77
Tableau 27 : Relevé des concentrations en o-xylène en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par site sur les douze campagnes et valeurs moyennes .....	79

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des industriels émetteurs.....	9
Figure 2 : Localisation des sites d'échantillonnage .....	13
Figure 3 : Émissions annuelles en 1,2-DCE et en 1,3-butadiène sur la métropole Air Marseille Provence depuis 2007 .....	14
Figure 4 : Rose des vents sur les 8 semaines et pendant la période globale des campagnes de mesure .....	19
Figure 5 : Rose des vents sur les périodes globales des campagnes de mesure .....	24
Figure 6 : Concentrations en BTEX sur les douze campagnes selon les sites échantillonnés .....	29
Figure 7 : Concentrations en BTEX sur les douze campagnes selon les sites échantillonnés .....	32
Figure 8 : Représentation géographique des concentrations moyennes en benzène .....	34
Figure 9 : Corrélations linéaires entre valeurs BTEX relevées par les RAD145 et les valeurs moyennes relevées par les VOC72M .....	36
Figure 10 : Évolution des concentrations annuelles de benzène au niveau des 4 sites de mesure permanents .....	37
Figure 11 : Représentation des concentrations moyennes en benzène selon les conditions météorologiques .....	38
Figure 12 : Concentrations moyennes enregistrées par les analyseurs automatiques sur différentes périodes .....	41
Figure 13 : Concentrations en 1,2-DCE sur les douze campagnes selon les sites échantillonnés.....	44
Figure 14 : Concentrations en 1,2-DCE sur les douze campagnes selon les sites échantillonnés.....	45
Figure 15 : Représentation géographique des concentrations moyennes en 1,2-dichloroéthane .....	47
Figure 16 : Concentrations en 1,3-butadiène sur les douze campagnes selon les sites échantillonnés .....	49
Figure 17 : Concentrations moyennes en 1,3-butadiène sur les douze campagnes selon les sites échantillonnés .....	50
Figure 18 : Représentation géographique des concentrations moyennes en 1,3-butadiène.....	52

## LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	Expression des résultats .....	57
ANNEXE 2	Roses des vents par campagne .....	60
ANNEXE 3	Relevés de concentrations du Toluène, Ethylbenzène et xylènes .....	73

# 1. Contexte de l'étude

Dans un objectif de renforcement de la protection environnementale dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), des arrêtés préfectoraux (AP), prescrits par l'administration, ont ciblé les principales sources industrielles pétrochimiques des Bouches-du-Rhône émettrices de certains Composés Organiques Volatils (COV). Ces COV sont choisis en raison de leurs caractères cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR).

Ces arrêtés préfectoraux « COV CMR » sont entrés en vigueur à partir de l'été 2018.

Plusieurs points ont motivé leurs prescriptions en 2018 :

- la contribution importante de la région aux émissions nationales de ces COV CMR,
- les résultats de **l'étude Scénarii**<sup>1</sup> dans la zone de l'étang de Berre.

Ces arrêtés concernent les COV CMR dits prioritaires, à savoir ceux de catégorie 1 et des mélanges contenant plus de 1% de COV CMR de catégorie 1.

Suite à l'entrée en vigueur des AP COV CMR, EI<sup>2</sup> a sollicité AtmoSud pour l'élaboration et la mise en œuvre d'un plan d'échantillonnage et de mesure mutualisé qui tient compte de l'ensemble des zones potentiellement impactées par les émissions des installations industrielles concernées.

Dans sa première phase initiée d'octobre 2019 à mars 2020, le plan d'échantillonnage élaboré a ciblé prioritairement le benzène, le 1,2-dichloroéthane et le 1,3-butadiène sur, au total, 24 points de mesures répartis sur le pourtour de l'étang de Berre.

Dans une seconde phase, menée de juillet à septembre 2020, des prélèvements complémentaires **sur les mêmes substances** ont été mis en place **en période estivale** afin de prendre en compte des phénomènes météorologiques non représentés lors des 6 premiers mois « hivernaux » mais également les réactions chimiques potentielles liées à ces polluants volatils sur quelques points de surveillance sélectionnés en fonction de l'influence de ces brises thermiques et des premiers résultats.

Ce document présente un bilan des résultats obtenus.

---

<sup>1</sup> <https://www.atmosud.org/article/scenarii-synthese-des-paroles-dacteurs>

<sup>2</sup> Association interprofessionnelle des industries dans la région, Environnement Industrie (EI) accompagne ses adhérents dans l'application des obligations réglementaires en matière d'environnement et de risque industriel, aux coté notamment des fédérations professionnelles.

## 2. Campagne de mesures

### 2.1 Méthodologie et analyse

Afin de respecter au mieux les exigences des AP COV CMR et de réaliser des mesurages fiables et représentatifs, la méthodologie proposée est basée sur une **technique qualitative**, par des échantillonneurs passifs, largement répartis sur le territoire : points d'intérêts ciblés par les arrêtés préfectoraux et sites de référence non influencés afin d'établir des comparaisons.

La campagne de mesure a été menée à l'aide de tubes à diffusion passive :

- Radiello® 145 pour les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes) et le 1,2-Dichloroéthane (ou 1,2-DCE). La méthode est normalisée pour le benzène, [NF EN 14662-4 - Novembre 2005](#).
- Radiello® 141 pour le 1,3-butadiène. La méthode présentée par les travaux de Strandberg et al. 2005 et 2006 a fait l'objet d'une campagne d'évaluation dans des conditions réelles d'exposition au cours de l'été 2019 par le LCSQA-l'IMT de Douai et AtmoSud à Berre-L'Etang.

Les analyses sont réalisées par un laboratoire partenaire, TERA Environnement, par ATD-GC-MS : Automated Thermal Desorption Gas Chromatography Mass Spectrometry

Il est important de préciser les points suivants, concernant la mise en œuvre des prélèvements par le biais des échantillonneurs passifs :

- Cette méthode est uniquement normalisée pour le benzène, : NF EN 14662-4 - Novembre 2005,
- **Cette méthode est largement utilisée pour le 1,2-dichloroéthane (DCE) et le 1,3-butadiène sans être confirmée ou validée par une norme métrologique.**

**Concernant le 1,3-butadiène, les premiers résultats des travaux du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA), sur le site de Berre-L'Etang, semblent montrer une sous-estimation parfois significative des concentrations par les techniques de prélèvement par voie passive. Ce constat est déjà relevé dans des travaux publiés dans la littérature scientifique disponible<sup>3,4,5</sup>.**

La mesure par échantillonnage passif pour ces composés est donc exploratoire et indicative. Les mesures ont pour objet d'évaluer la distribution spatiale fine de ces COV dans un objectif d'aide à la décision, notamment pour mettre en évidence plus précisément les secteurs les plus impactés.

L'annexe 1 détaille pour les 3 composés organiques volatils considérés l'expression des résultats en fonction du calcul de concentrations, du choix du débit d'échantillonnage et fournit des éléments de compréhension pour la validation des résultats.

De plus, 4 stations de mesures fixes mesurant les BTEX sont présentes dans le domaine d'étude : Martigues/Lavéra, Fos/Carabins, Berre-l'Étang et la Penne-sur-Huveaune. Ces appareils fournissent aussi une information pour le butadiène. Cette information est indicative en raison de la co-élution sur ce paramètre, menant à une surévaluation

<sup>3</sup> Strandberg, Bo, et al. (2005) "Field evaluation of two diffusive samplers and two adsorbent media to determine 1,3-butadiene and benzene levels in air." « *Atmospheric Environment* » 40 : 7686-7695

<sup>4</sup> Strandberg, Bo, et al. (2005) "Evaluation of two types of diffusive samplers and adsorbents for measuring 1,3-butadiene and benzene in air." « *Atmospheric Environment* » 39.22 : 4101-4110.

<sup>5</sup> Gallego et al. 2018 « Outdoor air 1,3-butadiene monitoring : Comparison of performance of Radiello passive samplers and active multi-sorbent bed tubes » *Atmospheric Environment* 182. 9-16.

des concentrations. Pour cette raison, les résultats de cette étude par échantillonnage passif ne seront pas comparés aux mesures en automatique pour le 1,3-butadiène.

## 2.2 Plan d'échantillonnage

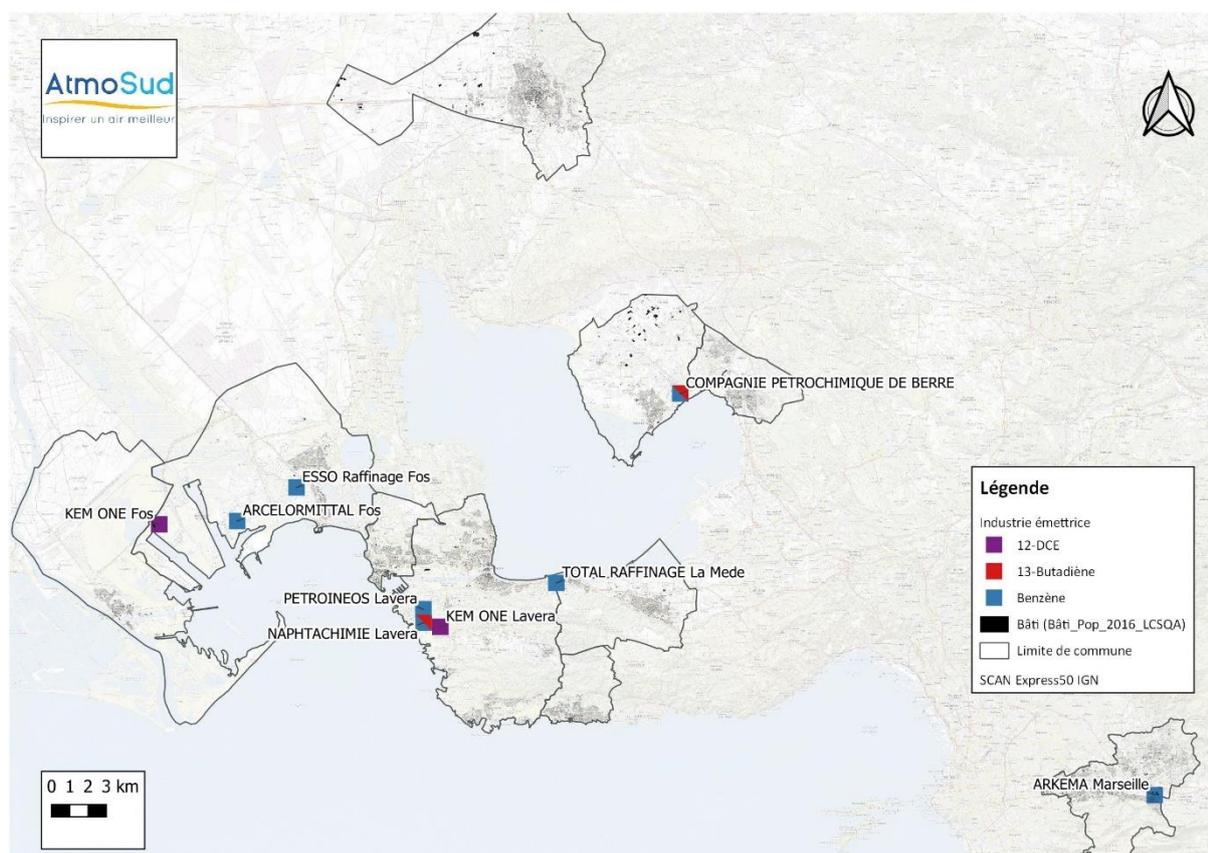
### 2.2.1 Émetteurs à prendre en compte

La sélection des emplacements a notamment pris en compte les différentes substances émises par les industriels concernés par cette campagne de mesures :

**Tableau 1 : Liste des industriels et des substances émises concernées**

Zone	Industriel	Polluant émis et concerné par la surveillance
Martigues/Lavera	Pétroinéos	Benzène
	Kem-One	1,2-DCE
	Naphtachimie	Benzène + 1,3-Butadiène
Fos	Kem-One	1,2-DCE
	Esso	Benzène
	ArcelorMittal	Benzène
Berre	LyondellBasell	Benzène + 1,3-Butadiène
La Mède	Total	Benzène
Marseille	Arkéma	Benzène

**Figure 1 : Localisation des industriels émetteurs**







Ainsi, au total de 8 à 12 échantillons par site ont été prélevés sur une durée d'exposition de 7 jours.

## 2.2.3 Localisation et répartition

Les sites retenus et les substances surveillées par site sont rappelés dans le Tableau 3. Les sites qui ont bénéficié d'un échantillonnage répliqué trois fois (triplet) sont marqués « xxx ». Pour le pourtour de l'étang de Berre et la zone de Fos, la station à Salon-de-Provence est considérée comme un site témoin. Dans la vallée de la Penne-sur-Huveaune, le point témoin est placé sur l'Avenue St Menet.

**Tableau 3 : Zones et sites échantillonnés, leur localisation et la répartition des substances surveillées**

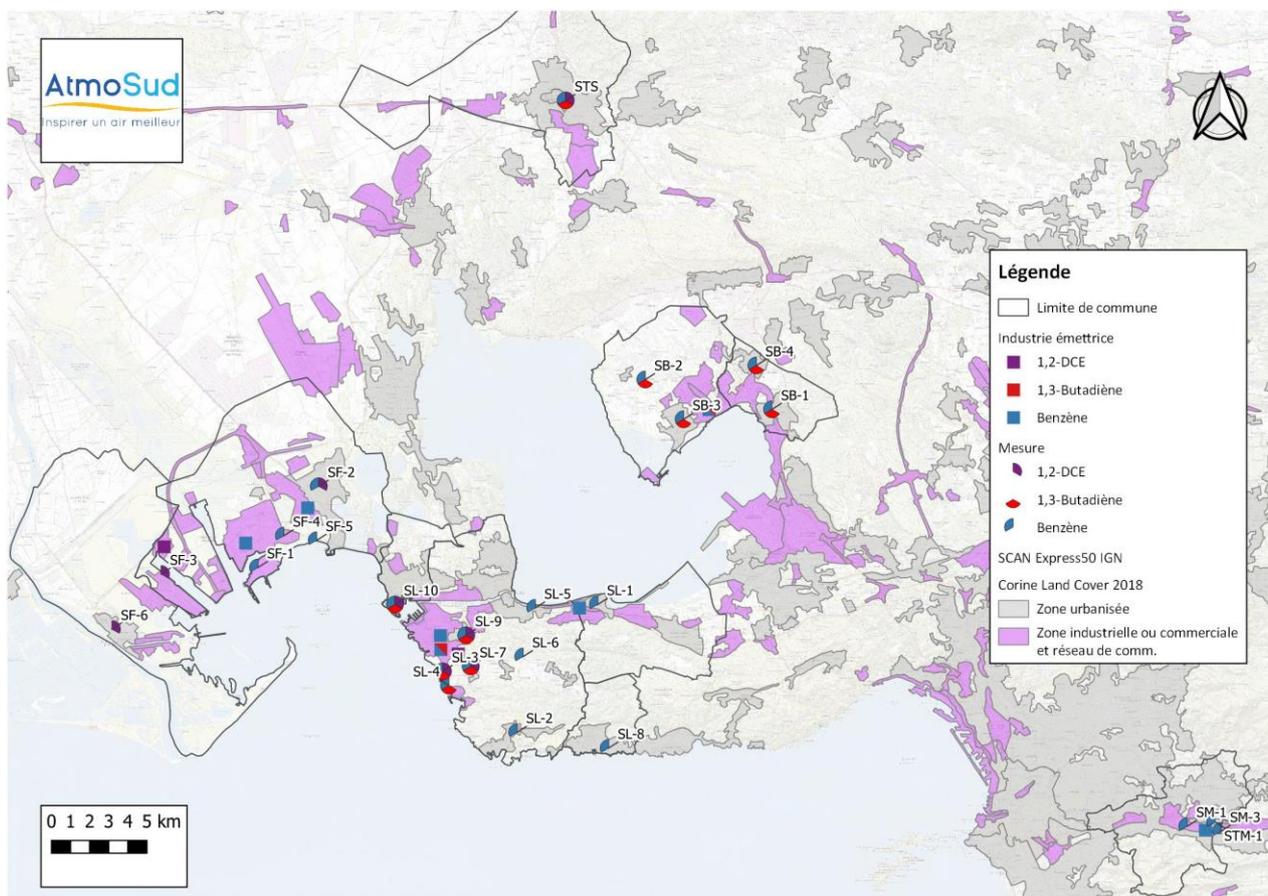
Zone	Nom des sites	Réf	Mesures automatiques disponibles	Substances surveillées 1 <sup>ère</sup> campagne			Substances surveillées 2 <sup>ème</sup> campagne		
				BTEX	1,3-butadiène	1,2-DCE	BTEX	1,3-butadiène	1,2-DCE
<b>Témoin</b>	Salon-de-Provence	STS		xxx	xxx	xxx			
<b>Fos-sur-Mer (6 sites)</b>	SF-1	SF-1		x			x		
	Fos/Carabins	SF-2	oui	x		x	x		xxx
	Fos/terminal conteneurs	SF-3				x			x
	SF-4	SF-4		x			x		
	Plage de Cavaou	SF-5		x			x		
	Port-St-Louis-du-Rhône	SF-6				x			
<b>Martigues (10 sites)</b>	Châteauneuf/La Mède	SL-1		x					
	Martigues/Couronne	SL-2		x					
	Martigues/Caravelle	SL-3		x	x	x	x	x	xxx
	Martigues/Rénaïres	SL-4		x	x				
	Martigues/le Pati	SL-5		x					
	Martigues/Ventrons	SL-6		x					
	Martigues/St Pierre	SL-7		x	x	x			
	Sausset-les-Pins	SL-8		x					
	Martigues/Lavéra	SL-9	oui	xxx	xxx	xxx		x	
	Port-de-Bouc/Lèque	SL-10		x	x	x	x	x	xxx
<b>Berre-L'Étang (4 sites)</b>	Rognac ville	SB-1		x	x				
	St-Estève	SB-2		x	x				
	Berre-L'Étang	SB-3	oui	xxx	xxx			xxx	
	Rognac/Barjaquets	SB-4		x	x			x	
<b>Marseille (3 sites)</b>	Site Témoin Penne-sur-Huveaune	STM-1		x					
	Château-St-Antoine	SM-1		x					
	Penne sur Huveaune*	SM-3	oui	xxx					
<b>Nombre de sites</b>				<b>22</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>

\* : Echantillonné en triplet à partir de la campagne C4.

Les 4 points de mesures BTEX réalisés sur Fos-sur-Mer (SF-1, SF-4, Fos/plage de Cavaou et Fos/Carabins) concernent la campagne de surveillance « ARCELOR » intégrée dans ce document.

La figure ci-après localise les différents sites d'échantillonnage présentés dans le tableau précédent.

**Figure 2 : Localisation des sites d'échantillonnage**



## 2.3 Principales sources d'émission

Les principales sources d'émission des polluants recensés ci-dessus (benzène, 1,3-butadiène et 1,2-DCE) sont :

- Pour le benzène :

AtmoSud dispose d'un inventaire des émissions par commune qui permet d'identifier pour la dernière année à disposition.

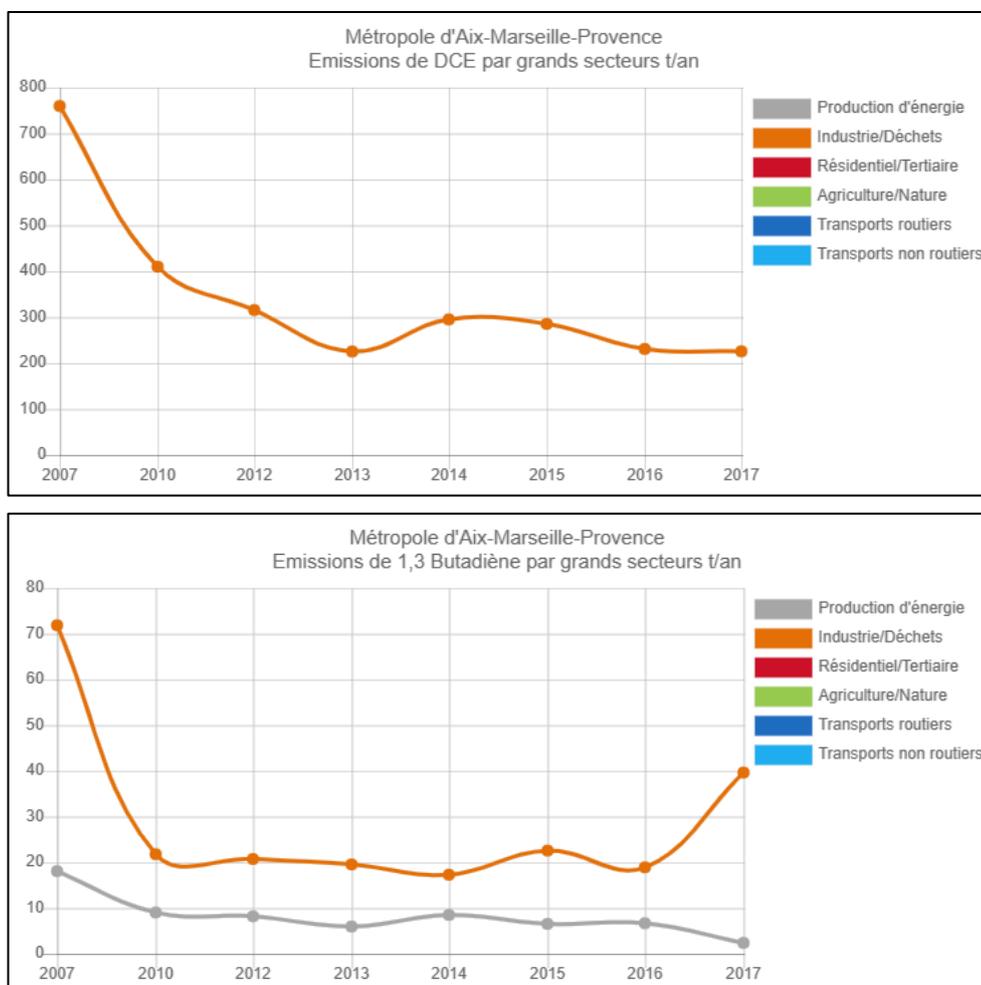
Il apparaît que la part des émissions de ce polluant issues de l'industrie et de la production d'énergie sont **minoritaires à Marseille** (environ 6% des émissions totales). La part des émissions de benzène liées à ces deux secteurs (industrie et production d'énergie) sont **bien plus importantes sur le pourtour de l'étang de Berre** (plus de 90 % des émissions totales sur Martigues et Berre-L'Etang, plus de 60 % sur Rognac, plus de 40 % sur Fos-sur-Mer).

- Pour le 1,3-butadiène et le 1,2-dichloroéthane :

Les fiches de données toxicologiques et environnementales indiquent que l'origine principale de ces polluants est industrielle. Ils sont produits généralement lors de procédés industriels spécifiques : synthèse du chlorure de vinyle, production de solvants chlorés, fabrication de caoutchoucs...

L'inventaire des émissions d'AtmoSud, à l'échelle de la Métropole Aix-Marseille Provence, confirme cette bibliographie (les données d'émissions sont issues des déclarations GERE) :

**Figure 3 : Émissions annuelles en 1,2-DCE et en 1,3-butadiène sur la métropole Air Marseille Provence depuis 2007**



Source : Inventaire des émissions AtmoSud

<https://opendata.atmosud.org/index.php>

## 3. Valeurs de référence

### 3.1 Définitions

#### ► Valeurs réglementaires

Les effets sont très divers selon les composés organiques, allant de la simple gêne olfactive à une irritation oculaire et respiratoire (aldéhydes), ou encore à une diminution de la capacité respiratoire jusqu'à des risques d'effets mutagènes et cancérogènes (tel le benzène).

La réglementation française prévoit plusieurs notions, dont :

- **Valeur Limite pour la protection de la santé (VL)** : niveau de concentration à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques, afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ;
- **Objectif de qualité (OQ)** : niveau de concentration à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

#### ► Valeurs toxicologiques de référence et indicateurs de risque

Afin de déterminer si un risque peut être attribué à une exposition aux concentrations mesurées dans l'air ambiant à une substance, une évaluation quantitative du risque sanitaire peut être réalisée. Son principe est décrit notamment dans les documents « Évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des ICPE – Substances chimiques » (INERIS 2003) et « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires » (INERIS 2013), et qui repose sur les 4 étapes fondamentales suivantes :

- Identification des dangers,
- Evaluation des relations dose-réponse,
- Evaluation de l'exposition,
- Caractérisation du risque.

Cette évaluation ne peut se mener d'un point de vue quantitatif que s'il existe des **Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)** éditées par des organismes internationalement reconnus et adaptées à la problématique. Cette VTR est un **repère toxicologique** qui permet de quantifier un risque pour la santé humaine, en exprimant la relation dose-réponse, c'est-à-dire la relation quantitative entre :

- Un niveau d'exposition (« dose ») à un agent dangereux ;
- L'incidence observée (« réponse ») d'un effet indésirable donné.

L'évaluation quantitative des risques sanitaires aboutit au calcul **d'indicateurs de risque** exprimant quantitativement les risques potentiels encourus par les populations du fait de la contamination des milieux d'exposition :

- Quotient de Danger (QD) pour les effets à seuil,
- Excès de Risque Individuels (ERI) pour les effets sans seuil.

Les équations de calcul de ces indicateurs de risque sont proposées ci-dessous :

Quotient de Danger	Excès de Risque Individuel
$QD = \frac{CI}{VTR}$	$ERI = \sum_i \frac{CI_i \times T_i}{T_m} \times ERU$

Avec :

- Ci : Concentration en polluant dans l'air inhalé (moyenne obtenue lors des différentes campagnes de mesures),
- VTR : Valeur Toxicologique de Référence à seuil pour la voie (inhalation) et la durée d'exposition (chronique) correspondant au scénario considéré,
- ERU = Excès de Risque Unitaire, pour la voie d'exposition (inhalation) correspondant au scénario considéré,
- Ti = Durée de la période d'exposition (en années) sur laquelle l'exposition CI est calculée<sup>6</sup>,
- Tm = Durée de temps sur laquelle l'exposition est rapportée (en années).

Pour apprécier les résultats de la caractérisation des risques, les indicateurs de risque sont habituellement comparés, pour distinguer les risques jugés « préoccupants » :

- à la valeur repère de 1 pour les QD,
- à la valeur repère de 10<sup>-5</sup> pour les ERI.

<sup>6</sup> Conventionnellement :

- La valeur de Ti retenue correspond donc, en théorie, au temps que va passer un riverain au niveau d'une zone considérée comme son domicile et où la concentration déterminée va être jugée représentative et constante sur une longue période. **Une durée d'exposition de 30 ans est généralement admise pour un adulte**, qui correspond approximativement au percentile 90 de la durée de résidence. Le choix de la période d'exposition est particulièrement significatif pour les substances accumultrices et cancérigènes.
- La valeur de Tm retenue correspond donc, en théorie, à la durée de vie générale d'une cible, **conventionnellement prise à 70 ans** à l'heure actuelle.

## 3.2 Cas du benzène

### ► Valeurs réglementaires

Le benzène est un polluant réglementé dans l'air ambiant (Code de l'Environnement, Article R221-1) :

- Valeur limite : 5 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle
- Valeur « objectif de qualité » : 2 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.

### ► Valeurs toxicologiques de référence

Le tableau-ci-après permet de lister les différentes VTR existantes et retenues dans le cadre de cette substance pour le risque chronique :

**Tableau 4 : Valeurs toxicologiques de références retenues pour une exposition au benzène**

Substance	N° CAS	Type d'exposition	Type d'effets	VTR	Organe cible	Durée d'exposition	Organisme
Benzène	71-43-2	Chronique	A seuil	VTR = 10 µg/m <sup>3</sup>	Effets hématologiques	1 an et plus	ANSES (2008)
			Sans seuil	VTR = $2,6 \cdot 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ Pour une exposition de 100 % pendant 30 ans, cela correspond à une concentration de 0,9 µg/m <sup>3</sup>	Effets sur le système immunitaire (leucémies)	1 an et plus	ANSES (2014)

## 3.3 Cas du 1,2-dichloroéthane

### ► Valeurs réglementaires

Il n'existe pas de valeur réglementaire pour le 1,2-dichloroéthane.

### ► Valeurs toxicologiques de référence

Le tableau-ci-après permet de lister les différentes VTR existantes et retenues dans le cadre de cette substance pour le risque chronique :

**Tableau 5 : Valeurs toxicologiques de références retenues pour une exposition au 1,2-dichloroéthane**

Substance	N° CAS	Type d'exposition	Type d'effets	VTR	Organe cible	Durée d'exposition	Organisme
1,2- dichloroéthane	107- 06-2	Chronique	A seuil	MRL = 0.6 ppm soit 2 430 µg/m <sup>3</sup>	Système hépatique	1 an	US EPA (2002)
			Sans seuil	ERU <sub>i</sub> = $3,4 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ Pour une exposition de 100 % pendant 30 ans, cela correspond à une concentration de 6,9 µg/m <sup>3</sup>	Tumeurs mammaires	1 an	ANSES (2009)

## 3.4 Cas du 1,3-butadiène

### ► Valeurs réglementaires

Il n'existe pas de valeur réglementaire pour le 1,3-butadiène

### ► Valeurs toxicologiques de référence

Le tableau-ci-après permet de lister les différentes VTR existantes et retenues dans le cadre de cette substance pour le risque chronique :

**Tableau 6 : Valeurs toxicologiques de références retenues pour une exposition au 1,3-butadiène**

Substance	N° CAS	Type d'exposition	Type d'effets	VTR	Organe cible	Durée d'exposition	Organisme
1,3-butadiène	106-99-0	Chronique	A seuil	RfC = 2 µg/m <sup>3</sup>	Effets sur la fertilité	1 an	US EPA (2002)
			Sans seuil	ERU <sub>i</sub> = 3,0.10 <sup>-5</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> Pour une exposition de 100 % pendant 30 ans, cela correspond à une concentration de 0,8 µg/m <sup>3</sup>	Leucémies	1 an	US EPA (2002)

## 4. Activité générale pendant la période

La campagne de mesure a eu lieu d'octobre 2019 à septembre 2020. Les conditions macroscopiques d'activités pendant cette période sont les suivantes :

### ► D'octobre 2019 à Mars 2020 :

Le fonctionnement des sites industriels et de l'activité économique générale ne présente pas de sous-estimation spécifique vis-à-vis d'un fonctionnement dit « normal ».

### ► Entre mars et mai 2020 :

La situation sanitaire en France a entraîné un confinement généralisé de la population lié à la pandémie mondiale de coronavirus (COVID-19). Ce confinement s'est caractérisé par un fort ralentissement d'un très grand nombre d'activités humaines (industrielles, routières, tertiaires, ...) jusqu'à l'arrêt pour certaines activités. Cette situation a été, toutefois, assez inégale, certains sites industriels étant fortement mis à contribution pour approvisionner en matières premières pour la fabrication des gels hydroalcooliques par exemple.

Dans le cadre de cette étude, aucune mesure n'a été réalisée dans cette période.

### ► De mai à juillet 2020 :

La reprise de l'activité générale est progressive.

Dans le cadre de cette étude, aucune mesure n'a été réalisée dans cette période.

### ► A partir de mi-juillet :

La reprise d'activités a été estimée suffisante pour lancer la campagne estivale de surveillance constituée de 4 mesures de 7 jours (C9 à C12), en une sélection de sites.

# 5. Conditions météorologiques observées

## 5.1 Campagne initiale (C1-C8 d'octobre 2019 à mars 2020)

### ► Roses des vents

Les figures ci-dessous présentent les roses des vents calculées du 7 octobre 2019 au 16 mars 2020, avec deux types de données :

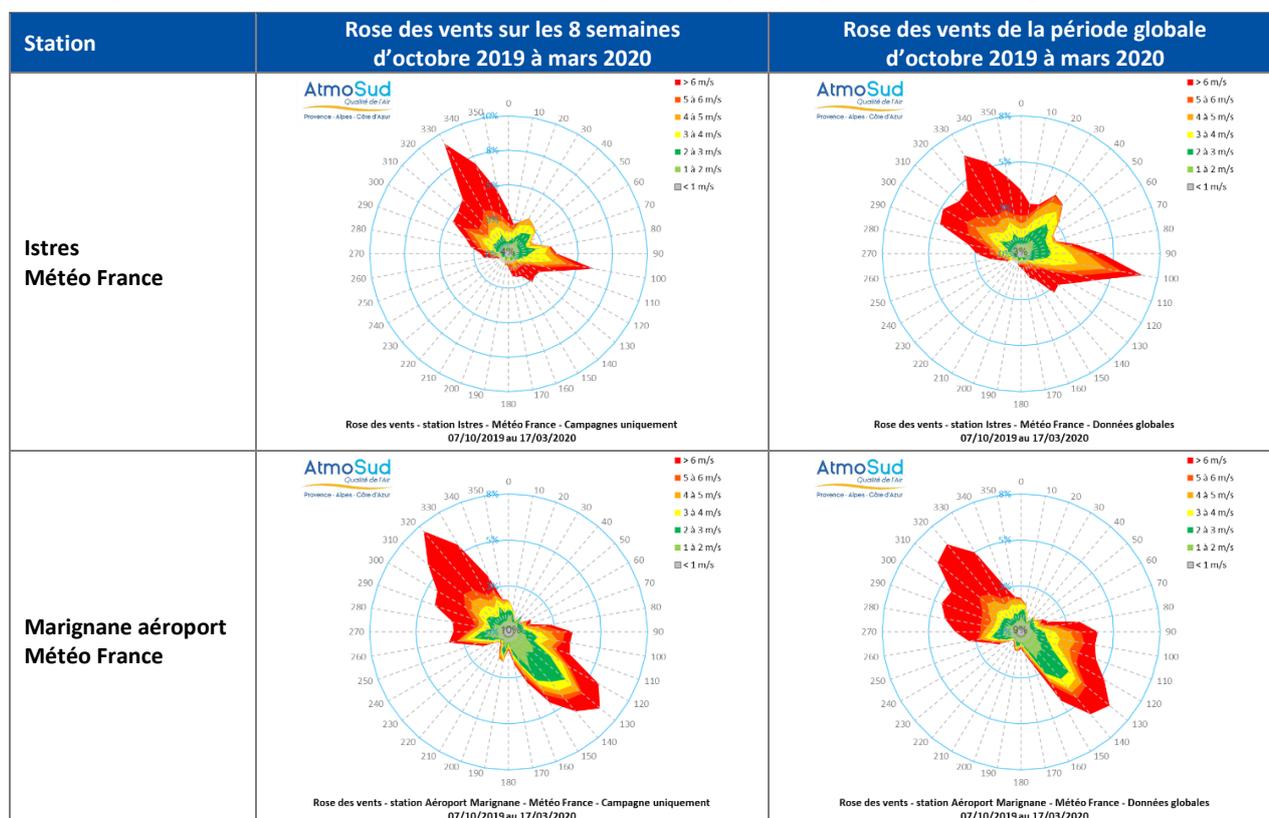
- Les seules données météorologiques des 8 campagnes de mesures ;
- Toutes les données météorologiques disponibles sur la période concernée.

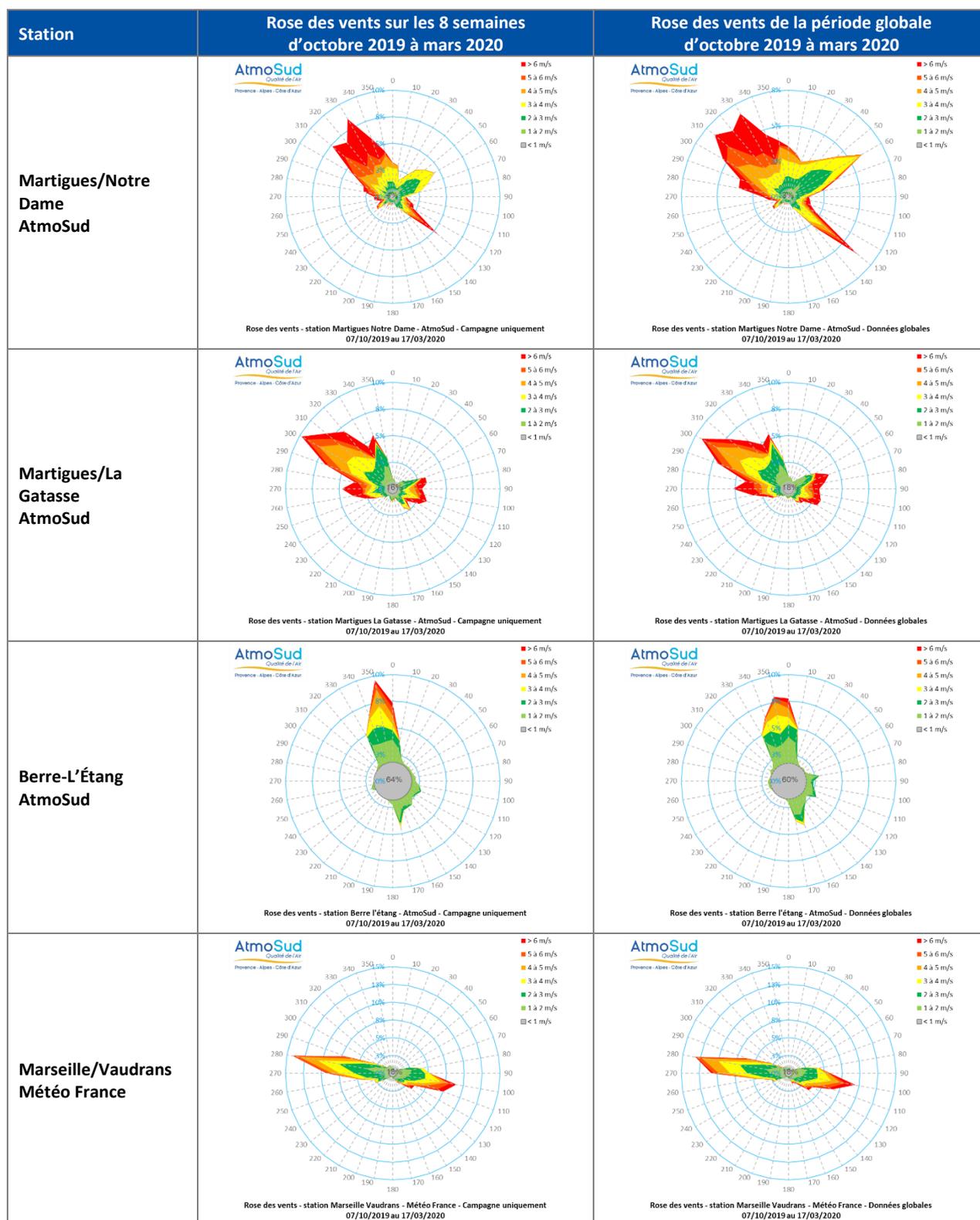
L'objectif est d'identifier si les conditions météorologiques observées sur les 8 campagnes présentent ou non des particularités vis-à-vis de l'intégralité des conditions observées sur cette période.

La graduation des couleurs présente la vitesse de vent en m/s, l'échelle radiale présente la fréquence de présence en % et l'échelle circulaire en degrés présente la provenance des vents par rapport à la station de mesure, située au centre de l'illustration.

Les données météorologiques utilisées sont celles issues des stations de mesure fixes d'AtmoSud située à Martigues sur le site de Notre Dame, la Gâtasse et Berre-L'Etang et celles issues des stations de Météo France à Istres, Marignane et à Marseille/Vaudrans.

**Figure 4 : Rose des vents sur les 8 semaines et pendant la période globale des campagnes de mesure**





Les vents recensés dans la zone de Martigues, Istres et Marignane sur la période globale de la première campagne de mesure ont été principalement, pour ces 3 zones, des vents de secteur Nord/Nord-ouest avec des vitesses majoritairement modérées à forts.

On note également des vents modérés à forts de secteur Est/Sud-Est sur Marignane et Istres, qui sont moins représentés sur les stations météorologiques de Martigues d'AtmoSud, et des vents plus faibles de secteur Nord/Est sur la station de Martigues / la Gatasse.

Les vents recensés dans la zone de Berre-l'Étang sur la période globale de la campagne de mesure ont été majoritairement très faibles ; on y note aussi des vents modérés de secteur Nord. Ces conditions observées sont différentes des 3 autres sur la zone (Martigues, Istres et Marignane) aussi bien en termes de vitesse de vent que de direction. Ainsi, même si la zone de Berre est relativement protégée des forts vents par la présence des reliefs qui la bordent, l'implantation de la station météorologique d'AtmoSud doit être sous une influence locale marquée qui n'est pas forcément caractéristique des conditions générales observées sur Berre.

La zone de Marseille/Vaudrans connaît une alternance de vents d'Est et de vents d'Ouest en lien avec la configuration de la vallée de l'Huveaune.

L'analyse des roses des vents montre que les conditions météorologiques pendant la série de 8 prélèvements hebdomadaires sont représentatives de la période hivernale au cours de laquelle elle a été réalisée.

### ► Températures

Les données des stations Météo France d'Istres et Marignane sont prises comme référence pour la zone du pourtour de l'étang de Berre (Salon-de-Provence, Golfe de Fos, Martigues, Berre-l'Étang et Rognac) et celles de la station Marseille/Vaudrans pour la vallée de la Penne-sur-Huveaune. Les valeurs minimales inférieures à la médiane sont relevées la nuit et les maximales sont relevées dans la journée. Les températures moyennes par campagne de mesure hebdomadaires sont présentées dans le tableau suivant.

**Tableau 7 : Températures moyennes par campagne relevées autour de l'étang de Berre et à Marseille/Vaudrans**

Campagnes	Températures moyennes (°C)		
	Istres	Marignane	Marseille/Vaudrans
<b>C1</b>	18	18	18
<b>C2</b>	16	16	16
<b>C3</b>	10	11	10
<b>C4</b>	10	10	10
<b>C5</b>	8	7	8
<b>C6</b>	11	11	11
<b>C7</b>	11	11	11
<b>C8</b>	13	13	13
<b>Moyenne C1-C8</b>	12	12	12
<b>Moyenne période totale</b>	11	12	11

Globalement, les températures enregistrées sur les deux zones (étang de Berre et Marseille) est comparable.

De plus, il n'est pas observé d'évènement exceptionnel relatif à ce paramètre entre les périodes échantillonnées et celles non échantillonnées entre octobre et mars pouvant impliquer un biais dans l'interprétation des données.

L'analyse des températures montre que les conditions pendant la série de 8 prélèvements hebdomadaires sont représentatives de la période hivernale au cours de laquelle elle a été réalisée.

## ► Humidité relative

Comme précédemment, les données des stations Météo France d'Istres et Marignane sont prises comme référence pour la zone du pourtour de l'étang de Berre (Salon-de-Provence, Golfe de Fos, Martigues, Berre-l'Étang et Rognac) et celles de la station Marseille/Vaudrans pour la vallée de la Penne-sur-Huveaune. Les valeurs minimales inférieures à la médiane sont relevées dans la journée et les maximales sont relevées la nuit. Les valeurs moyennes numériques sont données par le tableau suivant :

**Tableau 8 : Humidité relative par campagne relevées autour de l'étang de Berre et à Marseille/Vaudrans**

Campagnes	Humidité relative (%)		
	Istres	Marignane	Marseille/Vaudrans
C1	68	68	67
C2	86	85	85
C3	82	83	87
C4	76	76	75
C5	77	83	78
C6	81	83	78
C7	63	69	64
C8	59	62	60
<b>Moyenne C1-C8</b>	74	76	74
<b>Moyenne période totale</b>	75	75	73

A nouveau, l'humidité enregistrée sur les deux zones (étang de Berre et Marseille) est comparable. De plus, il n'est pas observé d'évènement exceptionnel relatif à ce paramètre entre les périodes échantillonnées et celles non échantillonnées entre octobre et mars pouvant impliquer un biais dans l'interprétation des données.

L'analyse des données d'humidité relative montre que les conditions pendant la série de 8 prélèvements hebdomadaires sont représentatives de la période hivernale au cours de laquelle elle a été réalisée.

## ► Précipitations cumulées

Comme précédemment, les données des stations Météo France d'Istres et Marignane sont prises comme référence pour la zone du pourtour de l'Étang de Berre (Salon-de-Provence, Golfe de Fos, Martigues, Berre-l'Étang et Rognac) et celles de la station Marseille / Vaudrans pour la vallée de la Penne-sur-Huveaune. Les valeurs numériques sont données par le tableau suivant :

**Tableau 9 : Précipitations cumulées par campagne relevées autour de l'étang de Berre et à Marseille/Vaudrans**

Campagnes	Précipitations cumulées (mm)		
	Istres	Marignane	Marseille/Vaudrans
C1	0.2	0.2	1.2
C2	5.4	3.8	4.0
C3	88.4	80.2	80.4
C4	7.4	8.8	14.4
C5	4.8	6.7	4.6
C6	1.0	0.2	0.8
C7	0.2	1.8	2.4
C8	0.4	0.0	0.4
<b>Somme C1-C8</b>	108 Soit environ 1.9 mm/j	102 Soit environ 1.8 mm/j	108 Soit environ 1.9 mm/j
<b>Somme période totale</b>	309.6 Soit environ 1.9 mm/j	460.2 Soit environ 2.8 mm/j	443 Soit environ 2.7 mm/j

Les précipitations enregistrées sur les deux zones (étang de Berre et Marseille) sont comparables sur les périodes échantillonnées. De plus, même si la campagne C3 a montré de fortes précipitations en comparaison des autres campagnes, les précipitations moyennes journalières estimées sur les périodes échantillonnées et celles non échantillonnées entre octobre et mars sont comparables.

**Tableau 10 : Nombre de jours avec une hauteur de précipitations cumulée supérieure à 1mm par campagne relevées autour de l'étang de Berre et à Marseille/Vaudrans**

Campagnes	Nombre de jours avec hauteur de précipitations cumulées > 1 mm		
	Istres	Marignane	Marseille/Vaudrans
C1	0	0	0
C2	2	1	1
C3	5	5	5
C4	3	3	2
C5	1	1	1
C6	0	0	0
C7	0	1	1
C8	0	0	0
<b>Somme C1-C8</b>	11 Soit en moyenne 1jour/5	11 Soit en moyenne 1jour/5	10 Soit en moyenne 1jour/5
<b>Somme période totale</b>	33 Soit en moyenne 1jour/5	33 Soit en moyenne 1jour/5	33 Soit en moyenne 1jour/5

Enfin, en observant le nombre de jours où les précipitations totales journalières sont supérieures à 1 mm, il apparaît que la part de jours dits « pluvieux » sur les périodes échantillonnées et sur la période globale d'étendant du 7 octobre au 17 mars sont quasi identiques.

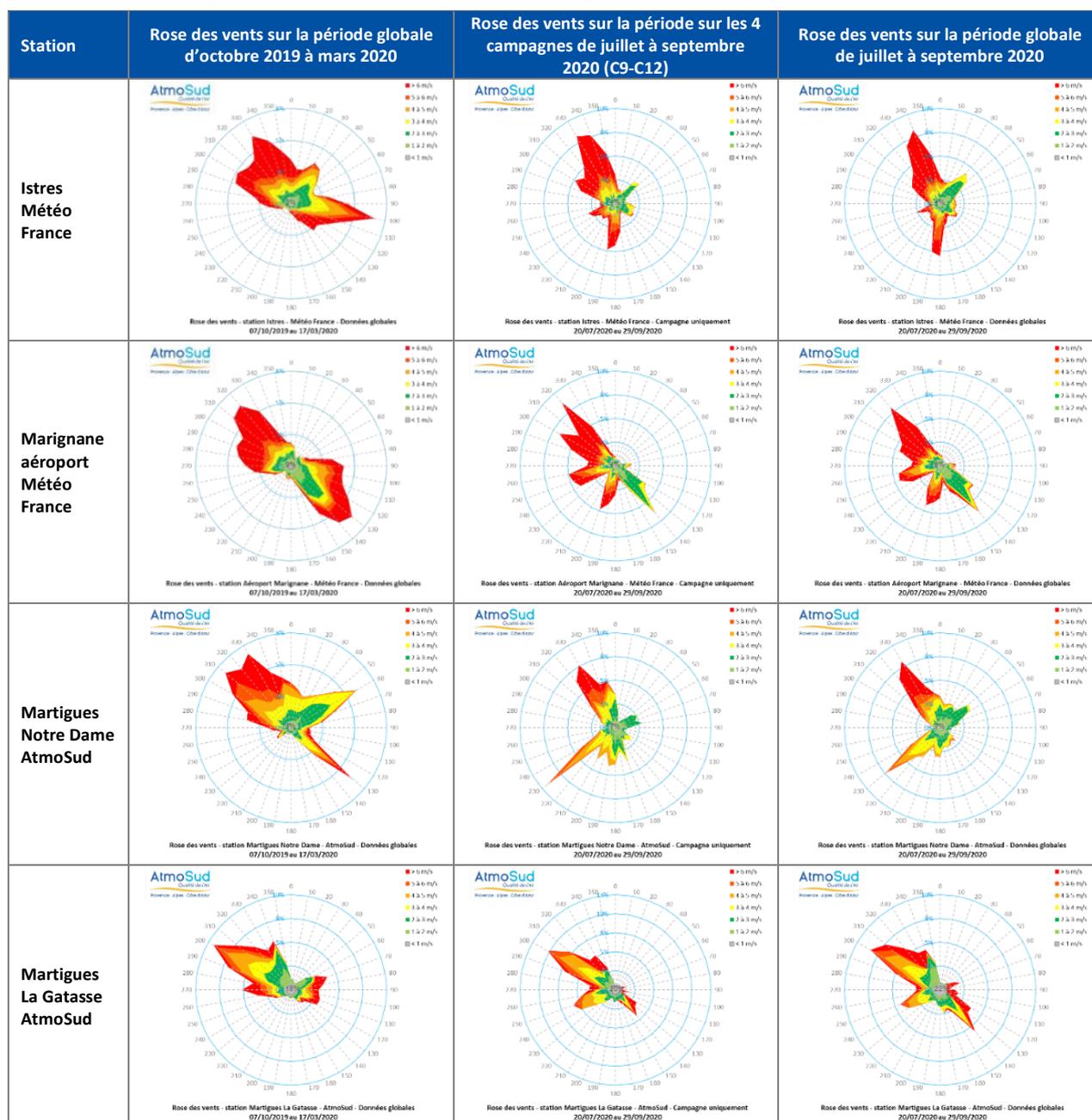
L'analyse des données de pluviométrie montre que les conditions pendant la série de 8 prélèvements hebdomadaires sont représentatives de la période hivernale au cours de laquelle elle a été réalisée.

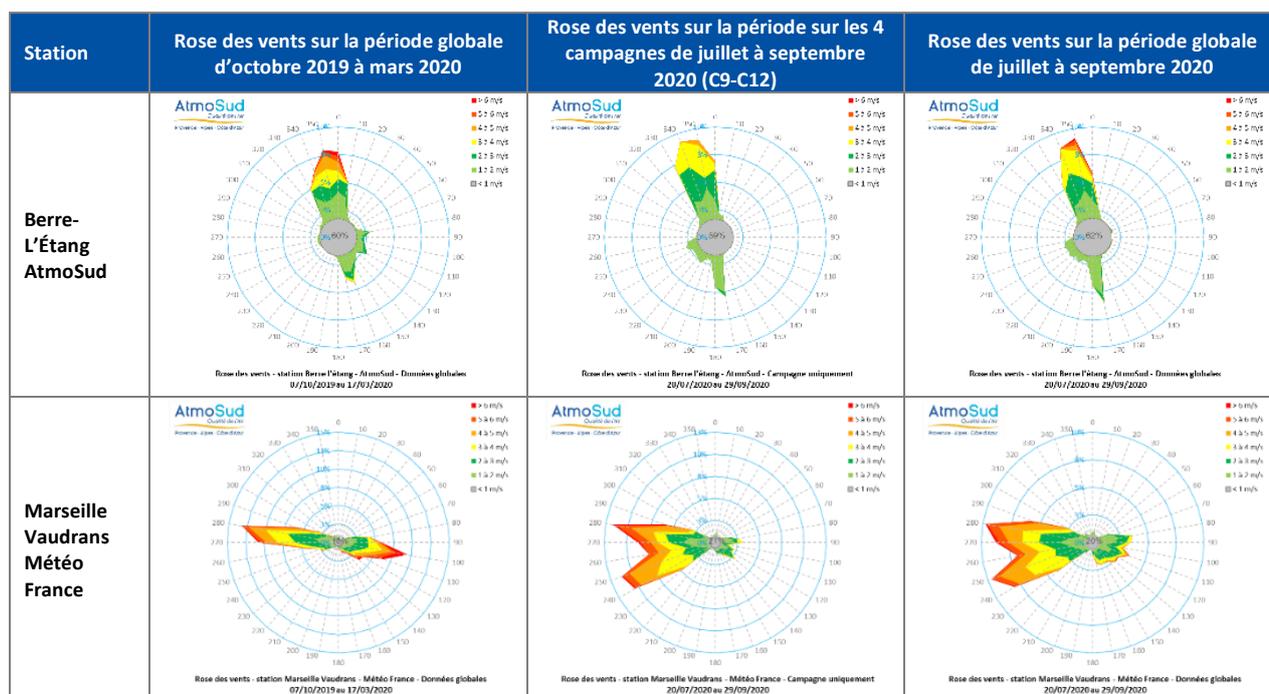
## 5.2 Focus sur 4 campagnes estivales de juillet à septembre 2020

Dans une seconde phase, menée de juillet à septembre 2020, des prélèvements complémentaires **sur les mêmes substances** ont été mis en place **en période estivale** afin de prendre en compte des phénomènes météorologiques non représentés lors des 6 premiers mois « hivernaux » mais également les réactions chimiques potentielles liées à ces polluants volatils sur une sélection de points potentiellement sensibles à l'ensemble de ces phénomènes.

### ► Rose des vents

Figure 5 : Rose des vents sur les périodes globales des campagnes de mesure





Il apparaît, à la lecture de ces graphiques, que certaines modifications des conditions météorologiques principales sont observées sur la période estivale avec notamment une présence plus importante des vents de sud à sud-ouest sur le pourtour de l'étang de Berre (Istres, Marignane, Martigues) et une part plus importante des vents d'ouest à Marseille.

La **brise thermique** sur le pourtour de l'Étang de Berre est un phénomène localisé qui résulte de la différence de température entre la surface de la terre et la mer. Elle est inexistante lorsque la température de l'eau et celle de la terre sont identiques. Le relief joue un rôle amplificateur du **phénomène** (avec accélération des courants d'air qui s'écoulent le long de la pente).

L'analyse des roses des vents montre que les conditions météorologiques pendant la série de 4 prélèvements hebdomadaires sont représentatives de la période estivale au cours de laquelle elle a été réalisée.

### ► Température

Les températures moyennes par campagne de mesure estivale hebdomadaires sont présentées dans le tableau suivant.

**Tableau 11 : Températures moyennes par campagne relevées autour de l'étang de Berre et à Marseille/Vaudrans**

Campagnes	Températures moyennes (°C)		
	Istres	Marignane	Marseille/Vaudrans
C9	26	26	26
C10	26	27	26
C11	22	22	21
C12	18	18	17
<b>Moyenne C9-C12</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>22</b>
<b>Moyenne période totale</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>23</b>

Globalement, comme pour la campagne hivernale, les températures enregistrées sur les deux zones (étang de Berre et Marseille) sont comparables.

De plus, il n'est pas observé d'évènement exceptionnel relatif à ce paramètre entre les périodes échantillonnées et celles non échantillonnées entre juillet et septembre pouvant impliquer un biais dans l'interprétation des données.

L'analyse des températures montre que les conditions pendant la série de 4 prélèvements hebdomadaires sont représentatives de la période estivale au cours de laquelle elle a été réalisée.

Les pourcentages d'humidité relative moyenne par campagne de mesure estivale hebdomadaires sont présentées

### ► Humidité relative

Les valeurs moyennes numériques sont données par le tableau suivant :

**Tableau 12 : Humidité relative par campagne relevées autour de l'étang de Berre et à Marseille/Vaudrans**

Campagnes	Humidité relative (%)		
	Istres	Marignane	Marseille/Vaudrans
C9	60	59	58
C10	64	61	58
C11	51	56	58
C12	68	69	70
<b>Moyenne C9-C12</b>	61	61	61
<b>Moyenne période totale</b>	60	60	59

A nouveau, l'humidité enregistrée sur les deux zones (étang de Berre et Marseille) est comparable. De plus, il n'est pas observé d'évènement exceptionnel relatif à ce paramètre entre les périodes échantillonnées et celles non échantillonnées entre juillet et septembre pouvant impliquer un biais dans l'interprétation des données.

L'analyse des données d'humidité relative montre que les conditions pendant la série de 4 prélèvements hebdomadaires sont représentatives de la période estivale au cours de laquelle elle a été réalisée.

### ► Pluviométrie

Comme précédemment, les données des stations Météo France d'Istres et Marignane sont prises comme référence pour la zone du pourtour de l'étang de Berre (Salon-de-Provence, Golfe de Fos, Martigues, Berre- l'Étang et Rognac) et celles de la station Marseille/Vaudrans pour la vallée de la Penne-sur-Huveaune. Les valeurs numériques sont données par le tableau suivant :

**Tableau 13 : Précipitations cumulées par campagne relevées autour de l'étang de Berre et à Marseille/Vaudrans**

Campagnes	Précipitations cumulées (mm)		
	Istres	Marignane	Marseille/Vaudrans
C9	0.0	0.0	0.2
C10	0.4	0.0	0.2
C11	0.0	0.0	0.2
C12	9.1	22.6	20.2
<b>Somme C9-C12</b>	10 Soit environ 0.3 mm/j	23 Soit environ 0.8 mm/j	21 Soit environ 0.7 mm/j
<b>Somme période totale</b>	41.3 Soit environ 0.7 mm/j	85.4 Soit environ 1.5 mm/j	70.4 Soit environ 1.3 mm/j

Les précipitations enregistrées sur les deux zones (étang de Berre et Marseille) sont comparables sur les périodes échantillonnées, inférieures ou proches de 1 mm/j. De plus, les précipitations moyennes journalières estimées sur les périodes échantillonnées et celles non échantillonnées entre juillet et septembre sont comparables.

**Tableau 14 : Nombre de jours avec une hauteur de précipitations cumulée supérieure à 1mm par campagne relevées autour de l'étang de Berre et à Marseille/Vaudrans**

Campagnes	Nombre de jours avec hauteur de précipitations cumulées > 1 mm		
	Istres	Marignane	Marseille/Vaudrans
C9	0	0	0
C10	0	0	0
C11	0	0	0
C12	2	2	2
<b>Somme C9-C12</b>	2 Soit en moyenne 1 jour/14	2 Soit en moyenne 1 jour/14	2 Soit en moyenne 1 jour/14
<b>Somme période totale</b>	6 Soit en moyenne 1 jour/9	7 Soit en moyenne 1 jour/8	7 Soit en moyenne 1 jour/8

Enfin, en observant le nombre de jours où les précipitations totales journalières sont supérieures à 1mm, il apparaît que la part de jours « pluvieux » sur les périodes échantillonnées et celles non échantillonnées entre le 20 juillet et le 29 septembre sont quasi identiques.

L'analyse des données de pluviométrie montre que les conditions pendant la série de 4 prélèvements hebdomadaires sont représentatives de la période estivale au cours de laquelle elle a été réalisée.

## 6. Résultats de la campagne

En annexe 1, l'expression des résultats est explicitée pour les trois polluants suivis au cours de cette étude.

### 6.1 Résultats de mesure du benzène

Pour rappel, pour le benzène, AtmoSud dispose d'un inventaire des émissions par commune qui permet d'identifier pour la dernière année à disposition, que la part des émissions de ce polluant issues de l'industrie et de la production d'énergie sont minoritaires à Marseille (environ 6% des émissions totales, les origines du benzène étant multisources). La part des émissions de benzène liées à ces deux secteurs (industrie et production d'énergie) sont plus importantes sur le pourtour de l'étang de Berre (plus de 90 % des émissions totales sur Martigues et Berre-L'Étang, plus de 60 % sur Rognac, plus de 40 % sur Fos-sur-Mer).

## 6.1.1 Résultats bruts par échantillonnage passif

Les résultats des mesures du benzène en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  obtenues sur les douze campagnes sont présentés dans le Tableau 15.

**Tableau 15 : Relevés des concentrations en benzène en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par site sur les douze campagnes**

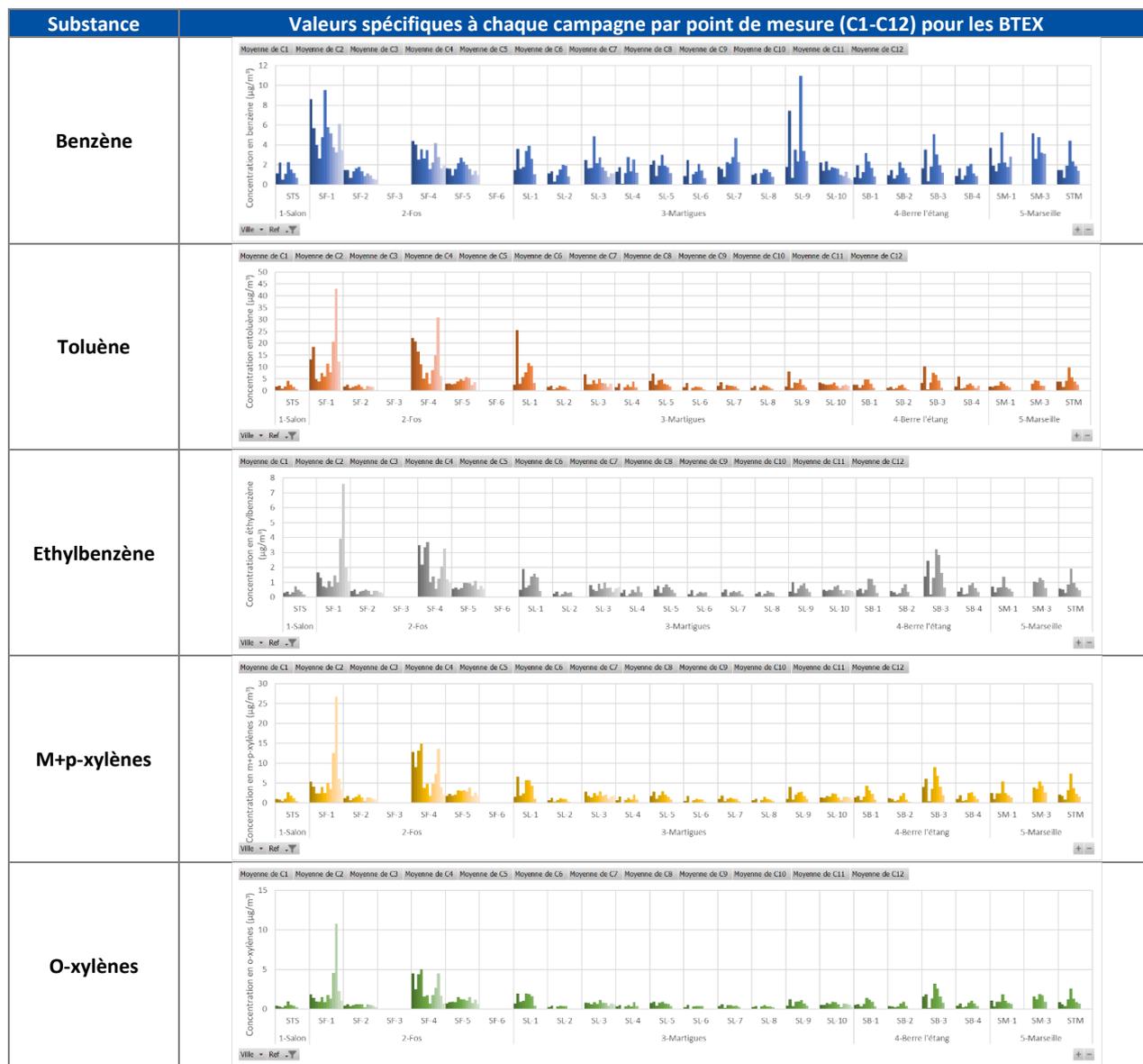
Zone	Ref	Site	Campagnes d'octobre 2019 à mars 2020								Campagnes estivales de juillet à septembre 2020			
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Blancs		Blancs de lots	< LQ								< LQ			
		Blancs de terrain	< LQ								< LQ			
Témoïn	STS	Salon-de-Provence	perdu	inv	0.36	1.11	2.28	1.45	1.18	0.62	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			perdu	2.33	0.67	1.08	2.16	1.54	1.16	0.74	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			1.10	2.37	0.45	1.03	2.26	1.53	1.18	0.65	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
		<b>Moyenne des répliqués</b>	<b>1.10</b>	<b>2.35</b>	<b>0.49</b>	<b>1.08</b>	<b>2.23</b>	<b>1.50</b>	<b>1.17</b>	<b>0.67</b>	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
Fos-sur-Mer	SF-1	SF1	8.61	5.67	4.00	2.62	4.75	9.51	5.79	5.15	3.76	3.26	6.12	3.47
	SF-2	Fos/Carabins	1.48	1.48	0.70	1.33	1.65	1.75	1.32	0.87	1.10	0.88	0.56	0.53
	SF-4	SF4	4.38	4.04	2.49	3.55	2.66	3.46	1.54	2.22	4.16	2.76	1.64	1.88
	SF-5	Plage de Cavaou	1.63	1.59	0.89	1.53	2.14	2.67	2.30	1.98	1.54	0.99	1.37	0.95
Martigues	SL-1	Châteauneuf/La Mède	1.46	3.60	1.61	1.78	3.39	3.88	2.58	1.03	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-2	Martigues/Couronne	1.11	1.35	0.30	0.95	1.51	1.99	1.88	0.80	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-3	Martigues/Caravelle	Indisp.	2.47	1.64	1.69	4.86	2.18	2.73	1.72	1.37	0.75	1.14	1.14
	SL-4	Martigues/Rénares	1.31	1.71	0.07	1.17	2.77	1.32	2.50	1.22	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-5	Martigues/Le Pati	1.99	2.42	0.87	1.91	2.99	1.90	1.71	1.16	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-6	Martigues Ventrons	0.87	2.46	0.07	1.05	1.29	2.07	1.42	0.64	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-7	Martigues/St-Pierre	1.79	1.57	0.76	2.24	2.11	2.75	4.70	2.24	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-8	Sausset-les-Pins	0.99	1.12	0.07	1.15	1.56	1.50	1.23	0.78	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-9	Martigues / Lavera	1.80	<del>11</del>	inv	3.59	2.06	11	3.38	2.41	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			1.73	<del>17</del>	0.71	3.30	2.50	11	3.40	2.37	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			1.73	<del>14</del>	0.68	3.66	2.50	11	3.30	2.34	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
		<b>Moyenne des répliqués</b>	<b>1.75</b>	<b>7.4</b>	<b>0.70</b>	<b>3.52</b>	<b>2.35</b>	<b>11</b>	<b>3.36</b>	<b>2.37</b>	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-10	Port-de-Bouc / Lègue	2.21	1.37	2.32	1.45	1.74	1.70	1.61	0.97	0.82	1.41	0.65	0.47
			n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	0.85	1.27	0.61	0.45
n.m.			n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	0.95	1.19	0.68	0.49	
<b>Moyenne des répliqués</b>		<b>2.21</b>	<b>1.37</b>	<b>2.32</b>	<b>1.45</b>	<b>1.74</b>	<b>1.70</b>	<b>1.61</b>	<b>0.97</b>	<b>0.87</b>	<b>1.29</b>	<b>0.65</b>	<b>0.47</b>	
Berre-L'Étang	SB-1	Rognac ville	0.72	1.95	0.62	1.26	3.18	2.33	1.68	0.82	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SB-2	St-Estève	0.93	1.46	0.58	0.93	2.26	1.69	1.18	0.73	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SB-3	Berre-L'Étang	1.45	3.31	inv	1.84	4.70	3.19	1.97	inv	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			1.64	3.41	0.19	1.87	5.41	2.97	1.89	inv	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			1.81	3.83	0.19	1.67	inv	2.90	1.96	1.21	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
<b>Moyenne des répliqués</b>	<b>1.63</b>	<b>3.52</b>	<b>0.19</b>	<b>1.79</b>	<b>5.05</b>	<b>3.02</b>	<b>1.94</b>	<b>1.21</b>	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.		
SB-4	Rognac/Barjaquets	0.88	1.63	0.50	0.91	1.87	2.09	1.14	0.83	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
Marseille	SM-1	Château-St-Antoine	3.65	1.90	1.35	2.13	5.24	2.18	1.78	2.82	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SM-3	La Penne sur Huveaune	n.m.	n.m.	n.m.	5.32	1.88	4.87	4.42	3.09	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			n.m.	n.m.	n.m.	4.68	3.29	4.75	1.08	3.02	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			n.m.	n.m.	n.m.	5.42	2.60	4.67	4.09	3.25	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
<b>Moyenne des répliqués</b>	<b>n.m.</b>	<b>n.m.</b>	<b>n.m.</b>	<b>5.14</b>	<b>2.59</b>	<b>4.76</b>	<b>3.20</b>	<b>3.12</b>	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.		
STM1	Site Témoïn Penne/Huveaune	1.48	1.47	0.67	1.87	4.41	2.32	1.85	1.38	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	

Indisp : point de mesure indisponible sur la première campagne de mesures (non accessible) / inv : Valeur invalidée / n.m. : non mesuré

Les relevés de concentrations du Toluène, Ethylbenzène et Xylènes sont présentés en ANNEXE 3.

Les concentrations en BTEX en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur les douze campagnes (de C1 à C12) selon les sites échantillonnés et sont présentées ci-dessous. Pour rappel, la valeur du benzène présentée en C2 à Martigues/Lavéra ( $7,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) est une valeur ajustée au vu de la droite de corrélation par rapport aux relevés de l'appareil en automatique VOC72M.

**Figure 6 : Concentrations en BTEX sur les douze campagnes selon les sites échantillonnés**



Le détail des conditions météorologiques par période est présenté en ANNEXE 1.

### Zoom sur quelques points particuliers :

- Campagne C2 :

Lors de la campagne C2, les résultats du triplet sur le site de Martigues/Lavéra sont au-delà du domaine d'application préconisé par le guide du LCSQA ( $> 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). De plus les trois valeurs sont très dispersées. La valeur moyenne du triplet ne peut donc pas être retenue ( $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Au vu des relevés des triplets RAD 145 et au vu des analyses en continu (Voir partie comparaison échantillonnages passifs et analyses en continu) cette valeur est jugée hors gamme selon la méthode, et ne sera plus présentée dans la suite du rapport, au profit de la valeur ajustée grâce aux appareils en continu :  $7,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En effet, la valeur moyenne en C2 ajustée sur la droite de corrélation avec les valeurs VOC72M est de l'ordre de  $7.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Avec cette hypothèse, la valeur moyenne ajustée sur l'ensemble des campagnes (C1-C8) est de l'ordre de  $4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

- Campagne C5 :

Le point témoin de Marseille présente une valeur plus importante que les campagnes précédentes ou suivantes, en lien probablement avec les conditions météorologiques et les activités anthropiques dont le transport routier.

- Campagne C6 :

Lors de la campagne C6, les résultats du triplet sur le site de Martigues/Lavéra sont légèrement au-delà du domaine d'application préconisé par le guide du LCSQA ( $> 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) avec  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Toutefois les trois valeurs sont répétables. De plus, au vu des relevés des triplets RAD 145 et des analyses en continu (Voir partie comparaison échantillonnages passifs et analyses en continu) cette valeur est jugée comme exploitable selon les données VOC, et sera présentée dans la suite du rapport.

Au cours des 12 campagnes ayant eu lieu entre octobre 2019 et septembre 2020, les concentrations relevées ont montré des évolutions en lien avec la direction et la force du vent plaçant les points de mesure plus ou moins sous l'influence de sites industriels émetteurs, la forte pluviométrie ayant entraîné un lessivage de l'atmosphère et donc une baisse des concentrations en polluants (Campagne C3). En ce qui concerne les valeurs ponctuelles maximales, elles sont observées sur les sites SF1 et Martigues/Lavéra (SL-9).

**Sur le site SF1**, pour les campagnes C1 et C6, soit pour des vents observés sur la zone Istres/Martigues généralement modérés à forts de secteur Nord-Ouest (mistral) et Sud Est sur C1, et faibles à modérés de secteur Ouest sur C6.

**Sur le site SL9 (Martigues/Lavéra)**, pour les campagnes C2 et C6, soit pour des vents observés sur la zone Istres/Martigues généralement faibles sans direction notable à modérés de secteur Ouest sur C2, et faibles à modérés de secteur Ouest sur C6. La prise en compte des valeurs élevées précédemment identifiées est ainsi justifiée au vu de ces conditions météorologiques observées lors de ces campagnes, provenant de la plateforme de Lavéra (voir ANNEXE 1).

## 6.1.2 Concentrations moyennes pendant les campagnes

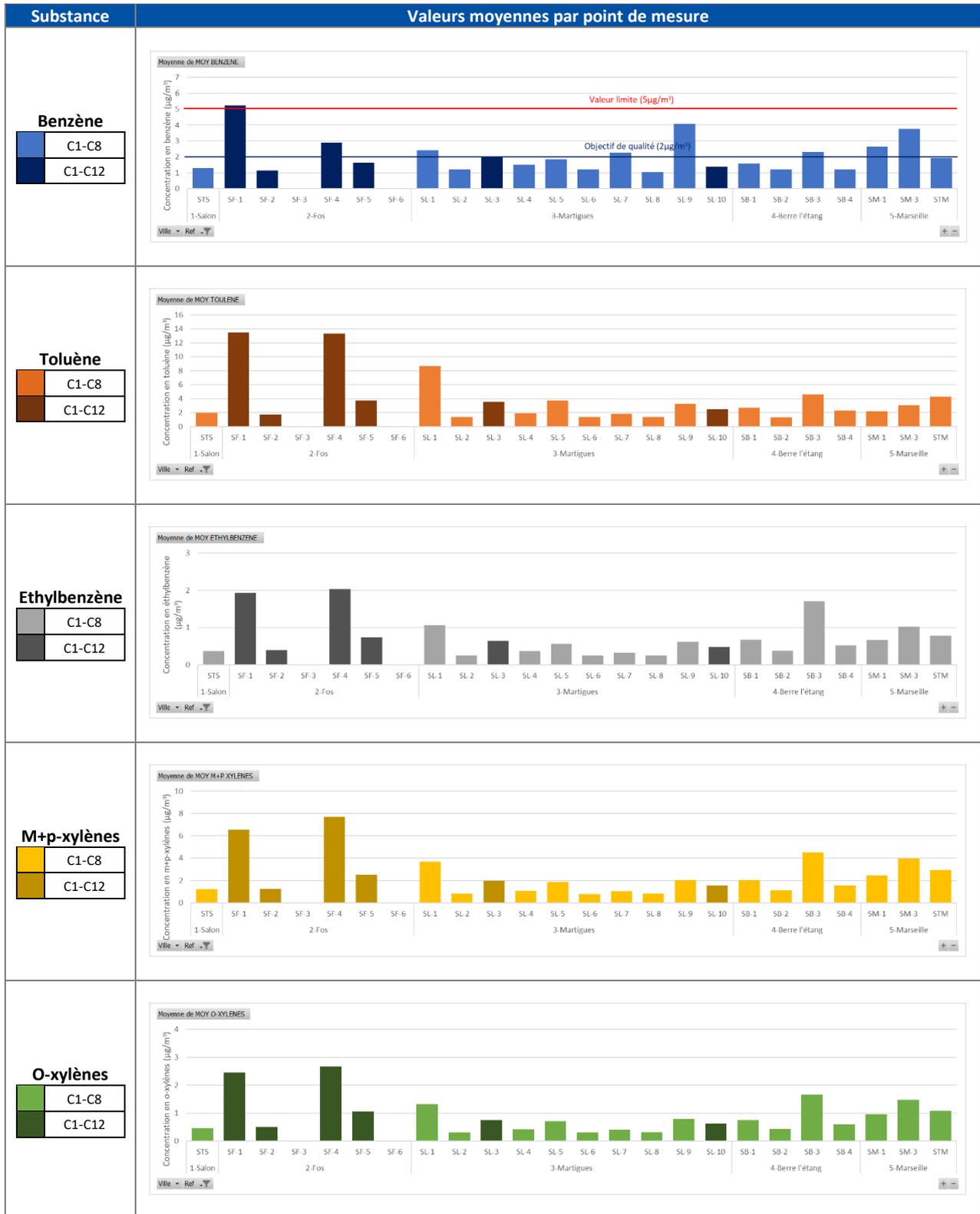
Au vu des prélèvements et des analyses des échantillonneurs passifs pour le benzène :

- Seul le site SF-1 présente, sur les douze campagnes menées, une valeur moyenne proche de la valeur limite annuelle de 5 µg/m<sup>3</sup>.
- Les sites dont les valeurs moyennes sont proches de l'objectif annuel de qualité de 2 µg/m<sup>3</sup> mais inférieures à la valeur limite sont :
  - Dans la zone de Fos : SF-4
  - Dans la zone de Martigues : Martigues/Caravelle (SL3), Martigues/Lavéra (SL9), Châteauneuf/La Mède (SL1) et Martigues/St-Pierre (SL7)
  - Dans la zone de Berre : Berre l'Étang (SB3)
  - Dans la zone de Marseille : Château-St-Antoine (SM1), le site témoin à la Penne-sur-Huveaune (STM) et la station de la Penne-sur-Huveaune (SM3)
- Les sites suivants présentent une valeur faible, plus importante que le site témoin de Salon-de-Provence :
  - Dans la zone de Fos : Plage de Cavaou (SF5)
  - Dans la zone de Martigues : Martigues/le Pati (SL5), Martigues/Rénares et Port de Bouc Lèque (SL10),
  - Dans la zone de Berre : Rognac/Ville,
- Les autres sites présentent une valeur moyenne comparable ou inférieure à celle relevée sur le site témoin de Salon-de-Provence.

**Tableau 16 : Concentrations moyennes en benzène en µg/m<sup>3</sup> par site sur les huit et douze campagnes**

Zone	Ref	Site	Valeur moyenne C1-C8	Valeur moyenne C1-C12
Blancs		Blancs de lots	< LQ	< LQ
		Blancs de terrain	< LQ	< LQ
Témoin	STS	Salon-de-Provence	1.31	n.m.
Fos-sur-Mer	SF-1	SF1	5.76	5.23
	SF-2	Fos/Carabins	1.32	1.14
	SF-4	SF4	3.03	2.90
	SF-5	Plage de Cavaou	1.84	1.63
Martigues	SL-1	Châteauneuf/La Mède	2.42	n.m.
	SL-2	Martigues/Couronne	1.23	n.m.
	SL-3	Martigues/Caravelle	2.47	1.97
	SL-4	Martigues/Rénares	1.51	n.m.
	SL-5	Martigues/Le Pati	1.87	n.m.
	SL-6	Martigues/Ventrans	1.23	n.m.
	SL-7	Martigues/St-Pierre	2.27	n.m.
	SL-8	Sausset-les-Pins	1.05	n.m.
	SL-9	Martigues/Lavéra	4.10	n.m.
	SL-10	Port-de-Bouc/Lèque	1.67	1.39
Berre-L'Étang	SB-1	Rognac/Ville	1.57	n.m.
	SB-2	St-Estève	1.22	n.m.
	SB-3	Berre-L'Étang	2.31	n.m.
	SB-4	Rognac / Barjaquets	1.23	n.m.
Marseille	SM-1	Château-St-Antoine	2.63	n.m.
	SM-3	La Penne-sur-Huveaune	3.76	n.m.
	STM1	Site Témoin Penne/Huveaune	1.93	n.m.

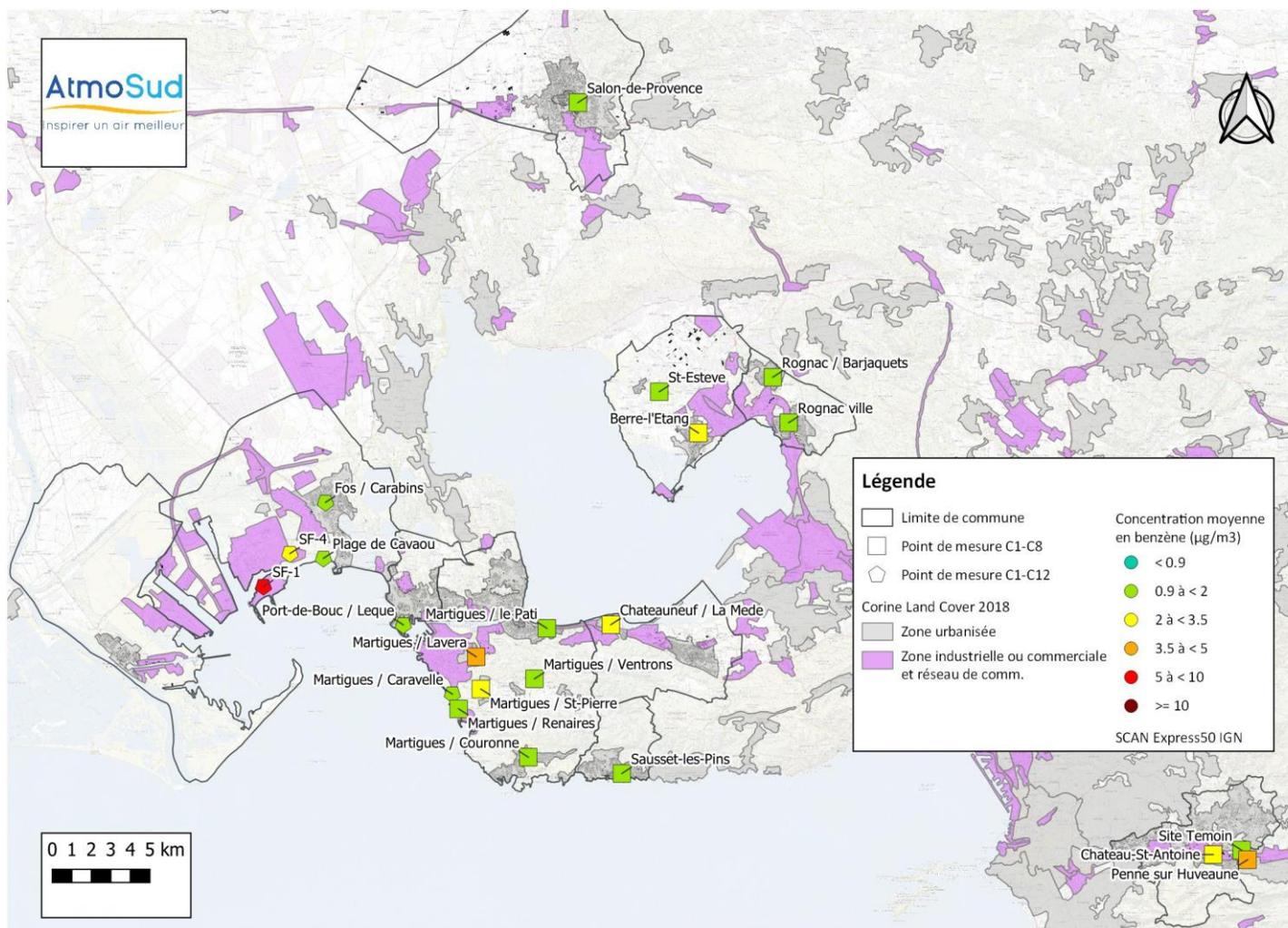
Figure 7 : Concentrations en BTEX sur les douze campagnes selon les sites échantillonnés



### 6.1.3 Représentation cartographique des résultats

Les résultats sont présentés ci-dessous au format cartographique :

**Figure 8 : Représentation géographique des concentrations moyennes en benzène**



## 6.1.4 Comparaison entre échantillonnage passif et analyse en continu pendant la période investiguée

Pour la surveillance des COV<sup>7</sup> (et notamment des BTEX<sup>8</sup>), quatre stations AtmoSud sont équipées d'une chromatographie gazeuse couplée à un détecteur à photo-ionisation (GC-PID) de type VOC72M-ENVEA : Berre-l'Étang (BETG), Fos / Carabins (FSCB), Martigues / Lavéra (MLVR) et la station de la Penne-sur-Huveaune (PENNHV). Ils permettent une surveillance en continu (informations disponibles toutes les 15 minutes) des concentrations BTEX en µg/m<sup>3</sup>.

Au cours de la période de mesure, des tubes passifs ont été investigués au niveau de stations équipées d'analyseurs automatiques de BTEX et concernent :

- Berre-l'Étang et Martigues / Lavéra de C1 à C8,
- Fos / Carabins de C1 à C12,
- La Penne-sur-Huveaune de C4 à C8.

Le tableau suivant présente les moyennes relevées sur les analyseurs automatiques au cours des 8 campagnes.

Seul le site de Fos / Carabins a fait l'objet de mesures pendant la période estivale, les 4 couples (mesure automatique, mesure passive) n'ont pas été ajoutés à cette analyse réalisée à l'issue de la série hivernale.

**Tableau 17 : Concentrations en benzène issues des analyseurs automatiques sur les huit campagnes**

Zone	Concentration moyenne en benzène par campagne (µg/m <sup>3</sup> )							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Berre-l'Étang	0.77	1.72	0.77	1.40	3.33	2.72	1.19	0.91
Fos/Carabins	0.33	0.48	0.37	0.46	0.93	0.94	0.46	0.29
Martigues/Lavéra	0.73	5.64	0.58	3.59	1.45	8.49	1.81	1.70
La Penne-sur-Huveaune	1.71	1.74	1.02	3.70	2.08	2.46	2.53	4.46

*n.m.* : non mesuré

La comparaison des valeurs BTEX relevées par échantillonnages passifs RAD145 avec les valeurs moyennes relevées par les appareils automatiques sur la même période est présentée en Figure 9 :

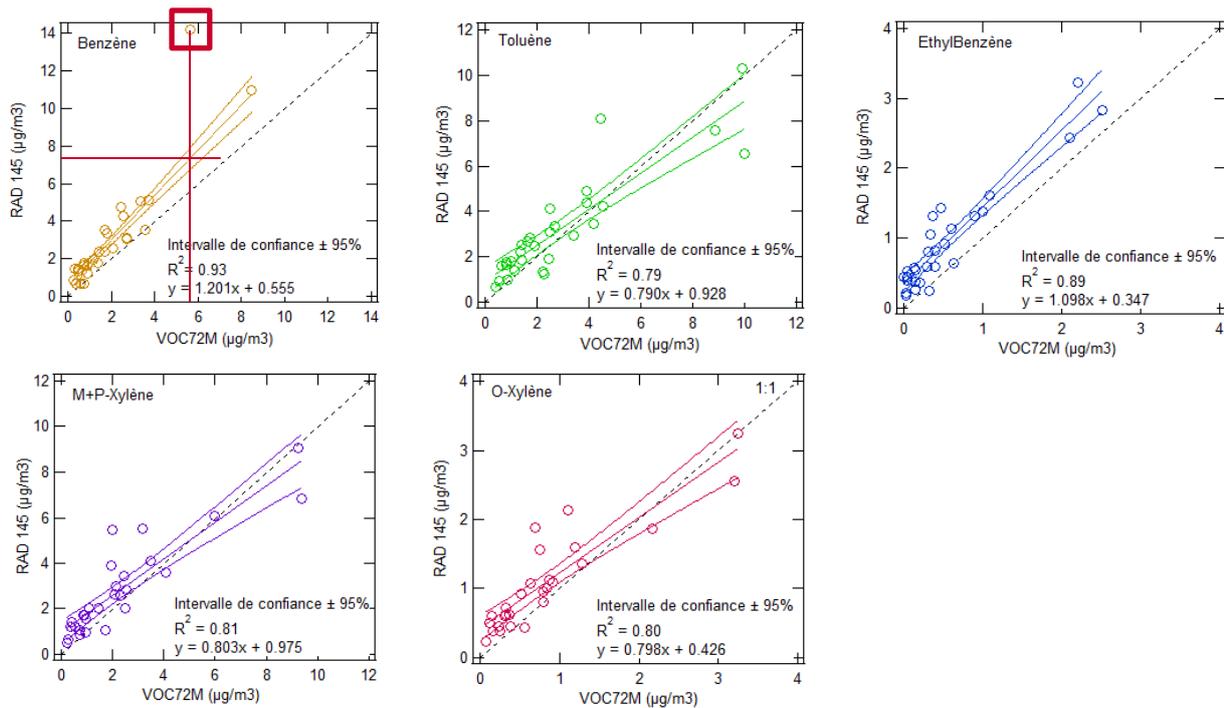
- Les sites de Berre-l'Étang (BETG) et de Martigues/Lavéra (MLVR) ont fait l'objet d'une surveillance avec les RAD145 dans le cadre de ce programme.
- Le site de Fos/Carabins (FSCB) fait l'objet d'une surveillance BTEX avec les tubes passifs RAD145 depuis 2018.
- L'échantillonnage passif des BTEX à la station la Penne-sur-Huveaune (PENNHV) a été intégré à partir de la campagne C4.

Comme le montre le graphique ci-dessous, qui présente les droites de corrélation des valeurs BTEX relevées par les deux méthodes avec un intervalle de confiance de  $\pm 95$ , **on peut observer une cohérence et une corrélation satisfaisante** entre les deux méthodes de mesures (tube passif et analyseur en continu).

<sup>7</sup> COV : composés organiques volatils

<sup>8</sup> BTEX : benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes

**Figure 9 : Corrélations linéaires entre valeurs BTEX relevées par les RAD145 et les valeurs moyennes relevées par les VOC72M**



Comme évoqué précédemment, une valeur de benzène relevée à Martigues/Lavéra est jugée aberrante au vu de la moyenne VOC72M sur la même période. C'est le point à 14 µg/m<sup>3</sup> (RAD145) contre 5.64 µg/m<sup>3</sup> (VOC72M). Il s'agit de la moyenne des triplets RAD145 relevée lors de la campagne C2.

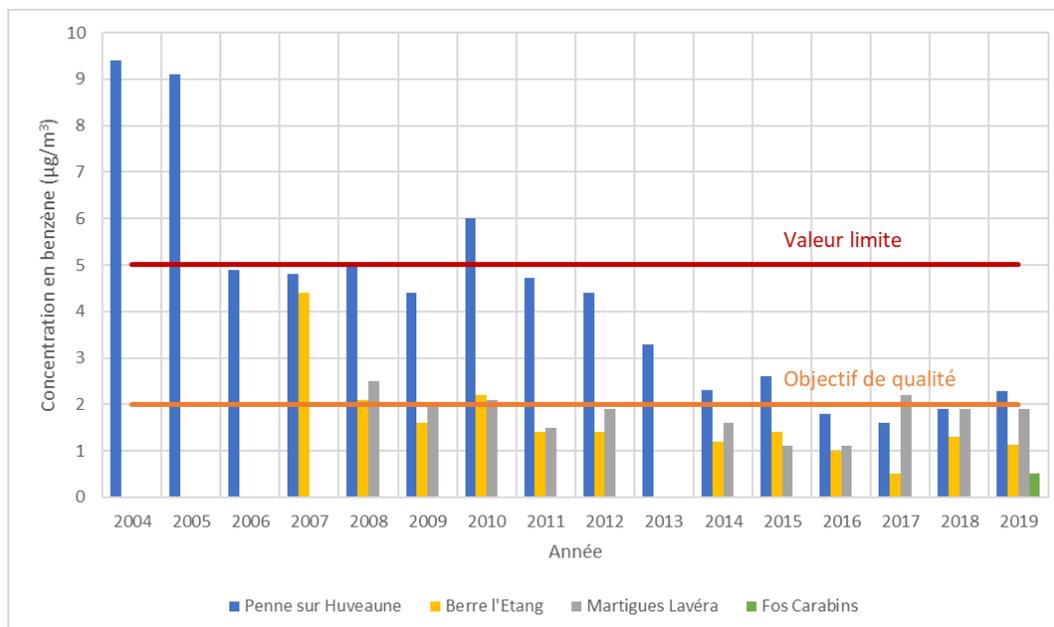
Ainsi, **dans le cadre de cette série de mesure d'octobre 2019 à mars 2020**, l'utilisation des échantillonneurs passifs Radiello® 145 fournit, par rapport aux mesures en automatique, une surestimation des valeurs du benzène avec un écart de l'ordre de 20 %, avec un biais constant de l'ordre de +0.56 µg/m<sup>3</sup>. Cela implique que les faibles concentrations peuvent être plus fortement majorées que les concentrations les plus importantes, pour lesquelles le biais constant a moins d'impact sur la valeur estimée.

## 6.1.5 Les mesures automatiques en continu

### ► Des mesures depuis 2004

Suite à l'état des lieux mené en 2001-2002, des appareils automatiques assurant une mesure en continu ont été mis en œuvre dès 2004 dans les lieux les plus impactés avec présence de sources d'émissions et bassins de vie importants : Berre-L'Étang, Martigues/Lavéra ainsi qu'à la Penne-sur-Huveaune (à l'Est de Marseille) pour suivre plus précisément les BTEX et observer la dynamique (en valeur quart-horaire). Ces appareils en continu sont basés sur un chromatographe en ligne. En 2019, le site de Fos/Carabins a été également équipé.

Figure 10 : Évolution des concentrations annuelles de benzène au niveau des 4 sites de mesure permanents



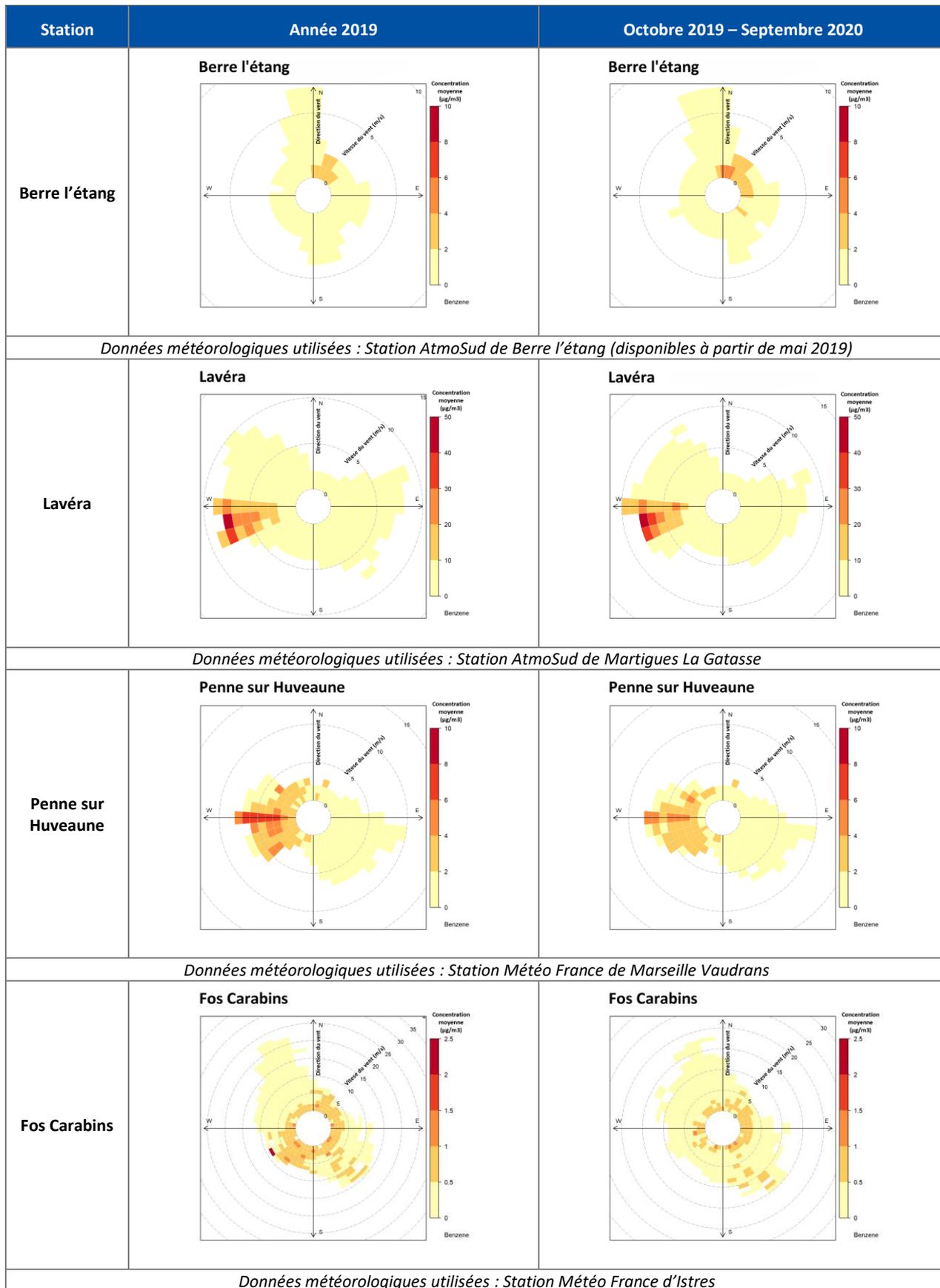
Les observations réalisées par les appareils en continu dans les zones habitées en proximité industrielle parmi les plus affectées montrent une **diminution significative** des niveaux en benzène ces dernières années en lien avec des actions de meilleure maîtrise des rejets engagées par les exploitants industriels.

### ► Rose des pollutions en benzène sur les 4 sites continus

Les roses des polluants représentent les valeurs moyennes en benzène obtenues sur l'année 2019 et sur la période d'octobre 2019 à septembre 2020 au niveau des différentes stations fixes. Elles sont présentées ci-après, et permettent d'illustrer les influences sur les niveaux des concentrations mesurées sur les stations permanentes.

Pour une meilleure lisibilité individuelle, les échelles de représentation des niveaux de benzène ont été adaptées à chaque site.

Figure 11 : Représentation des concentrations moyennes en benzène selon les conditions météorologiques





### ► Sur Berre-L'Étang :

Les niveaux les plus importants sur ce site sont observés par vents faibles d'un large secteur Nord-Est, où se situe la plateforme industrielle. Ces phénomènes sont visibles tant sur la rose des pollutions 2019 (qui commence en mai, le matériel n'étant pas disponible sur ce site avant cette date) que sur celle de la campagne d'octobre 2019 à septembre 2020.

### ► Sur Martigues/Lavéra :

La rose des pollutions montre des niveaux moyens qui proviennent de tous les secteurs de vent.

Les niveaux les plus importants proviennent exclusivement de la plateforme de Lavéra avec des régimes de vents modérés à forts de secteur ouest. Ces phénomènes sont visibles tant sur la rose des pollutions annuels 2019 que sur celle de la campagne d'octobre 2019 à septembre 2020.

### ► Sur La Penne-sur-Huveaune :

Ce site de mesure est implanté dans une zone dense en termes d'activités avec une zone commerciale, un site industriel et une autoroute. Toutes ces activités concourent au niveau de fond en benzène. La rose des pollutions illustre cette influence avec des niveaux moyens qui proviennent de tous les secteurs de vent.

Les niveaux les plus élevés sont majoritairement relevés par un large secteur ouest, ce qui place le point de mesure sous l'influence du site industriel. Ces phénomènes sont visibles tant sur la rose des pollutions annuelle 2019 que sur celle de la campagne d'octobre 2019 à septembre 2020.

### ► Sur Fos/Carabins :

Ce site de mesure est implanté en zone urbaine. La rose des pollutions illustre cette influence avec des niveaux moyens qui proviennent de tous les secteurs de vent. Il présente les niveaux de benzène les plus faibles de quatre sites de mesure automatique.

Les niveaux les plus importants (mais qui restent faibles) sont observés majoritairement par vents de sud-ouest (zone industrialo-portuaire de Fos) et plus épisodiquement par vents de sud-est (sources probables : transports routiers et plateforme de Lavéra).

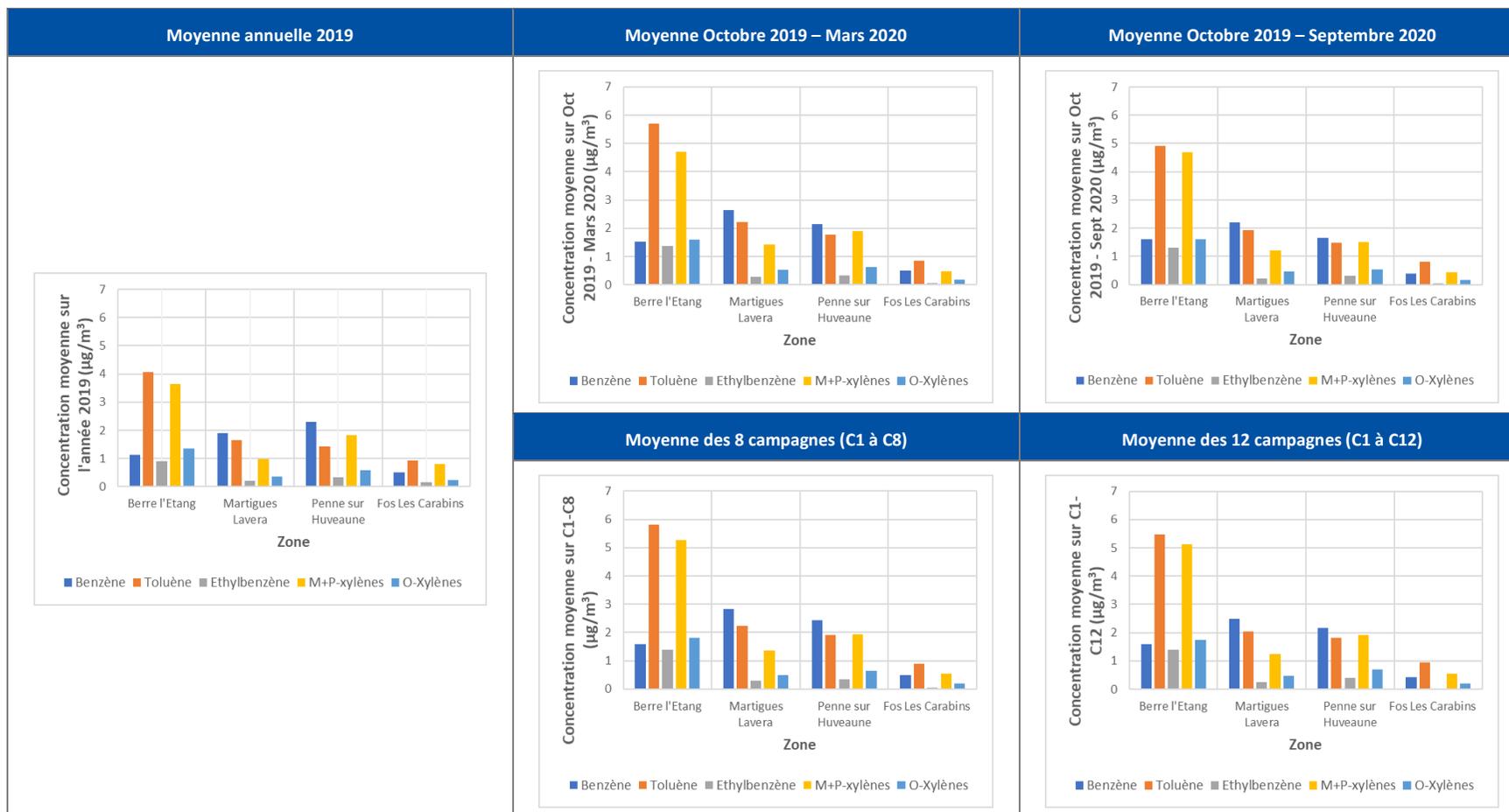
La comparaison entre les roses des pollutions de l'année 2019 et celles de la période d'octobre 2019 à septembre 2020 montre la cohérence entre les deux illustrations :

- **origine géographique identique** des concentrations les plus importantes pour chaque site,
- **niveaux moyens** cohérents.

► **Quelle représentativité de campagnes hebdomadaires ?**

Les graphiques ci-dessous permettent de représenter, par polluant (BTEX) et par période, les concentrations moyennes observées sur les différents analyseurs automatiques :

**Figure 12 : Concentrations moyennes enregistrées par les analyseurs automatiques sur différentes périodes**



Pour tous les polluants concernés par la surveillance automatique sur les 4 stations prises en compte, il apparaît que les moyennes obtenues pour toutes les stations sur les campagnes de mesures C1-C8 et C1-C12 sont cohérentes avec celles généralement observées sur des périodes plus longues ou sur la période annuelle 2019.

## 6.2 Résultats du 1,2-dichloroéthane

Les concentrations du 1,2-dichloroéthane sont calculées selon le débit d'échantillonnage correspondant aux conditions standards de température et d'humidité (Voir annexe 1).

Comme évoqué précédemment, la mesure du DCE par échantillonnage passif constitue une méthode qualitative dont le but est de fournir des informations spatiale et temporelle à titre exploratoire sur un territoire.

### 6.2.1 Résultats bruts par échantillonnage passif

Les résultats des mesures du 1,2-DCE obtenues sur les douze campagnes sont présentés dans le tableau ci-dessous :

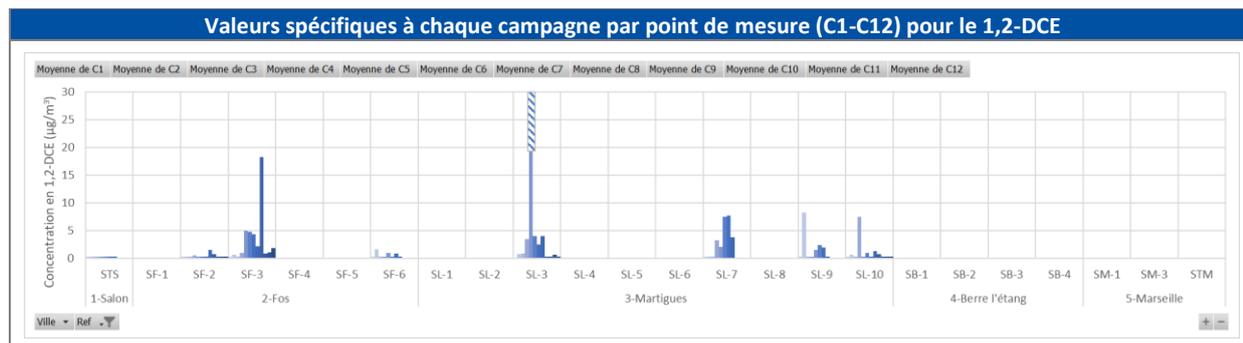
**Tableau 18 : Relevés des concentrations en 1,2-dichloroéthane en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par site sur les douze campagnes et valeurs moyennes**

Zone	Ref	Site	Campagnes d'octobre 2019 à mars 2020								Campagnes estivales de juillet à septembre 2020				
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	
Blancs		Blancs de lots	< LQ								< LQ				
		Blancs de terrain	< LQ								< LQ				
Témoïn	STS	Salon-de-Provence	perdu	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			perdu	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			Moyenne des répliqués	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
Fos-sur-Mer	SF-2	Fos/Carabins	0.26	0.26	0.26	0.54	0.26	0.26	0.26	1.47	0.71	0.26	0.26	0.26	
			n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	0.63	0.26	0.26	0.26	
			n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	0.78	0.26	0.26	0.26	
		Moyenne des répliqués	0.26	0.26	0.26	0.54	0.26	0.26	0.26	1.47	0.71	0.26	0.26	0.26	
		SF-3	Fos/terminal containers	0.26	0.62	0.26	0.95	4.93	4.79	4.29	2.16	18.22	0.80	1.04	1.78
	SF-6	Port St Louis	0.26	1.59	0.26	0.26	0.94	0.26	0.89	0.26	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
Martigues	SL-3	Martigues/Caravelle	indisp	0.72	0.82	3.46	v > 19	4.02	2.50	3.98	0.25	0.26	0.65	0.25	
			n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	0.25	0.26	0.58	0.25	
			n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	0.25	0.26	0.81	0.25	
			Moyenne des répliqués	indisp	0.72	0.82	3.46	v > 19	4.02	2.50	3.98	0.25	0.26	0.68	0.25
		SL-7	Martigues/St Pierre	0.26	0.26	0.26	3.21	2.04	7.46	7.66	3.73	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-9	Martigues/Lavéra	0.26	Inv	0.26	0.26	inv	2.28	2.38	0.26	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
			0.26	8.73	0.26	0.26	1.44	2.71	1.55	0.26	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
			0.26	7.83	0.26	0.26	1.45	2.10	1.89	0.26	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
			Moyenne des répliqués	0.26	8.30	0.26	0.26	1.44	2.36	1.94	0.26	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-10	Port de Bouc/Lèque	0.26	0.58	0.26	7.42	0.26	0.97	0.26	1.27	0.67	0.26	0.26	0.26	
n.m.			n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	0.76	0.26	0.26	0.26		
n.m.			n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	0.76	0.26	0.26	0.26		
		Moyenne des répliqués	0.26	0.58	0.26	7.42	0.26	0.97	0.26	1.27	0.73	0.26	0.26	0.26	

Indisp : point de mesure indisponible sur la première campagne de mesures (non accessible) / inv : Valeur invalidée / n.m. : non mesuré

Les concentrations en 1,2-DCE en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur les douze campagnes (de C1 à C12) selon les sites échantillonnés et les concentrations moyennes sont présentées ci-dessous :

**Figure 13 : Concentrations en 1,2-DCE sur les douze campagnes selon les sites échantillonnés**



### Zoom sur quelques points particuliers :

- Campagne C2 :

Les vents faibles (sans direction notable) à modérés de secteur Ouest sur C2 placent le site de Lavéra sous les vents de la plateforme industrielle, comme observé aussi pour le benzène.

- Campagne C5 :

La valeur relevée pendant cette campagne sur le site de Caravelle (SL-3) est très élevée au vu des valeurs relevées sur les autres campagnes pendant la campagne. Ce lieu a montré au cours de ces séquences de mesures pouvoir être une zone où des phénomènes de pollution d'origine industrielle se déroulent tant en DCE qu'en benzène ou toluène avec des directions du vent d'un large secteur Nord (nord-nord-ouest à nord-nord-est) comme ce fut le cas lors de la semaine C5.

En effet, la direction du vent sur la semaine de la campagne C5 était essentiellement de provenance du Nord (Annexe 2, C5), conditions favorables à une exposition du site de Martigues/Caravelle aux émissions de 1,2-dichloroéthane liées à la plateforme de Lavéra. Cela est probablement le reflet d'un épisode de pollution sans qu'il soit possible avec les moyens techniques utilisés d'en donner l'ampleur. L'observation des conditions ambiantes lors de la campagne C5 fait apparaître une température moyenne de 8°C, proche des « conditions basses » du guide du LCSQA qui préconise alors d'utiliser un débit d'échantillonnage de 17 ml/min pour calculer la concentration et non un débit d'échantillonnage de 7,7 ml/min correspondant à des « conditions standards » de température et d'humidité (20°C et 52 % HR) comme cela a été fait pour les autres séries de mesures. La concentration C5 ainsi obtenue suivant les « conditions basses » est de 19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur le site de Martigues/Caravelle. Il est donc proposé de retenir comme concentration en DCE sur le site de **Martigues/ Caravelle pour la série C5 une concentration > 19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  qui semble plus en adéquation avec les conditions ambiantes de la semaine C5. **Ainsi, sur ce site, la valeur moyenne sur les 12 campagnes est  $\geq 3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

- Campagne C9 :

La valeur relevée pendant cette campagne sur le site de Fos/Terminal Containers (SF-3) est élevée au vu des valeurs relevées sur les autres campagnes pendant la campagne. Ce lieu a montré, au cours de ces séquences de mesures, pouvoir être une zone où des phénomènes de pollution d'origine industrielle se déroulent, avec des valeurs comprises entre 2 et 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 1,2-DCE en moyenne sur les campagnes C5 à C8. Cependant, des opérations de bitumage à proximité immédiate du point de mesures sur l'ensemble de la période C9 ont conduit à approfondir l'examen de cette valeur. Suite à des échanges avec le laboratoire d'analyse, après étude des chromatogrammes, il n'y aurait pas de phénomène de coélution pouvant quantifier une autre substance que le 1,2-DCE. L'analyse des données bibliographiques indiquent que les opérations de bitumage ne sont théoriquement pas à l'origine d'émission de 1,2-DCE, comme l'indiquent les fiches INRS<sup>9</sup> et des documents de l'AP42<sup>10</sup> relatifs à ce type d'activité. Ainsi, cette valeur a été jugée valide.

<sup>9</sup> [https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol/fiche.html?refINRS=METROPOL\\_2](https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol/fiche.html?refINRS=METROPOL_2)

<sup>10</sup> <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch11/final/c11s01.pdf>

## 6.2.2 Concentrations moyennes pendant les campagnes

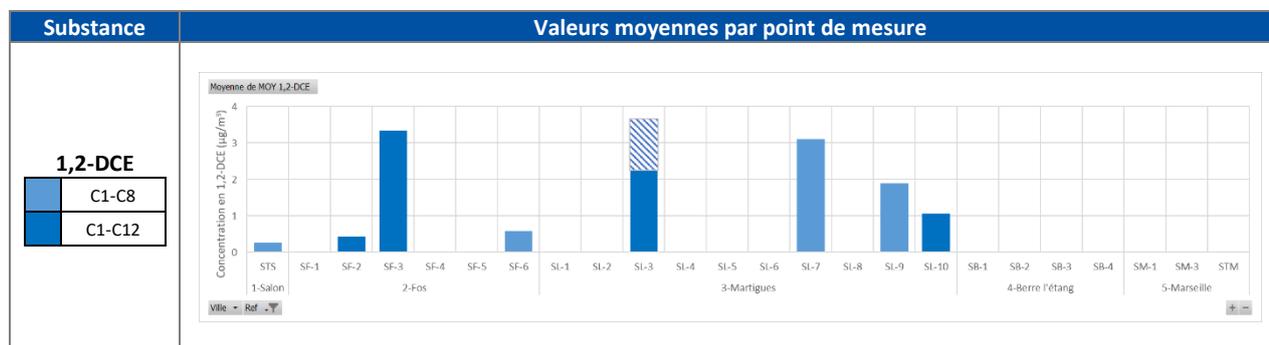
Au vu des prélèvements et des analyses des échantillonneurs passifs pour le 1,2-DCE :

- La plus importante concentration moyenne est relevée à Martigues/Caravelle (SL-3), en lien avec un pic observé lors de la campagne C5. Lors de cette campagne, les vents à Martigues étaient majoritairement faibles de secteur Nord à Nord-Est, avec ponctuellement quelques vents plus forts de secteur Nord-Ouest (mistral).
- Hormis ce pic, les niveaux les plus importants sont généralement observés à Martigues/St-Pierre (SL-7) et Fos/Terminal containers (SF-3).
- Le site témoin de Salon-de-Provence présente des concentrations moyennes sur la totalité des campagnes inférieure à la limite de quantification (la moyenne attribuée est alors égale à LQ/2). Ces niveaux très faibles sont expliqués par l'origine industrielle du 1,2-DCE et la caractéristique même du site de Salon-de-Provence choisi comme témoin en raison de son éloignement aux sources industrielles.

**Tableau 19 : Relevés des concentrations en 1,2-dichloroéthane en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par site sur les douze campagnes et valeurs moyennes**

Zone	Ref	Site	Valeur moyenne C1-C8	Valeur moyenne C1-C12
Blancs		Blancs de lots	< LQ	< LQ
		Blancs de terrain	< LQ	< LQ
Témoin	STS	Salon-de-Provence	0.26	n.m.
Fos-sur-Mer	SF-2	Fos/Carabins	0.45	0.42
	SF-3	Fos/terminal containers	2.28	3.34
	SF-6	Port-St-Louis	0.59	n.m.
Martigues	SL-3	Martigues/Caravelle	vm $\geq$ 4.93	vm $\geq$ 3.27
	SL-7	Martigues/St-Pierre	3.11	n.m.
	SL-9	Martigues/Lavéra	1.88	n.m.
	SL-10	Port de Bouc/Lèque	1.41	1.07

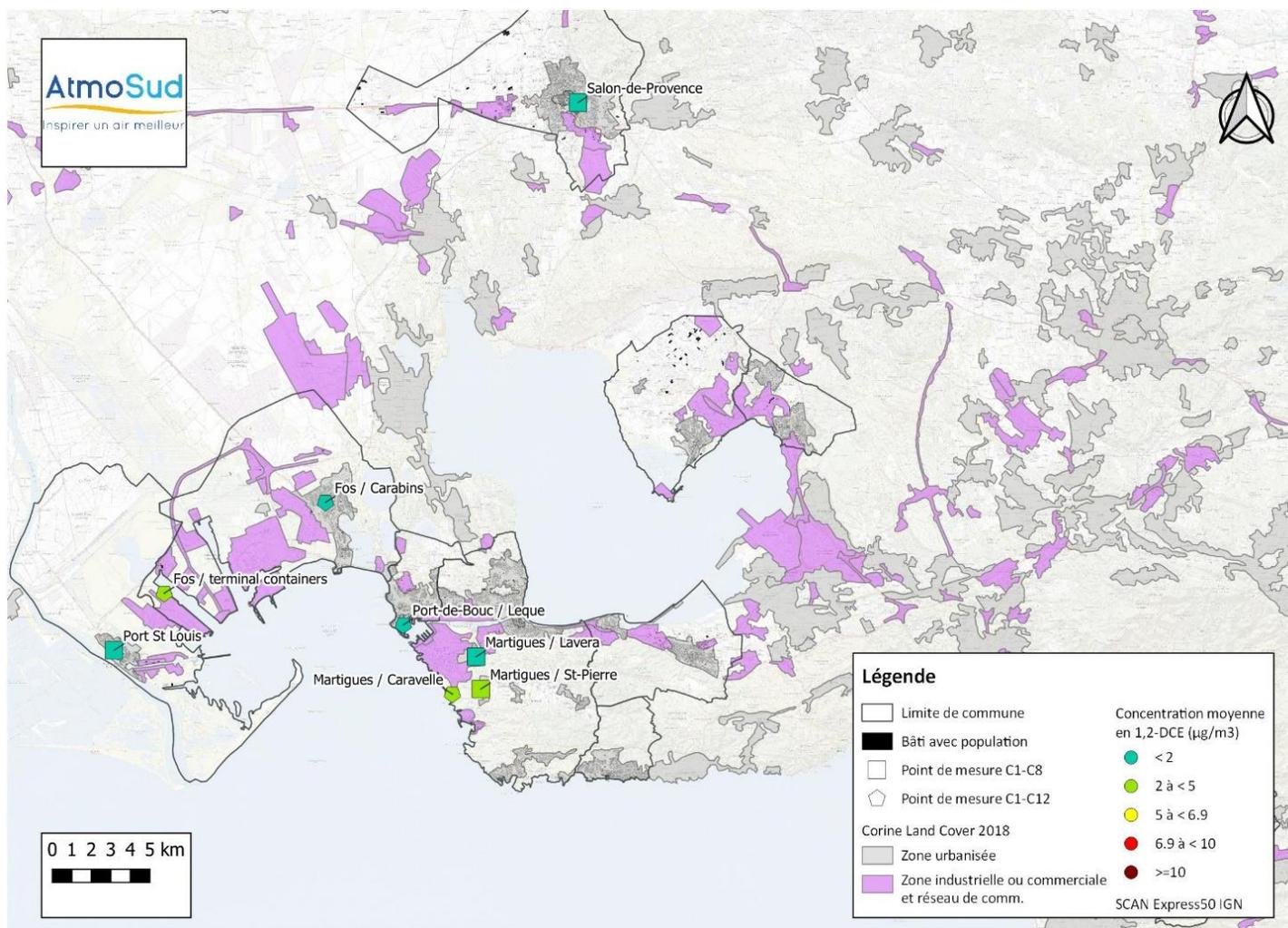
**Figure 14 : Concentrations en 1,2-DCE sur les douze campagnes selon les sites échantillonnés**



### 6.2.3 Représentation cartographique des résultats

Les résultats sont présentés ci-après au format cartographique :

Figure 15 : Représentation géographique des concentrations moyennes en 1,2-dichloroéthane



## 6.3 Résultats du 1,3-butadiène

Les concentrations du 1,3-butadiène sont calculées selon le débit d'échantillonnage correspondant aux conditions standards de température et d'humidité (Voir annexe 1).

Comme évoqué précédemment, la mesure du 1,3-butadiène par échantillonnage passif constitue une méthode qualitative donc le but est de fournir des informations spatiale et temporelle à titre exploratoire sur un territoire.

NB1 : Les appareils automatiques dont dispose AtmoSud fournissent aussi une information pour butadiène. Cette information est indicative en raison de la co-élution sur ce paramètre, menant à une surévaluation des concentrations. Pour cette raison, les résultats de cette étude par échantillonnage passif ne seront pas comparés aux mesures en automatique pour le 1,3-butadiène.

NB2 : Au moment de la rédaction de ce rapport, l'étude menée par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) sur le site de Berre-L'Étang n'a pas été publiée ; ses résultats ne peuvent pas être présentés ici. **Les premiers résultats des travaux du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA), sur le site de Berre-L'Étang en 2019, semblent montrer une sous-estimation parfois significative des concentrations par les techniques de prélèvement par voie passive. Ce constat est déjà relevé dans des travaux publiés dans la littérature scientifique disponible.**

### 6.3.1 Résultats bruts par échantillonnage passifs

Le Tableau 20 présente les relevés des concentrations EN 1,3-butadiène en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur les douze campagnes.

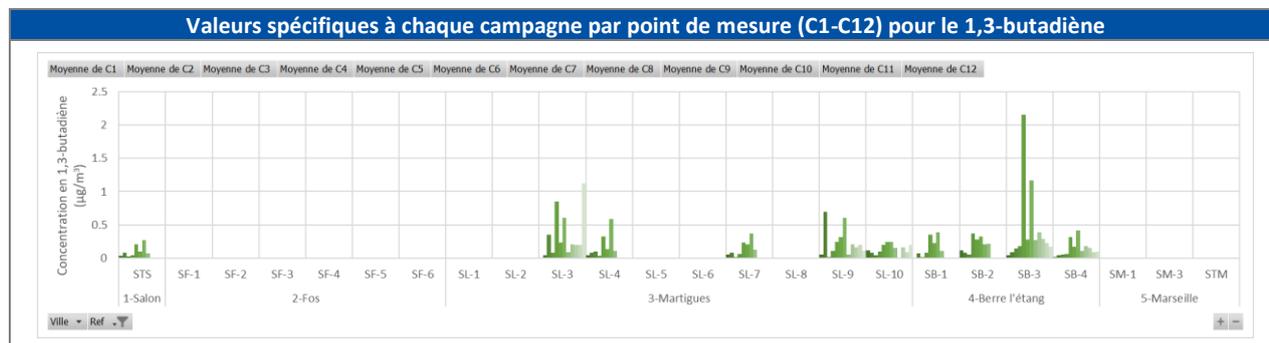
**Tableau 20 : Relevé des concentrations en 1,3-butadiène en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par site sur les douze campagnes**

Zone	Ref	Site	Campagne d'octobre 2019 à mars 2020								Campagnes de juillet à septembre 2020			
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Blancs		Blancs de lots	< LQ								< LQ			
		Blancs de terrain	< LQ								< LQ			
Témoïn	STS	Salon-de-Provence	perdu	0.08	0.03	0.04	0.22	0.10	0.32	0.02	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			perdu	0.09	0.03	0.05	0.21	0.11	0.27	0.03	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			0.04	0.06	0.03	0.05	0.22	0.10	0.23	0.16	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
		<b>Moyenne des répliqués</b>	<b>0.04</b>	<b>0.08</b>	<b>0.03</b>	<b>0.05</b>	<b>0.21</b>	<b>0.10</b>	<b>0.27</b>	<b>0.07</b>	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
Martigues	SL-3	Martigues/Caravelle	indisp	0.04	0.36	0.08	0.85	0.23	0.61	0.09	0.20	0.20	0.20	1.12
	SL-4	Martigues/Rénaïres	0.04	0.08	0.10	0.04	0.33	0.14	0.59	0.11	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-7	Martigues/St-Pierre	0.05	0.08	0.02	0.07	0.23	0.21	0.37	0.13	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-9	Martigues/Lavéra	0.06	0.62	0.02	0.12	0.22	0.35	0.61	0.04	0.21	0.16	0.20	0.11
			0.06	0.69	0.01	0.12	0.22	0.29	0.63	0.03	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			0.06	0.81	0.02	0.09	0.29	0.30	0.59	0.10	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	<b>Moyenne des répliqués</b>	<b>0.06</b>	<b>0.71</b>	<b>0.02</b>	<b>0.11</b>	<b>0.24</b>	<b>0.31</b>	<b>0.61</b>	<b>0.05</b>	<b>0.21</b>	<b>0.16</b>	<b>0.20</b>	<b>0.11</b>	
SL-10	Port-de-Bouc/Lèque	0.12	0.08	0.05	0.10	0.20	0.25	0.24	0.15	n.m.	0.16	0.09	0.20	
Berre-L'Étang	SB-1	Rognac/Ville	0.01	0.08	0.02	0.08	0.35	0.23	0.39	0.11	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SB-2	St-Estève	0.12	0.08	0.05	0.37	0.28	0.33	0.21	0.21	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SB-3	Berre-l'Étang	0.08	0.10	0.13	0.19	2.47	0.28	perdu	0.3	0.36	0.30	0.24	0.20
			0.01	0.08	0.16	0.18	2.28	0.29	1.17	0.3	0.32	0.28	0.19	0.14
			0.04	0.10	0.15	0.17	1.73	0.29	perdu	0.2	0.49	0.29	0.25	0.17
	<b>Moyenne des répliqués</b>	<b>0.04</b>	<b>0.09</b>	<b>0.15</b>	<b>0.18</b>	<b>2.16</b>	<b>0.28</b>	<b>1.17</b>	<b>0.27</b>	<b>0.39</b>	<b>0.29</b>	<b>0.23</b>	<b>0.17</b>	
SB-4	Rognac/Barjaquets	0.02	0.04	0.05	0.06	0.32	0.17	0.42	0.11	0.18	0.15	0.09	0.10	

Indisp : point de mesure indisponible sur la première campagne de mesures (non accessible) / inv : Valeur invalidée / n.m. : non mesuré

Les concentrations en 1,3-butadiène en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur les douze campagnes (de C1 à C12) selon les sites échantillonnés et les concentrations moyennes sont présentées ci-dessous :

**Figure 16 : Concentrations en 1,3-butadiène sur les douze campagnes selon les sites échantillonnés**



### 6.3.2 Concentrations moyennes pendant les campagnes

Les concentrations en 1,3-butadiène en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur les douze campagnes (de C1 à C12) selon les sites échantillonnés et les concentrations moyennes sont présentées ci-dessous :

**Tableau 21 : Concentrations moyennes en 1,3-butadiène en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par site sur les huit et douze campagnes**

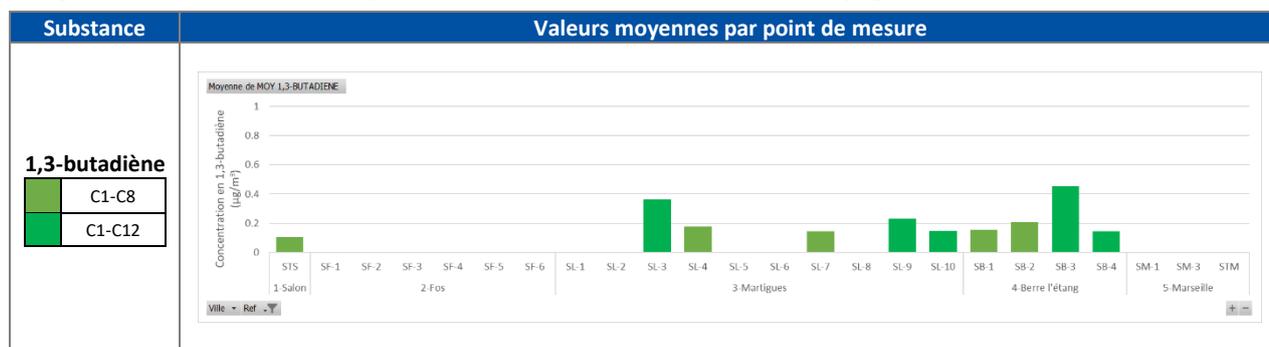
Zone	Ref	Site	Valeur moyenne C1-C8	Valeur moyenne C1-C12
Blancs		Blancs de lots	< LQ	< LQ
		Blancs de terrain	< LQ	< LQ
Témoïn	STS	Salon-de-Provence	0.11	n.m.
Martigues	SL-3	Martigues/Caravelle	0.32	0.36
	SL-4	Martigues/Rénaïres	0.18	n.m.
	SL-7	Martigues/St-Pierre	0.14	n.m.
	SL-9	Martigues/Lavéra	0.26	0.23
	SL-10	Port-de-Bouc/Lèque	0.15	0.15
Berre-L'Étang	SB-1	Rognac/Ville	0.16	n.m.
	SB-2	St-Estève	0.21	n.m.
	SB-3	Berre-l'Étang	0.54	0.45
	SB-4	Rognac/Barjaquets	0.15	0.14

Indisp : point de mesure indisponible sur la première campagne de mesures (non accessible) / inv : Valeur invalidée / n.m. : non mesuré

Au vu des prélèvements et des analyses des échantillonneurs passifs pour le 1,3-butadiène :

- La plus importante concentration moyenne est relevée à Berre-l'Étang (SB-3), en lien avec une valeur plus importante lors des campagnes C5 et C7.
- Des autres valeurs ponctuellement notables peuvent être observés à Martigues/Caravelle (SL-3) et Lavéra (SL-9),
- Le site témoin de Salon-de-Provence présente des concentrations moyennes sur la totalité des campagnes les plus faibles. Ces niveaux très faibles sont expliqués par l'origine industrielle du 1,3-butadiène et la caractéristique même du site de Salon-de-Provence choisi comme témoin en raison de son éloignement aux sources industrielles.

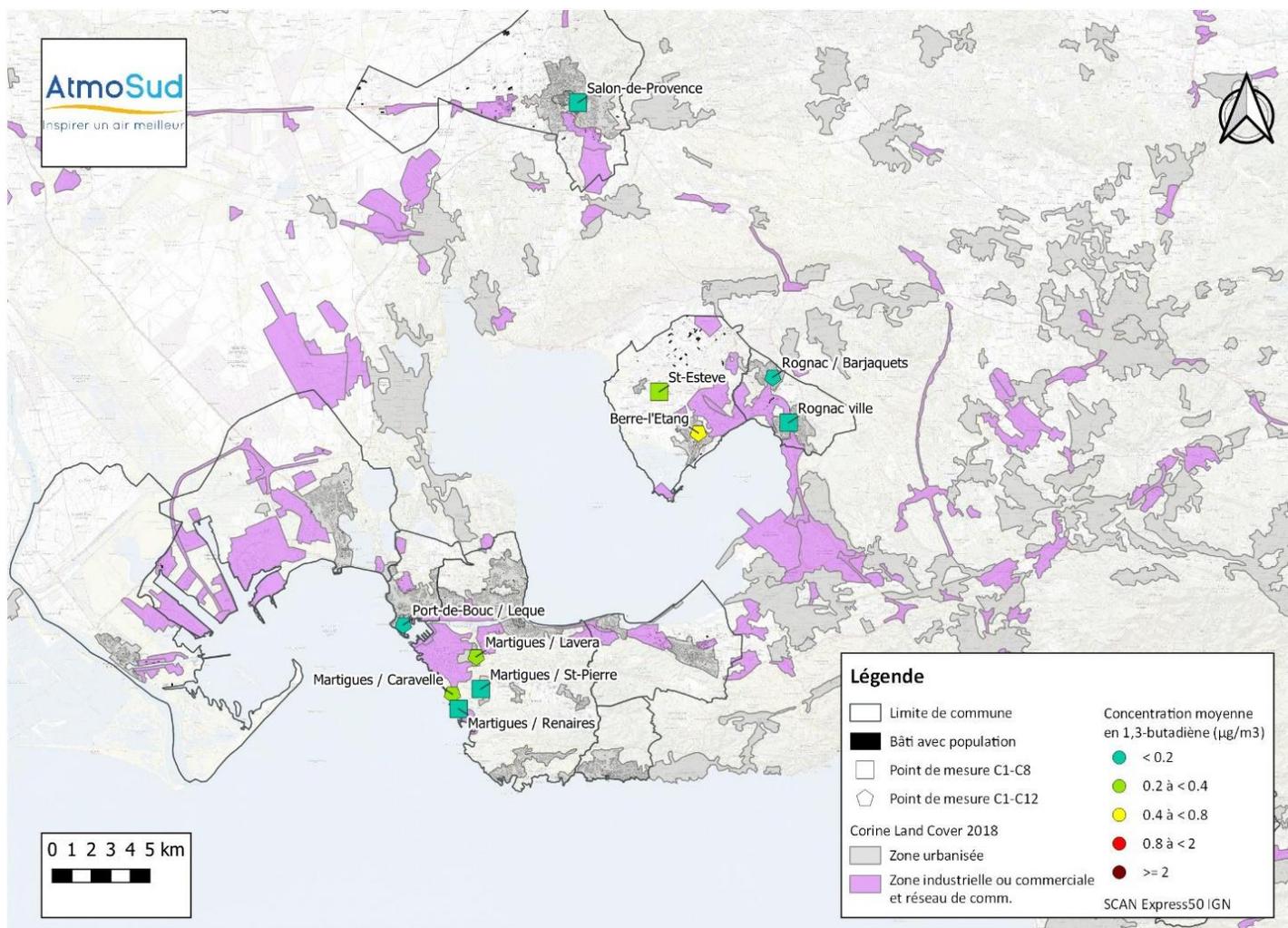
**Figure 17 : Concentrations moyennes en 1,3-butadiène sur les douze campagnes selon les sites échantillonnés**



### 6.3.3 Représentation cartographique des résultats

Ces résultats sont présentés ci-dessous au format cartographique :

Figure 18 : Représentation géographique des concentrations moyennes en 1,3-butadiène



## 7. Conclusions

### ► Contexte

Dans un objectif de renforcement de la protection environnementale dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (région sud), des arrêtés préfectoraux (AP), prescrits par l'administration, ont ciblé certains Composés Organiques Volatils (COV). Ces COV sont choisis en raison de leurs caractères cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR). Ces AP COV CMR sont entrés en vigueur à partir de l'été 2018.

### ► Méthode

Afin de respecter au mieux les exigences des AP COV CMR et de réaliser des mesurages fiables et représentatifs, la méthodologie proposée est basée sur une **technique qualitative**, par des échantillonneurs passifs, largement répartis sur le territoire : points d'intérêts ciblés par les arrêtés préfectoraux et sites de référence non influencés afin d'établir des comparaisons.

La campagne de mesure a été menée à l'aide de tubes à diffusion passive :

- Radiello® 145 pour les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes) et le 1,2-Dichloroéthane (ou 1,2-DCE). La méthode est normalisée pour le benzène, [NF EN 14662-4 - Novembre 2005](#).
- Radiello® 141 pour le 1,3-butadiène. La méthode présentée par les travaux de Strandberg et al. 2005 et 2006 a fait l'objet d'une campagne d'évaluation dans des conditions réelles d'exposition en 2019 par le LCSQA-I'IMT de Douai et AtmoSud à Berre-L'Etang.

Les analyses sont réalisées par un laboratoire partenaire, TERA Environnement, par ATD-GC-MS : Automated Thermal Desorption Gas Chromatography Mass Spectrometry.

Il est important de préciser les points suivants, concernant la mise en œuvre des prélèvements par le biais des échantillonneurs passifs :

- Cette méthode est uniquement normalisée pour le benzène, : NF EN 14662-4 - Novembre 2005,
- **Cette méthode est largement utilisée pour le 1,2-dichloroéthane (DCE) et le 1,3-butadiène sans être confirmée ou validée par une norme métrologique. Concernant le 1,3-butadiène, les premiers résultats des travaux du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA), sur le site de Berre-L'Étang, semblent montrer une sous-estimation parfois significative des concentrations par les techniques de prélèvement par voie passive. Ce constat est déjà relevé dans des travaux publiés dans la littérature scientifique disponible.**

**De ce fait, la mesure par échantillonnage pour ces deux composés est exploratoire et indicative. Les mesures ont pour objet d'évaluer la distribution spatiale fine de ces COV dans un objectif d'aide à la décision, notamment pour mettre en évidence plus précisément les secteurs les plus impactés.**

Dans sa première phase initiée en octobre 2019, le plan d'échantillonnage élaboré a ciblé prioritairement la surveillance du benzène, du 1,2-dichloroéthane et du 1,3-butadiène sur 24 sites. L'échantillonnage a été réalisé à l'aide de tubes à diffusion passifs Radiello®. Au total 8 campagnes, sur une période totale de 6 mois menée d'octobre 2019 à mars 2020, ont été menées selon un protocole d'échantillonnage d'une durée d'exposition de 7 jours à raison d'un échantillonnage toutes les 3 à 4 semaines.

Puis, dans sa seconde phase « estivale » menée post-confinement (entre juillet et septembre 2020), des mesures complémentaires **sur les mêmes substances** ont été menées afin de prendre en compte des phénomènes météorologiques non représentés lors des 6 premiers mois « hivernaux » mais également les réactions chimiques potentielles liées à ces polluants volatils.

## ► Conditions météorologiques

L'analyse des roses des vents, de la température et de la pluviométrie montre que les conditions météorologiques pendant la série de 12 prélèvements hebdomadaires sont représentatives des périodes météorologiques au cours de laquelle elle a été réalisée. Ils fournissent donc une bonne couverture météorologique de la période octobre 2019-septembre 2020.

## ► Corrélation des mesures tubes passifs/analyseurs

Pour la surveillance des COV et notamment des BTEX, quatre stations AtmoSud sont équipées d'une chromatographie gazeuse couplée à un détecteur à photo-ionisation (GC-PID) de type VOC72M-envea : Berre-L'Étang (BETG), Fos Carabins (FSCB), Martigues/Lavéra (MLVR) et la station de la Penne-sur-Huveaune (PENNHV). Ils permettent une surveillance en continu des concentrations BTEX en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Dans le cadre de cette série de mesure d'octobre 2019 à mars 2020, les droites de corrélation avec un intervalle de confiance de  $\pm 95\%$  **permettent d'observer une cohérence et une corrélation satisfaisante** entre les deux méthodes de mesures (tube passif et analyseur en continu).

## ► Résultats

Au vu des prélèvements et analyses par échantillonnages passifs ;

Pour le benzène :

- Seul le site SF-1 présente, sur les douze campagnes menées, une valeur moyenne proche de la valeur limite annuelle de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Les sites dont les valeurs moyennes sont proches de l'objectif annuel de qualité de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mais inférieures à la valeur limite sont :
  - Dans la zone de Fos : SF-4
  - Dans la zone de Martigues : Martigues/Caravelle (SL3), Martigues/Lavéra (SL9), Châteauneuf/La Mède (SL1) et Martigues/St-Pierre (SL7)
  - Dans la zone de Berre : Berre-L'Étang (SB3)
  - Dans la zone de Marseille : Château-St-Antoine (SM1), le site témoin à la Penne-sur-Huveaune (STM) et la station de la Penne-sur-Huveaune (SM3)
- Les sites suivants présentent une valeur faible, plus importante que le site témoin de Salon-de-Provence :
  - Dans la zone de Fos : Plage de Cavaou (SF5)
  - Dans la zone de Martigues : Martigues/le Pati (SL5), Martigues/Rénares et Port de Bouc/Lèque (SL10),
  - Dans la zone de Berre : Rognac/Ville,
- Les autres sites présentent une valeur moyenne comparable ou inférieure à celle relevée sur le site témoin de Salon-de-Provence.

Pour le 1,2-dichloroéthane :

- La plus importante concentration moyenne est relevée à Martigues/Caravelle (SL-3), en lien avec un pic observé lors de la campagne C5.
- Hormis ce point, les niveaux les plus importants sont ensuite observés à Martigues/St-Pierre (SL-7) et Fos/Terminal containers (SF-3), en lien également avec une valeur ponctuelle importante.
- Le site témoin présente des concentrations moyennes inférieure à la limite de quantification sur la totalité des campagnes.

Pour le 1,3-butadiène :

- La plus importante concentration moyenne est relevée à Berre-L'Étang (SB-3), en lien avec une valeur plus importante lors des campagnes C5 et C7.
- D'autres valeurs ponctuellement notables peuvent être observés à Martigues/Caravelle (SL-3) et Martigues/Lavéra (SL-9),
- Le site témoin présente des concentrations moyennes les plus faibles sur la totalité des campagnes.

# ANNEXES

## ANNEXE 1 Expression des résultats

L'analyse des cartouches Radiello® permet de déterminer la masse du composé échantillonné en nanogramme (ng) relevée au cours de la durée d'exposition du tube.

La concentration des BTEX, 1,2-dichloroéthane et 1,3-butadiène dans les conditions d'exposition du tube est déterminée à partir de l'équation générale, dérivée de la 1<sup>ère</sup> loi de Fick, qui s'applique à tout type d'échantillonneur passif.

### ► Calculs des concentrations

Connaissant le débit d'échantillonnage, la concentration, C en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , moyennée sur la durée de prélèvement est calculée selon la relation suivante :

$$C = \frac{m_{\text{ech}} \times 10^3}{D_{\text{ech}} \times t}$$

Avec

- $m_{\text{ech}}$  : masse du composé échantillonné en ng,
- $D_{\text{ech}}$  : Débit d'échantillonnage spécifique au composé échantillonné en ml/min,
- et t : durée de prélèvement en min.

### ► Débits d'échantillonnage

#### ► Pour les BTEX

Les débits d'échantillonnage utilisés pour le calcul des concentrations en BTEX échantillonnés sur une durée de 7 jours sont donnés par le tableau suivant (NF EN 14662-4 :2005 pour le benzène) :

**Tableau 22 : Débits d'échantillonnage des BTEX**

Composé	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	M+P-Xylène	O-Xylène
Dech	Dech = $31,4 - 0,18 \times T$	30	25.7	26.6	24.6

Le débit d'échantillonnage utilisé pour le benzène est celui donné par le LCSQA dans le guide méthodologique pour la surveillance du benzène dans l'air ambiant (version 2014)<sup>11</sup>. **Il dépend de la température moyenne T relevée au cours des 7 jours de prélèvement.**

Les débits d'échantillonnage pour le toluène, Ethylbenzène et Xylènes sont ceux déterminés par la Fondation Salvatore Maugeri (FSR).

Pour chaque campagne de mesure, le débit d'échantillonnage du benzène a été calculé selon la formule fournie et avec l'aide des températures relevées sur le site Météo France d'Istres.

Dans l'expressions finale des résultats, les concentrations des BTEX sont ramenées aux conditions standard de pression et de température en tenant compte de la température moyenne réellement relevée lors de la semaine de prélèvement (NF EN 14662-4 :2005 pour le benzène).

<sup>11</sup> LCSQA- Guide méthodologique pour la surveillance du benzène dans l'air ambiant (version 2014)

Pour normaliser les concentrations, l'équation suivante est appliquée :

$$C_{p,T} = C \times \frac{101.3 \times T}{P_{atm} \times 293}$$

Avec :

- $C_{p,T}$  : Concentration en  $\mu\text{g.m}^{-3}$  ramenée aux conditions standard de température et de pression
- $P_{atm}$  : Pression atmosphérique moyenne lors du prélèvement en kPa
- $T$  : Température moyenne lors du prélèvement en Kelvin

#### ► Pour le 1,2-dichloroéthane

Dans une étude présentée en novembre 2007 dans un rapport LCSQA – Ecole des mines de Douai (actuellement IMT de Douai)<sup>12</sup> intitulée mesure des COV toxiques chlorés par échantillonnage passif, trois débits d'échantillonnage sont présentés pour le 1,2-dichloroéthane selon des conditions contrôlées de concentrations, d'humidité relative, de température et de vitesse de vent pour un échantillonnage de 7 jours. Ces conditions sont nommées conditions standard, conditions « hautes » et conditions « basses ». Les débits d'échantillonnage correspondant sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 23 : Débits d'échantillonnage du 1,2-dichloroéthane pour un prélèvement passif par RAD 145 dans les trois conditions.**

Paramètre	Conditions standard	Conditions « hautes »	Conditions « basses »
Températures (°C)	20	30	10
Humidité relative (%)	52	80	22
Vitesse de vents (m/s)	0.7	0.8	0.6
<b>Débits d'échantillonnage (ml/min)</b>	<b>7.7</b>	<b>2.3</b>	<b>17</b>

**Les paramètres environnementaux ont une influence très importante sur le débit d'échantillonnage du 1,2-dichloroéthane.**

Le débit d'échantillonnage utilisé pour le calcul des concentrations du 1,2-dichloroéthane pour un échantillonnage de 7 jours est 7,7 ml/min, correspondant aux conditions standards.

La mesure du 1,2-dichloroéthane par échantillonnage passif RAD 145 est une mesure **qualitative** en raison de l'impact des conditions environnantes sur le débit d'échantillonnage. L'incertitude-types sur les débits d'échantillonnage est de 87% et l'incertitude sur les concentrations est supérieur à 100%

#### ► Pour le 1,3-butadiène

Pour le 1,3-butadiène, Strandberg et al. 2005<sup>13</sup>, ont défini de manière expérimentale des débits d'échantillonnage pour **1 et 7 jours d'exposition** pour un prélèvement passif par RAD 141 (Carbopack X).

**Le débit d'échantillonnage présenté est en moyenne de 4.9 ml/min** pour une exposition de 7 jours contre 22 ml/min pour 1 jour d'exposition. Cette variation de débit selon la durée d'exposition est due selon Strandberg et al. 2005 au phénomène de rétrodiffusion.

<sup>12</sup> LCSQA – Mesure des COV Toxiques Chlorés par échantillonnage passif – Novembre 2007

<sup>13</sup> Strandberg, Bo, et al. (2005) "Evaluation of two types of diffusive samplers and adsorbents for measuring 1,3-butadiene and benzene in air. « *Atmospheric Environment* » 39.22 : 4101-4110.

Strandberg et al. 2006<sup>14</sup> ont défini un **domaine de confiance pour l'utilisation des Radiello® 141, compris entre la limite de détection et 2 µg/m<sup>3</sup>**. Pour des concentrations plus importantes, cette méthode devient, selon les auteurs, **moins quantitative en raison du phénomène de rétrodiffusion**. Dans le même sens Gallego et al. 2018<sup>15</sup> présentent une étude de terrain proche d'une zone industrielle pétrochimique (El Morell, Tarragona, Spain) concernés par des émissions importantes du 1,3-butadiène. **Ils concluent que la méthode n'est pas appropriée lorsqu'il y a des émissions épisodiques fugitives importantes.**

Le débit d'échantillonnage utilisé pour le calcul des concentrations du 1,3-butadiène pour un échantillonnage de 7 jours est 4.9 ml/min, correspondant aux conditions standards.

### ► Validation des données

Comme présenté dans le Tableau 3, trois sites ont bénéficié chacun de trois prélèvements réalisés en simultanément (Réplicats) pour évaluer l'homogénéité des résultats. Les démarches à suivre pour valider les données du benzène sont présentées dans le guide métrologique du LCSQA.

Il convient de vérifier :

- dans le cas d'une concentration en benzène supérieur à 2 µg/m<sup>3</sup> si l'écart-type relatif (coefficient de variation) entre les concentrations des répliquats est inférieur à 15%. Dans le cas contraire il est recommandé d'invalider les valeurs
- dans le cas d'une concentration en benzène inférieur à 2 µg.m<sup>-3</sup> si l'écart moyen absolu entre les valeurs est inférieur à 0,3 µg/m<sup>3</sup>. Dans le cas contraire il est recommandé d'invalider les valeurs.
- si l'une des valeurs de concentration semble anormalement s'écarter des autres, **il est laissé à l'avis de l'expert le soin d'invalider uniquement la donnée aberrante.**

Pour les autres substances, sauf valeur aberrante dans le triplet, les valeurs sont conservées et exploitées.

Par ailleurs, en considérant les performances du tube Radiello® et les exigences de la Directive 2008/50/CE, le tube passif Radiello® code 145 peut être utilisé (guide méthodologique pour la surveillance du benzène dans l'air ambiant (version 2014)<sup>16</sup> :

- **en tant que méthode indicative, quand la concentration en benzène est comprise entre 2 et 10 µg/m<sup>3</sup>** et en adoptant une durée d'exposition de 7 jours. Dans cette gamme de concentration et cette durée d'exposition, cette méthode peut être utilisée en complément d'une méthode de référence.
- **en tant que moyen d'estimation objective, quand la concentration en benzène est inférieure à 2 µg/m<sup>3</sup>** et en adoptant des durées d'exposition comprise entre 7 et 14 jours. Dans ces gammes de concentration et de durée d'exposition, le tube Radiello® peut être le moyen unique d'estimation objective à mettre en œuvre.
- Lorsque la concentration est supérieure à 10 µg/m<sup>3</sup>, le tube Radiello® n'est pas adapté pour une mesure quantitative à destination du rapportage européen. Dans ce cas, il convient de privilégier une méthode plus adaptée telle que l'échantillonnage actif.

Enfin, des blancs de lots et des blancs de terrain sont réalisés pour s'assurer de la non-contamination des échantillons.

---

<sup>14</sup> Strandberg, Bo, et al. (2006) "Field evaluation of two diffusive samplers and two adsorbent media to determine 1,3-butadiene and benzene levels in air. « *Atmospheric Environment* » 40 : 7686-7695

<sup>15</sup> Gallego et al. 2018 « Outdoor air 1,3-butadiene monitoring : Comparison of performance of Radiello passive samplers and active multi-sorbent bed tubes » *Atmospheric Environment* 182. 9-16

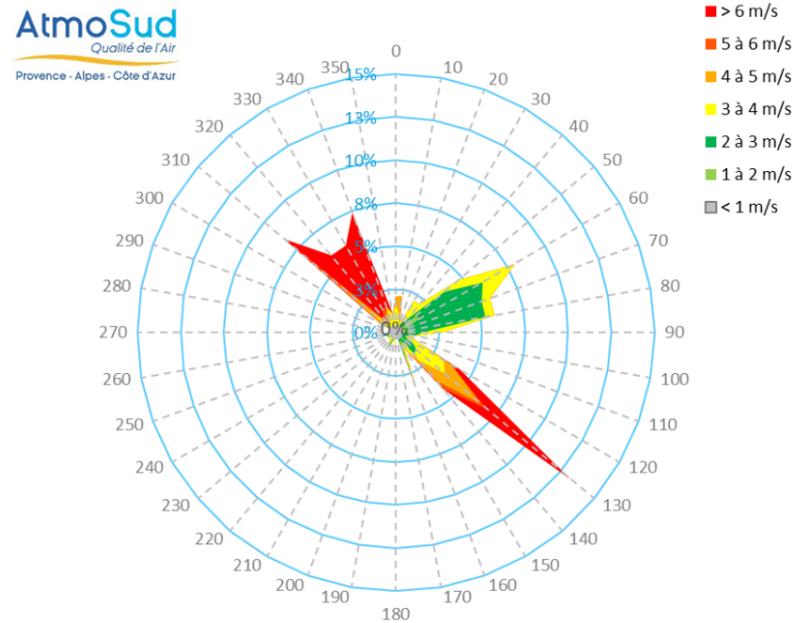
<sup>16</sup> LCSQA- Guide méthodologique pour la surveillance du benzène dans l'air ambiant (version 2014)

## ANNEXE 2 Roses des vents par campagne

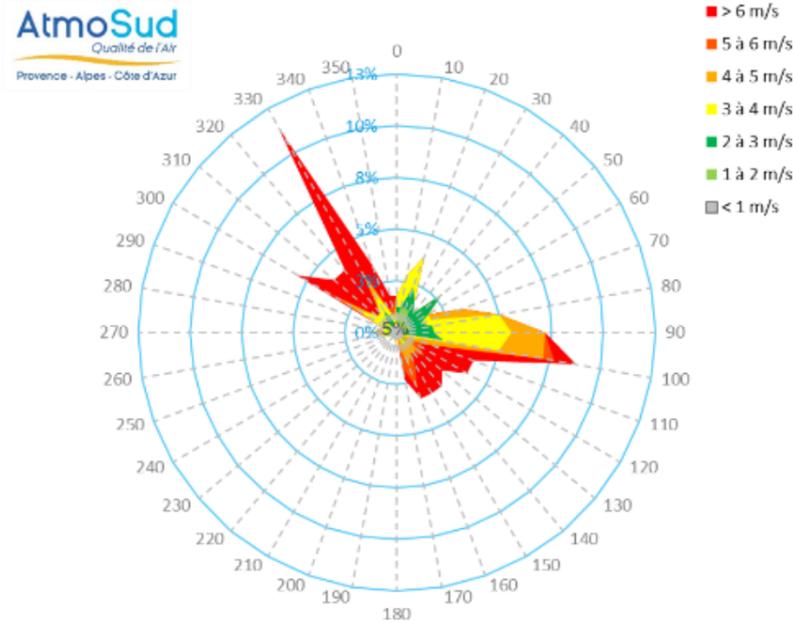
Les roses des vents présentées ci-dessous ont été construites à partir des données de vitesse et de direction quart-horaires comme elles sont produites par AtmoSud pour Martigues/Notre Dame, Martigues/La Gatasse et Berre-L'Étang et à partir des données de vitesse et de direction horaires comme elles sont produites par Météo France pour Istres et Marseille/Vaudrans. À Berre et Marseille, ces vitesses sont plus faibles. Pas de précipitations notables observées

### ► C1 - du 07/10 au 14/10/2019

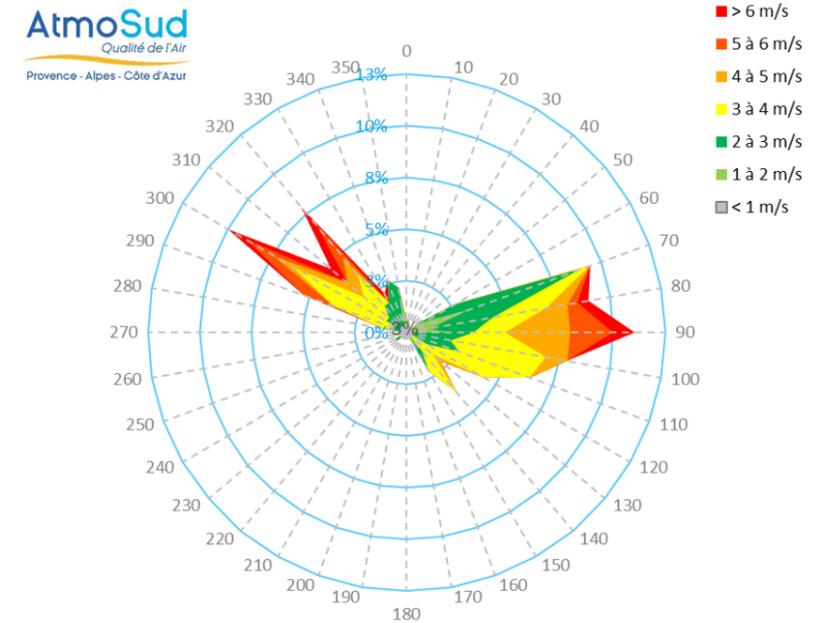
Vents modérés à forts à Istres et Martigues, de secteur Nord-Ouest (mistral) et Sud Est sur cette première période de mesures, pouvant être à l'origine d'une grande dispersion de polluants et donc de faibles concentrations à proximité des sources d'émission. À Berre et Marseille, ces vitesses sont plus faibles. Pas de précipitations notables observées



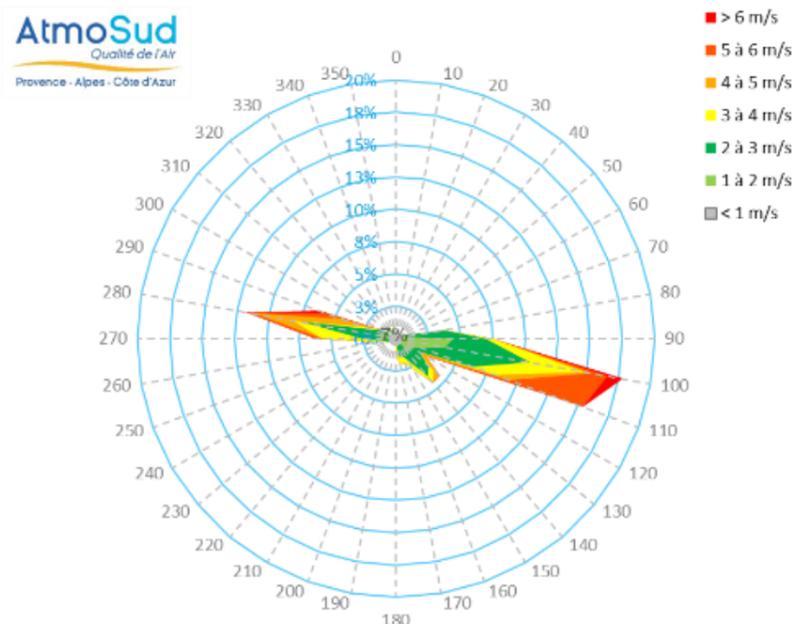
Rose des vents - station Station Martigues Notre Dame - AtmoSud  
07/10/2019 au 15/10/2019



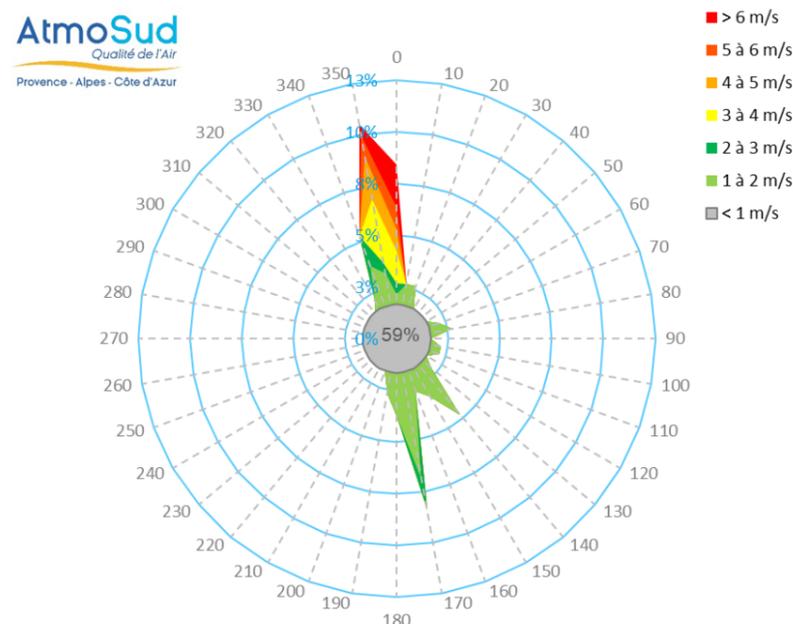
Rose des vents - station Station Istres - Météo France  
07/10/2019 au 15/10/2019



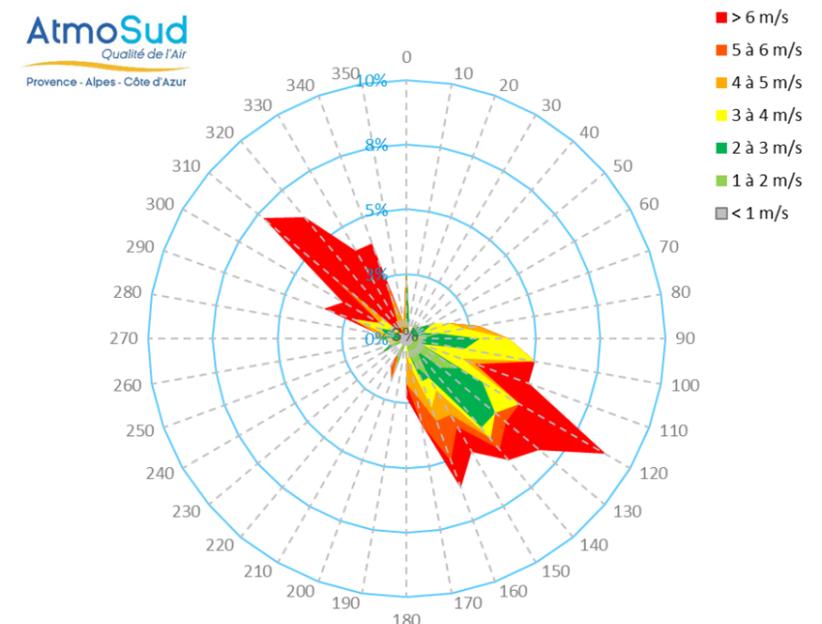
Rose des vents - station Station Martigues La Gatasse - AtmoSud  
07/10/2019 au 15/10/2019



Rose des vents - station Station Marseille Vaudrans - Météo France  
07/10/2019 au 15/10/2019



Rose des vents - station Station Berre - AtmoSud  
07/10/2019 au 15/10/2019

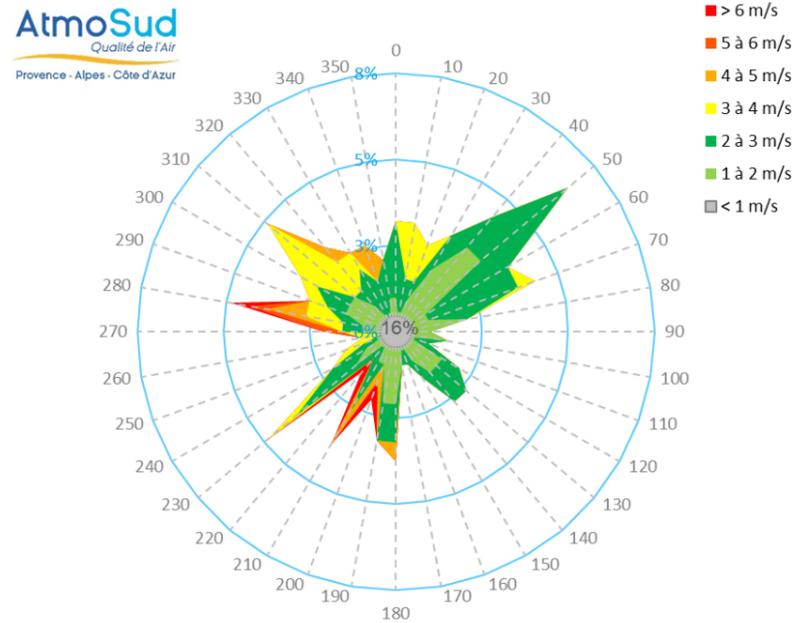


Rose des vents - station Station Aéroport Marignane - Météo France  
07/10/2019 au 15/10/2019

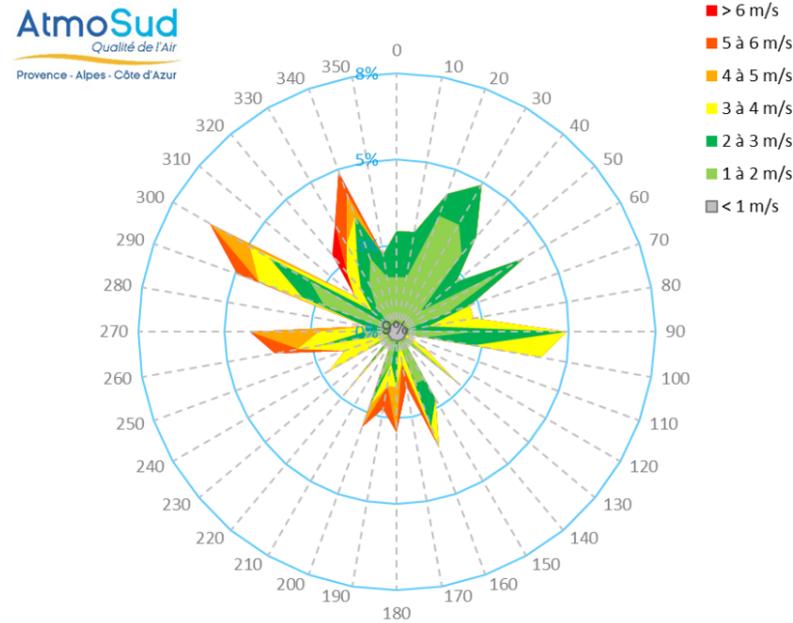


► C2 - du 28/10 au 04/11/2019

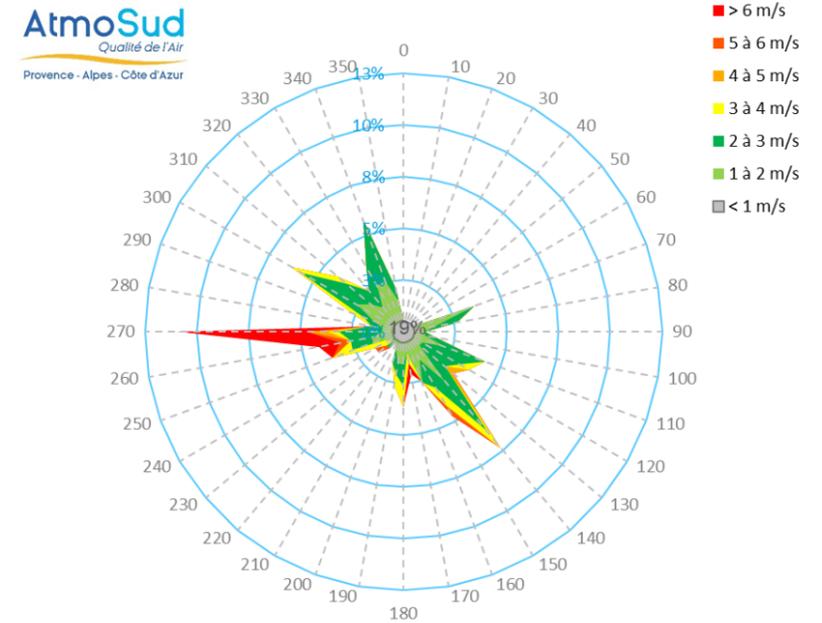
Vents dans l'ensemble faibles sans direction établie sur cette seconde période de mesures sur l'ensemble de la région (avec cependant quelques vents modérés de secteur Ouest sur Istres/Martigues), pouvant être à l'origine d'une faible dispersion de polluants et donc de concentrations importantes à proximité des sources d'émission. Quelques précipitations observées, notamment le 2 novembre.



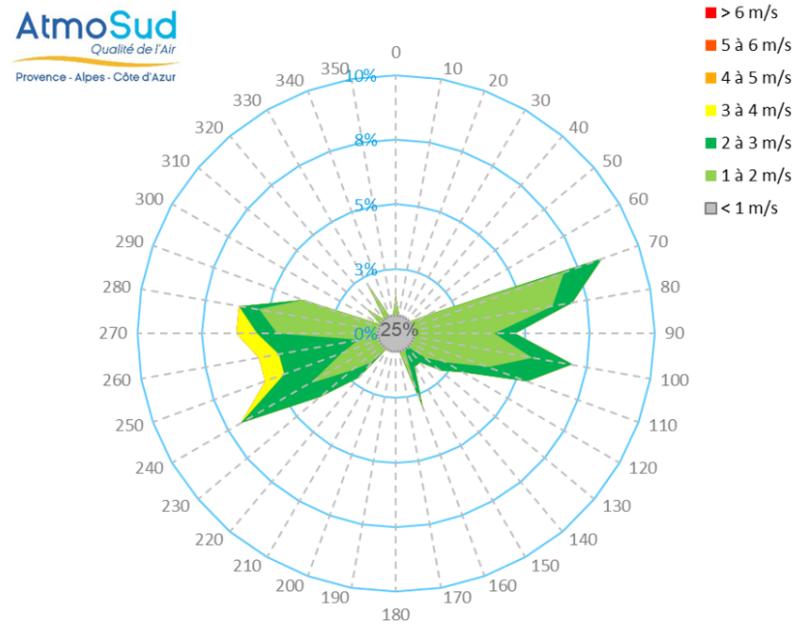
Rose des vents - station Station Martigues Notre Dame - AtmoSud  
28/10/2019 au 05/11/2019



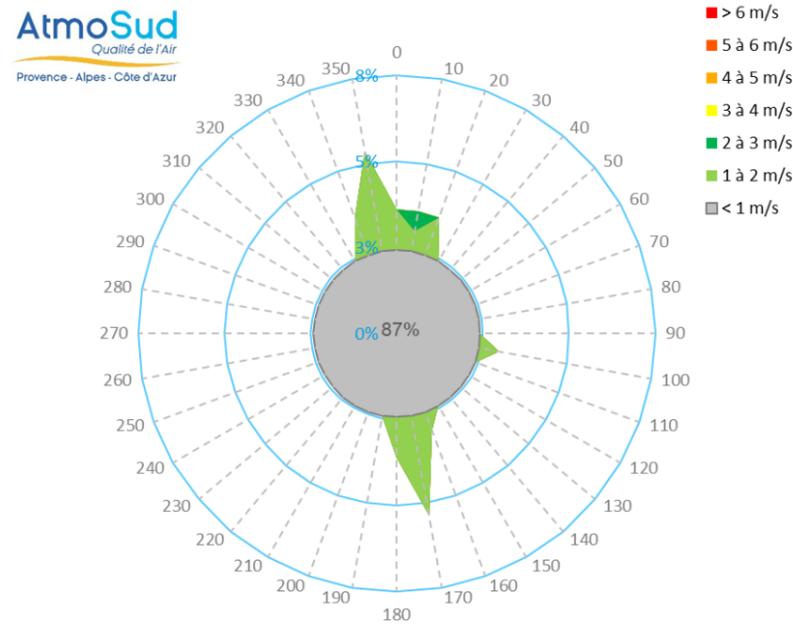
Rose des vents - station Station Istres - Météo France  
28/10/2019 au 05/11/2019



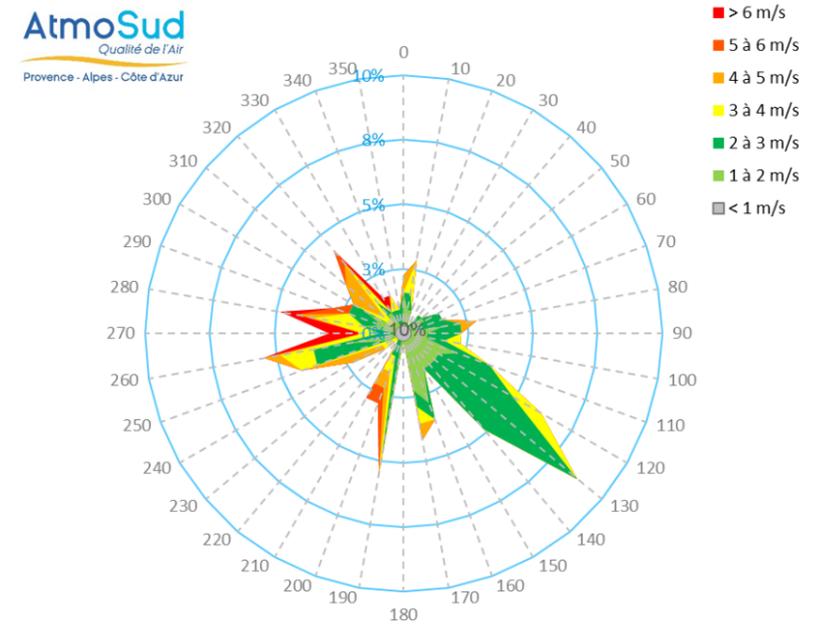
Rose des vents - station Station Martigues La Gatasse - AtmoSud  
28/10/2019 au 05/11/2019



Rose des vents - station Station Marseille Vaudrans - Météo France  
28/10/2019 au 05/11/2019



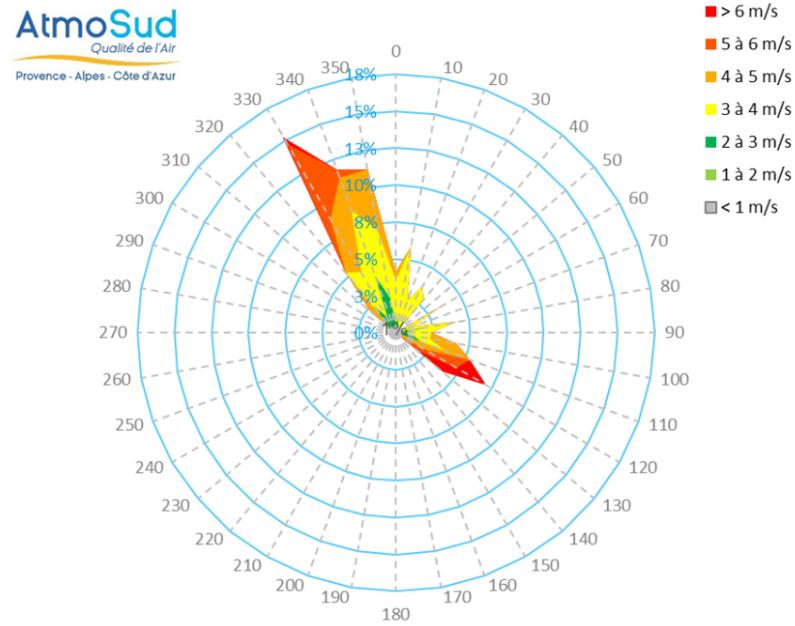
Rose des vents - station Station Berre - AtmoSud  
28/10/2019 au 05/11/2019



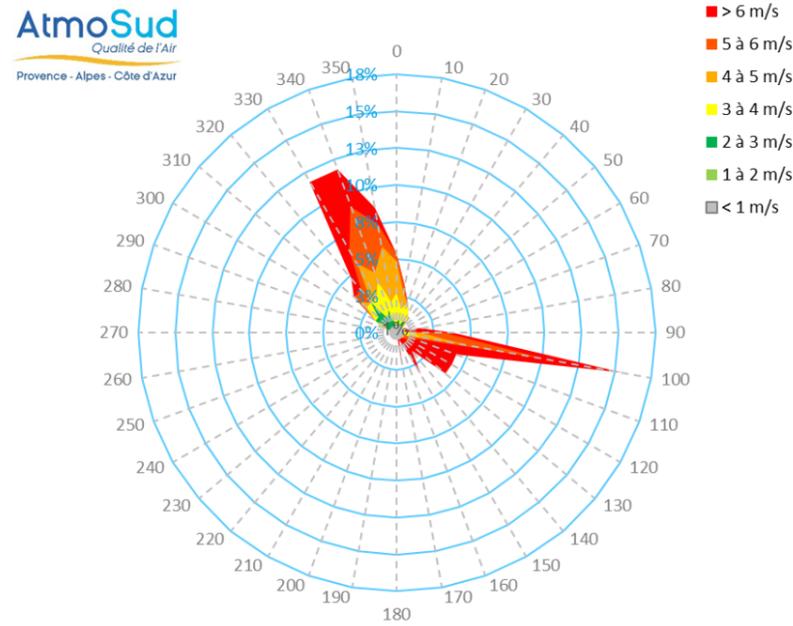
Rose des vents - station Station Aéroport Marseilles-Mérignac - Météo France  
28/10/2019 au 05/11/2019

► C3 - du 18/11 au 25/11/2019

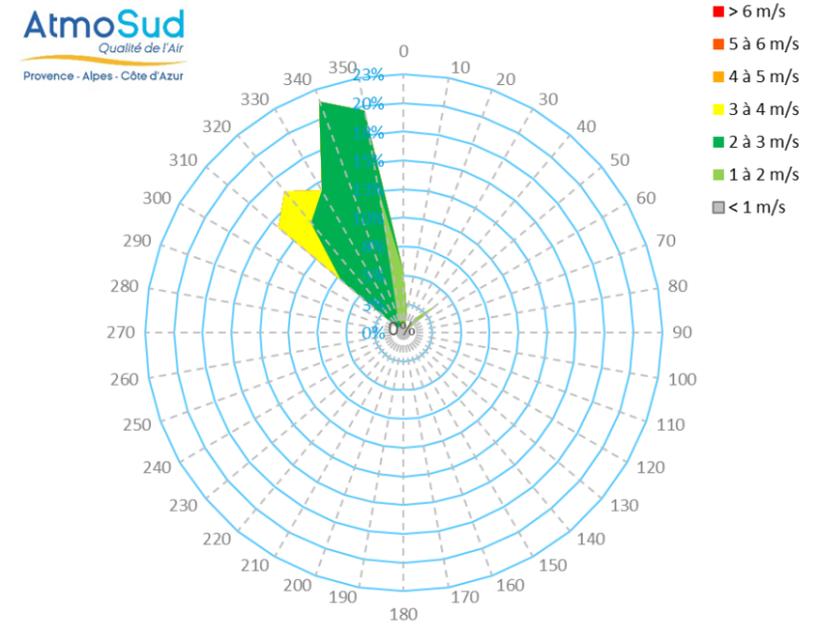
Vents modérés sur cette troisième période de mesures à Martigues/Notre Dame et Istres de secteur Nord-Nord-Ouest et Est-Sud-Est, pouvant être à l'origine d'une bonne dispersion de polluants et donc de concentrations moins importantes à proximité des sources d'émission. Ces conditions ne sont cependant pas observées sur La Gatasse. Les vents sont beaucoup plus faibles à Berre-L'Étang et de secteur Est-Sud-Est sur Marseille uniquement. De fortes précipitations sont observées sur cette période, notamment le 21 novembre à Istres et le 23 novembre sur la région.



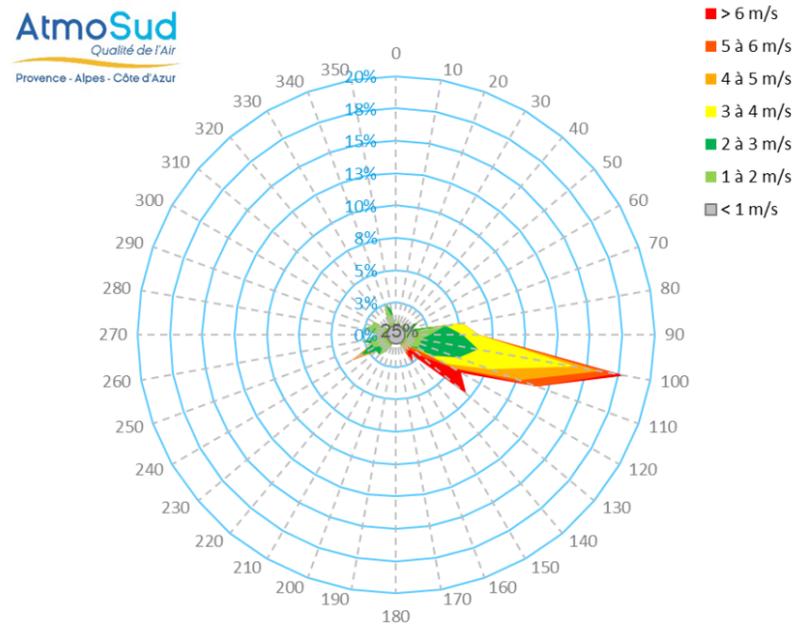
Rose des vents - station Station Martigues Notre Dame - AtmoSud  
18/11/2019 au 26/11/2019



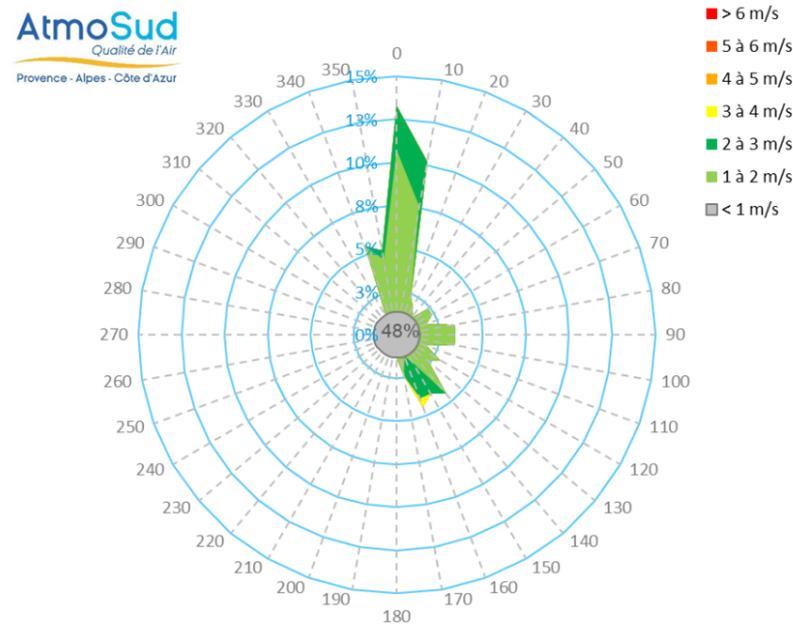
Rose des vents - station Station Istres - Météo France  
18/11/2019 au 26/11/2019



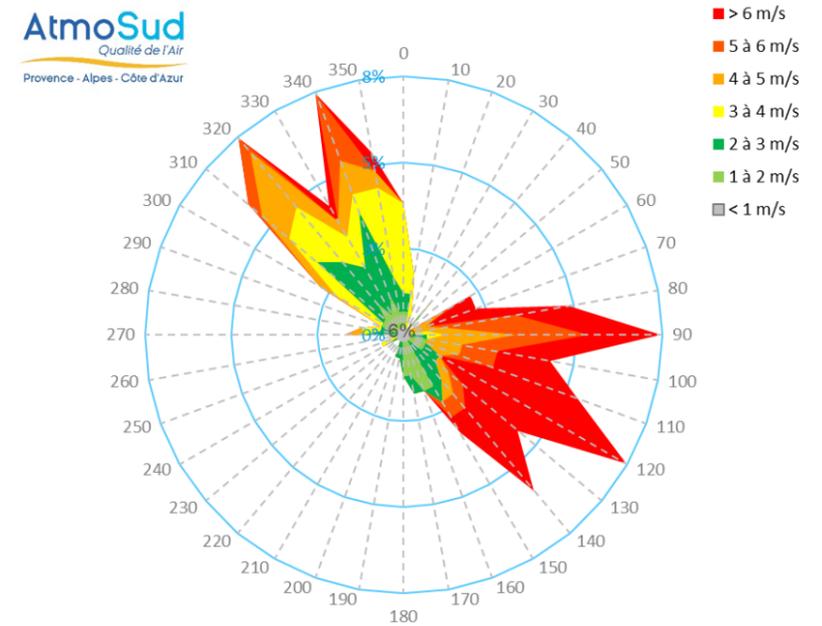
Rose des vents - station Station Martigues La Gatasse - AtmoSud  
18/11/2019 au 26/11/2019



Rose des vents - station Station Marseille Vaudrans - Météo France  
18/11/2019 au 26/11/2019



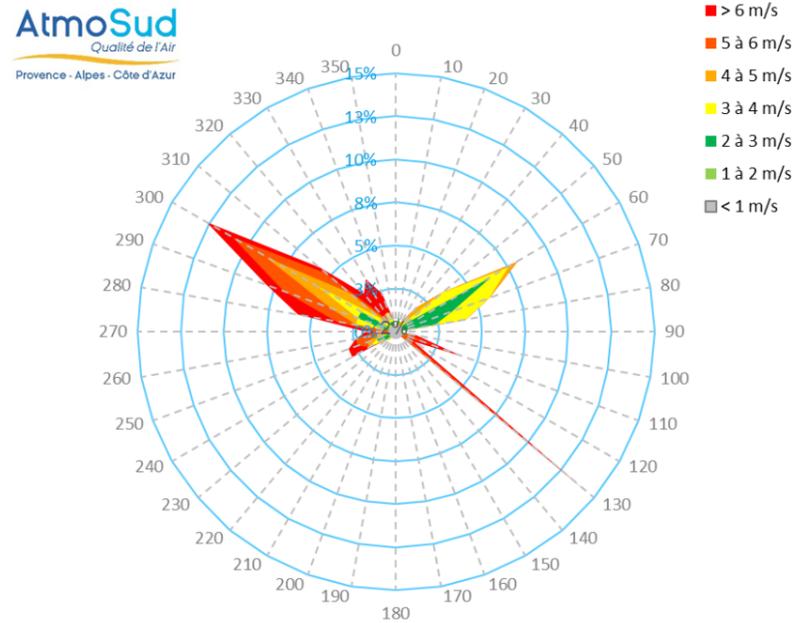
Rose des vents - station Station Berre - AtmoSud  
18/11/2019 au 26/11/2019



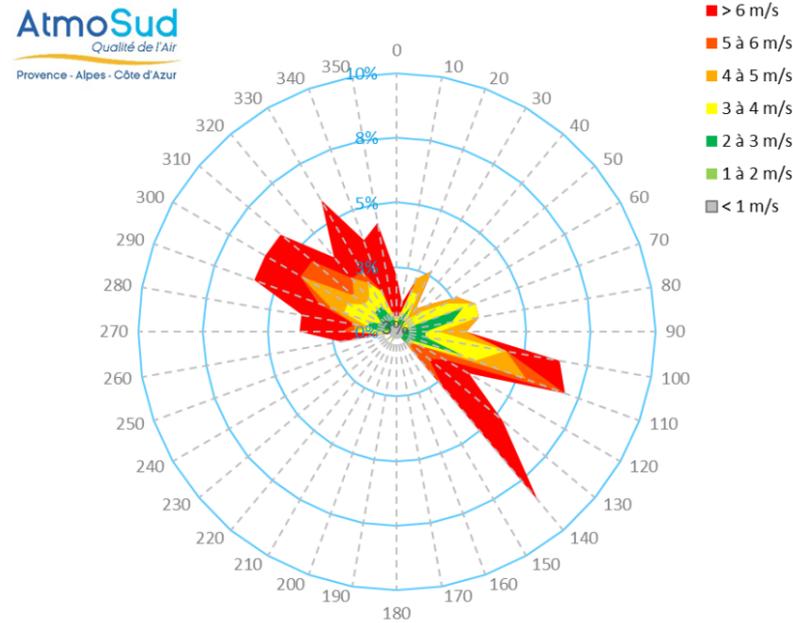
Rose des vents - station Station Aéroport Marseilles-Mérignac - Météo France  
18/11/2019 au 26/11/2019

► C4 - Du 09/12 au 16/12/2019

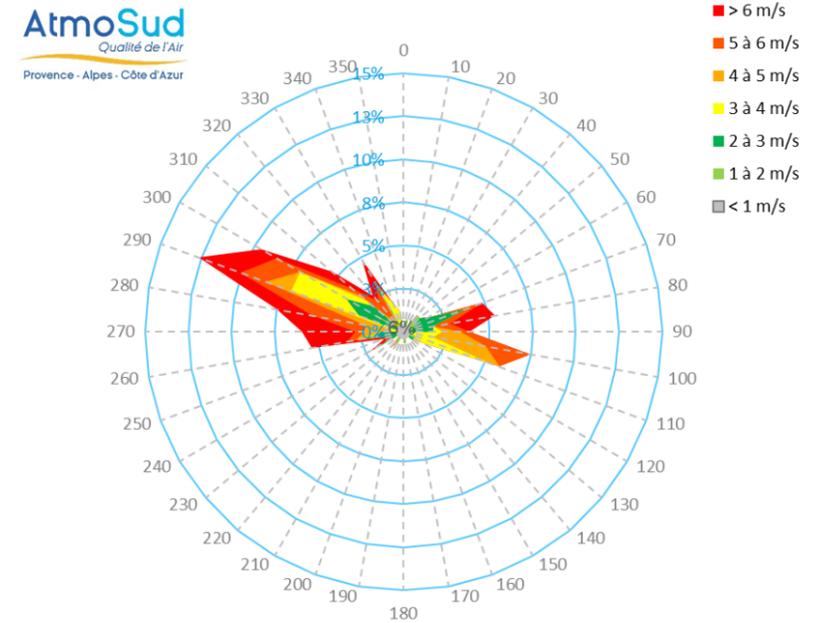
Vents modérés à forts sur cette quatrième période de mesures à Martigues et Istres de secteur Nord-Ouest et Sud-Est, pouvant être à l'origine d'une bonne dispersion de polluants et donc de concentrations moins importantes à proximité des sources d'émission. Ces vents sont beaucoup plus faibles sur Berre-L'Étang. Quelques précipitations sont observées le 13 décembre notamment sur la région.



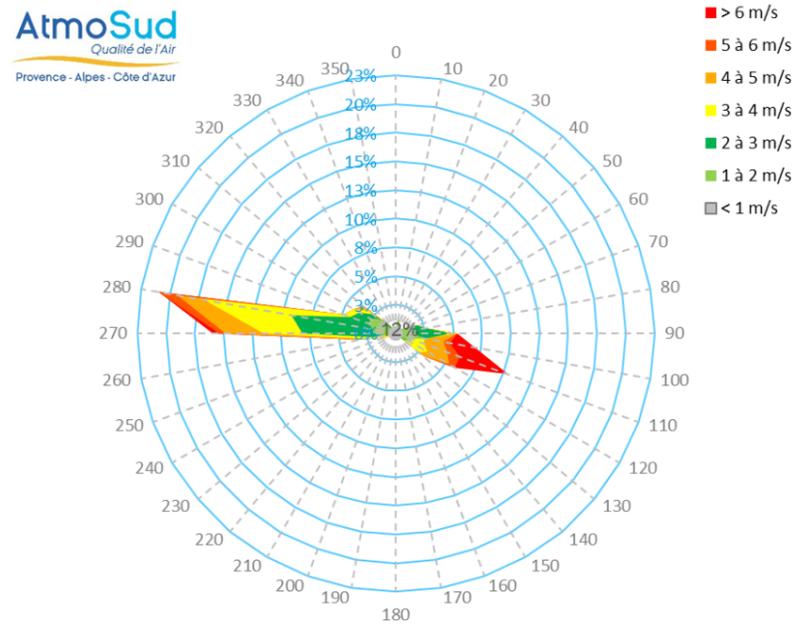
Rose des vents - station Station Martigues Notre Dame - AtmoSud  
09/12/2019 au 17/12/2019



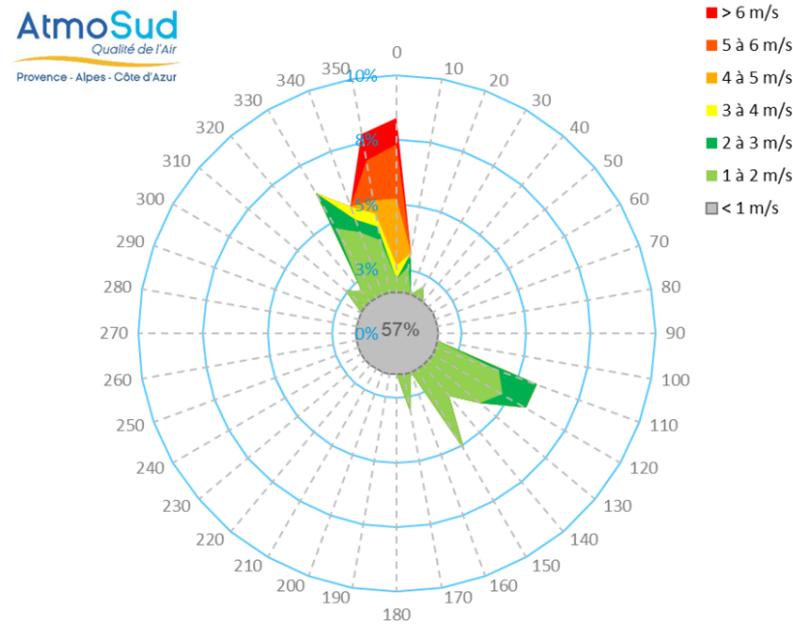
Rose des vents - station Station Istres - Météo France  
09/12/2019 au 17/12/2019



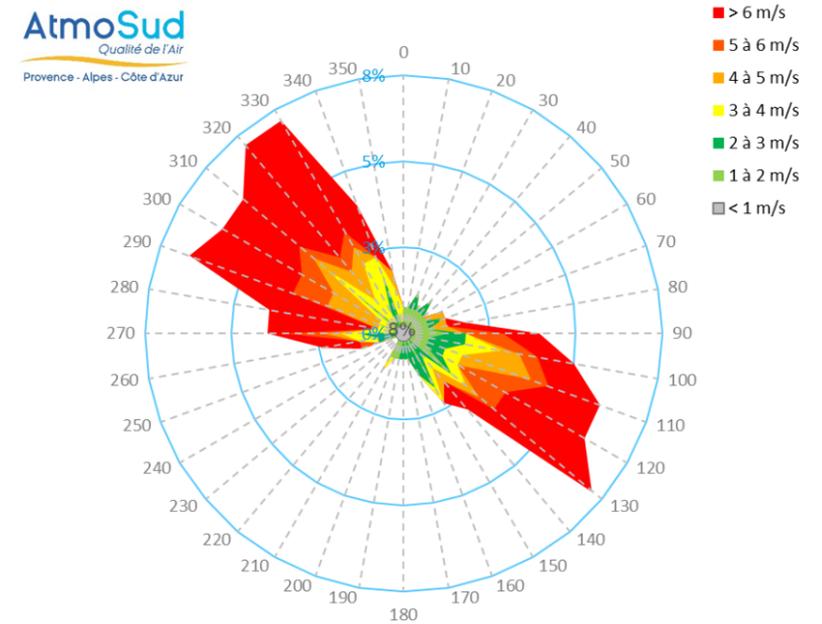
Rose des vents - station Station Martigues La Gatasse - AtmoSud  
09/12/2019 au 17/12/2019



Rose des vents - station Station Marseille Vaudrans - Météo France  
09/12/2019 au 17/12/2019



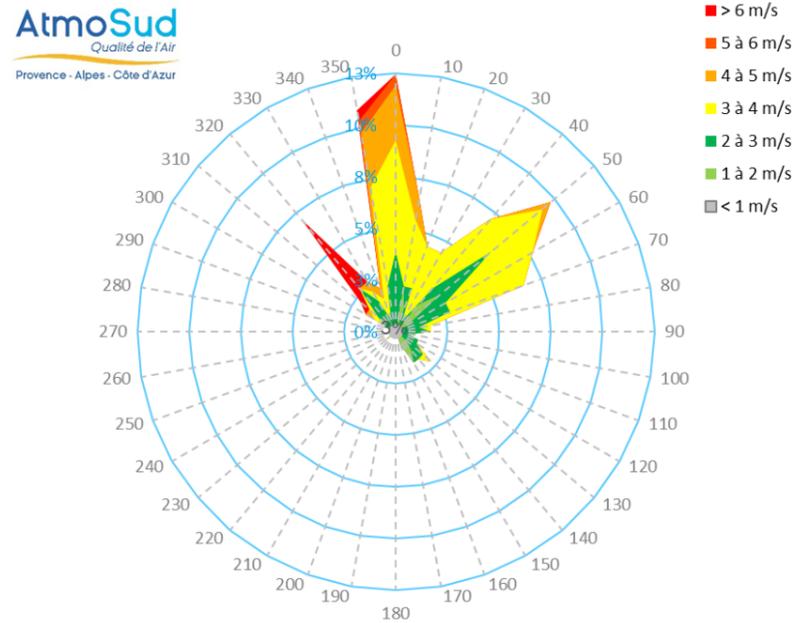
Rose des vents - station Station Berre - AtmoSud  
09/12/2019 au 17/12/2019



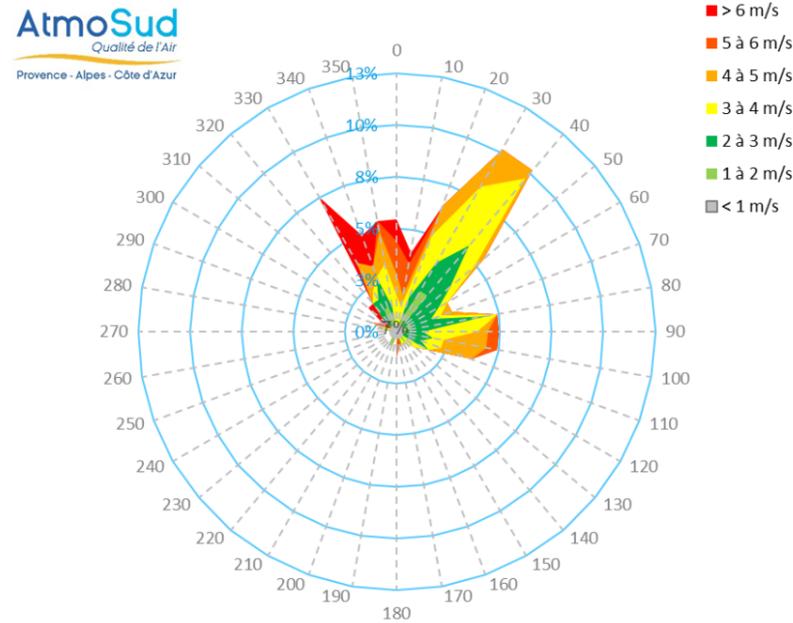
Rose des vents - station Station Aéroport Marseilles-Mérignac - Météo France  
09/12/2019 au 17/12/2019

► C5 du 06/01/2020 au 13/01/2020

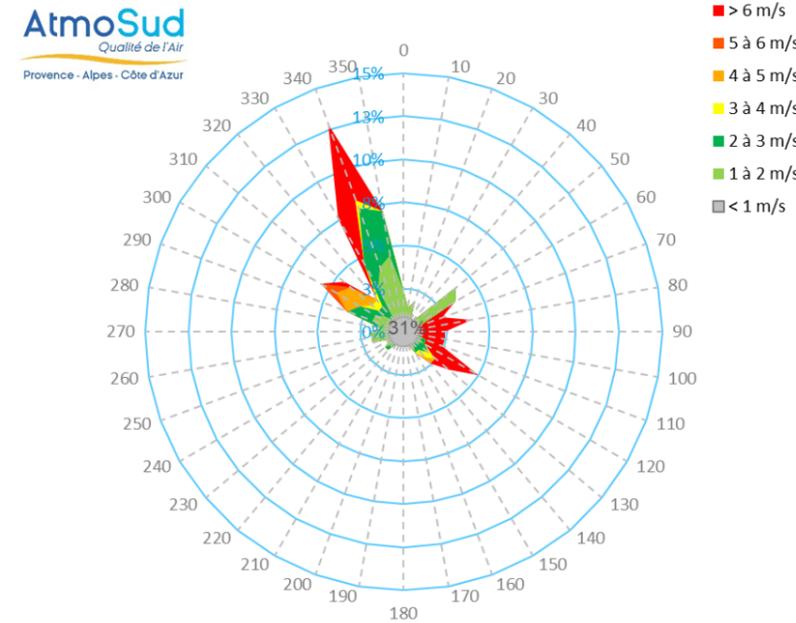
Vents dans l'ensemble faibles à très faibles d'un large secteur Nord sur cette cinquième période de mesures sur l'étang de Berre ensemble de la région, pouvant être à l'origine d'une faible dispersion de polluants et donc de concentrations importantes à proximité «sud» des sources d'émission. A Marseille, ces vents faibles sont de secteur Est. Quelques précipitations sont observées le 10 janvier notamment sur la région.



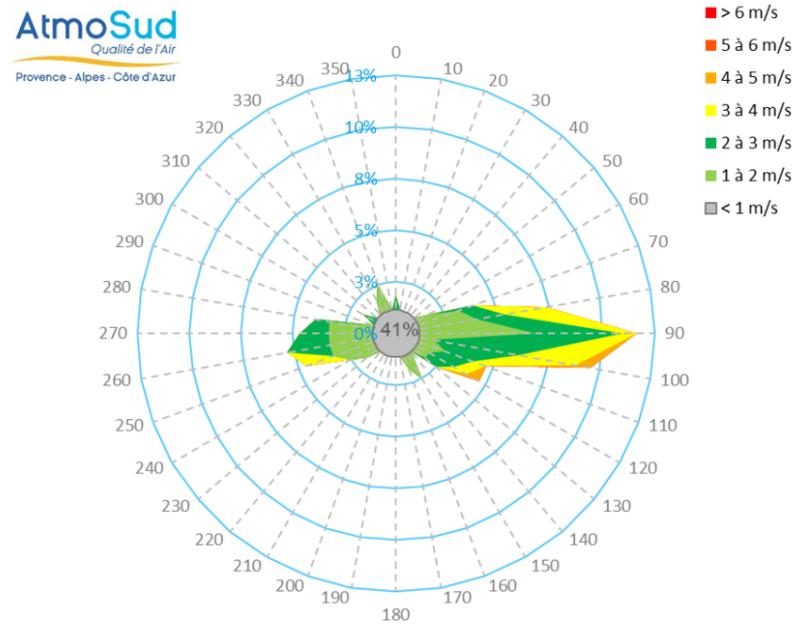
Rose des vents - station Station Martigues Notre Dame - AtmoSud  
06/01/2020 au 14/01/2020



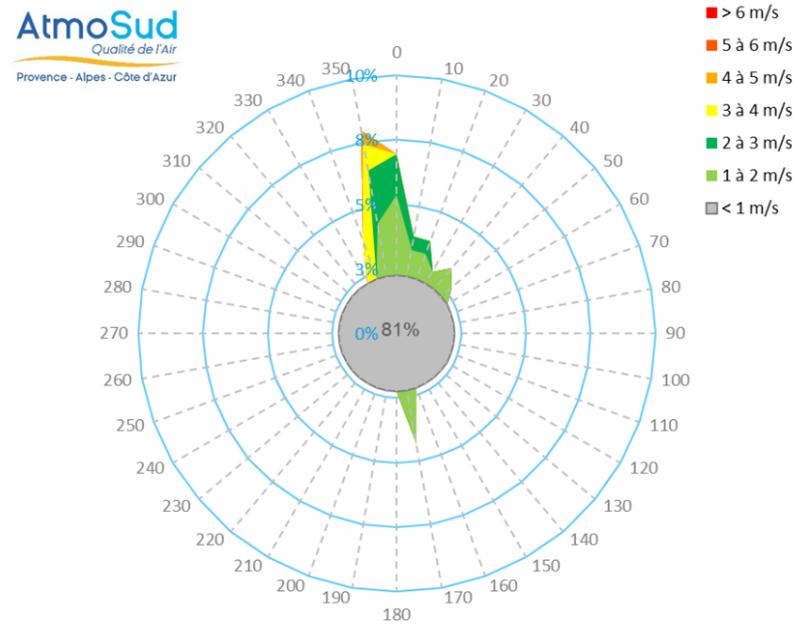
Rose des vents - station Station Istres - Météo France  
06/01/2020 au 14/01/2020



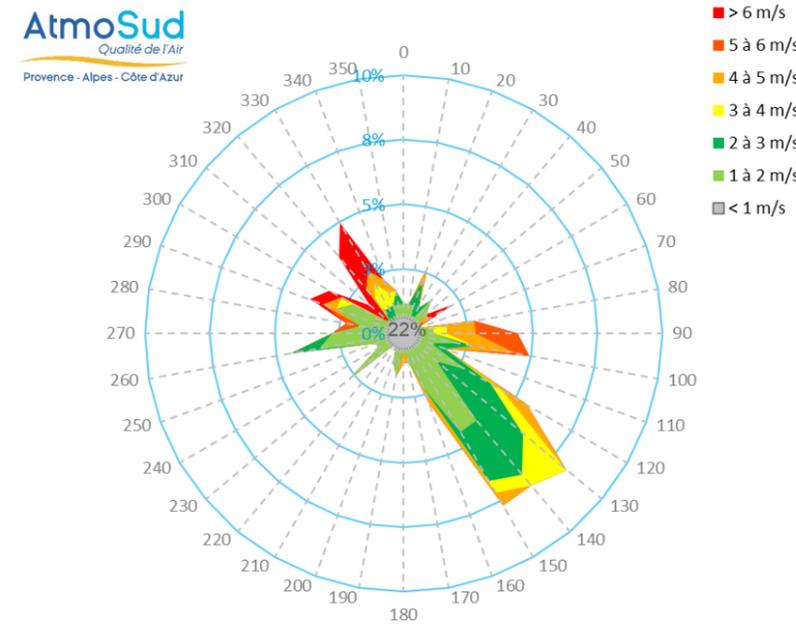
Rose des vents - station Station Martigues La Gatasse - AtmoSud  
06/01/2020 au 14/01/2020



Rose des vents - station Station Marseille Vaudrans - Météo France  
06/01/2020 au 14/01/2020



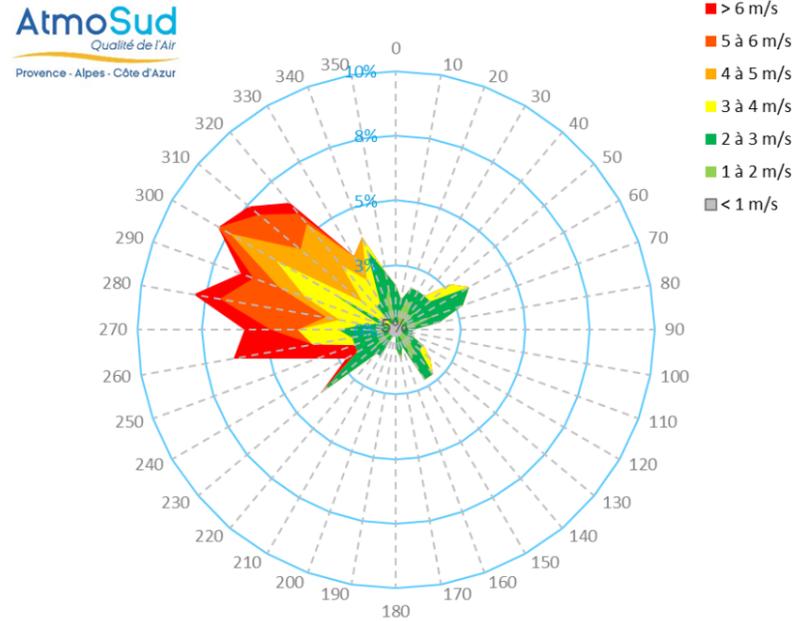
Rose des vents - station Station Berre - AtmoSud  
06/01/2020 au 14/01/2020



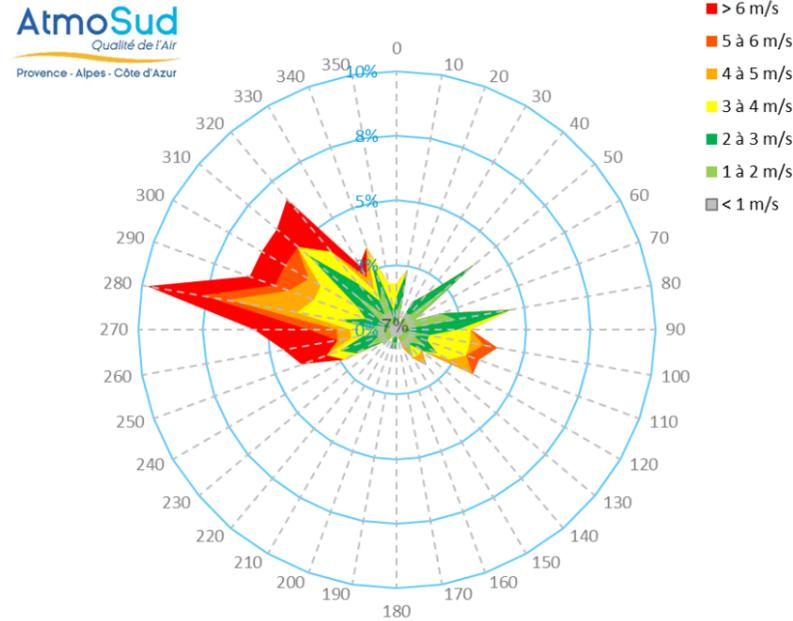
Rose des vents - station Station Aéroport Marignane - Météo France  
06/01/2020 au 14/01/2020

► C6 du 27/01/2020 au 03/02/2020

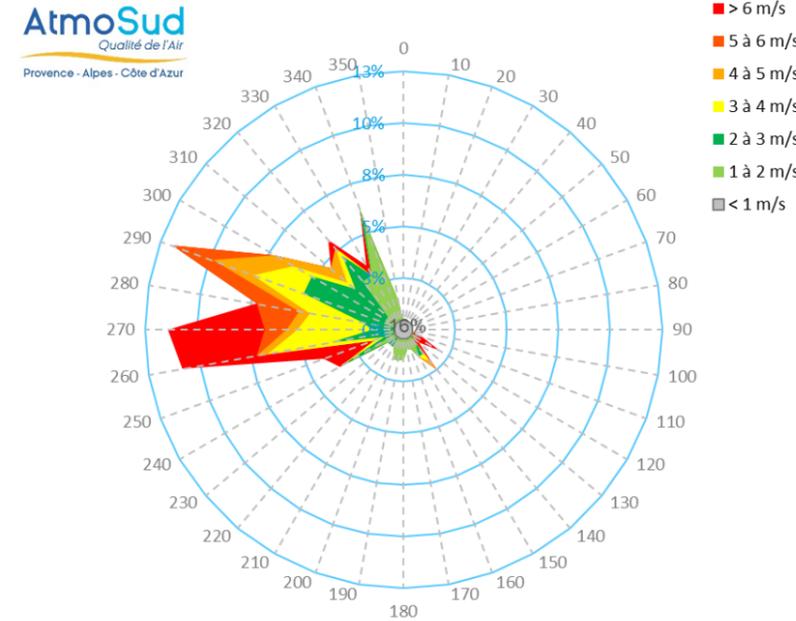
Vents dans l'ensemble faibles à modérés de secteur Ouest à Martigues, Istres et Marseille sur cette sixième période de, pouvant être à l'origine d'un impact potentiel à l'est des sources d'émission. Vent très faible mesuré à Berre sur cette période. Pas de précipitations notables observées.



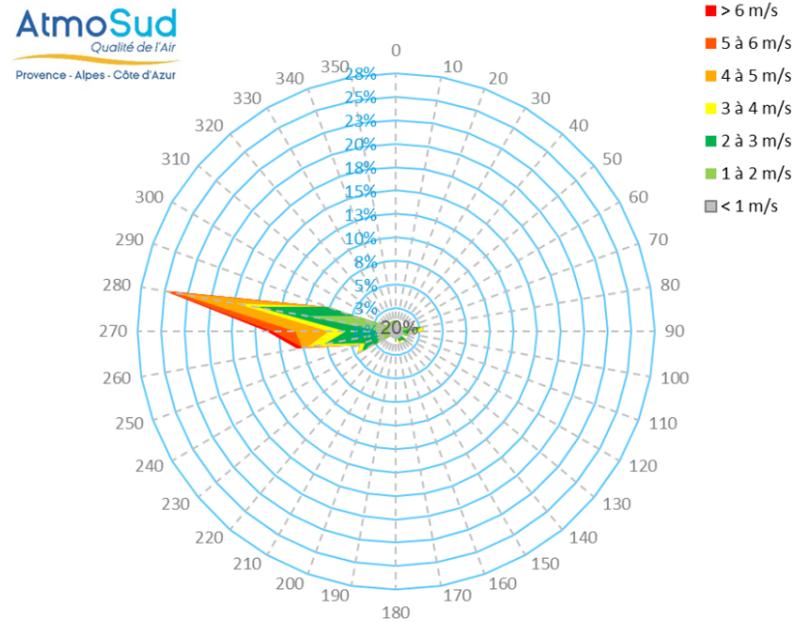
Rose des vents - station Station Martigues Notre Dame - AtmoSud  
27/01/2020 au 04/02/2020



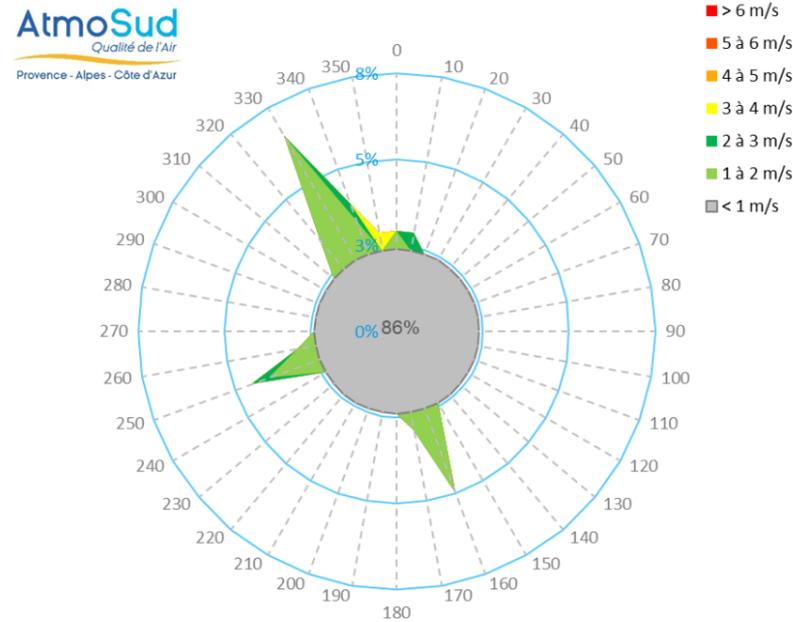
Rose des vents - station Station Istres - Météo France  
27/01/2020 au 04/02/2020



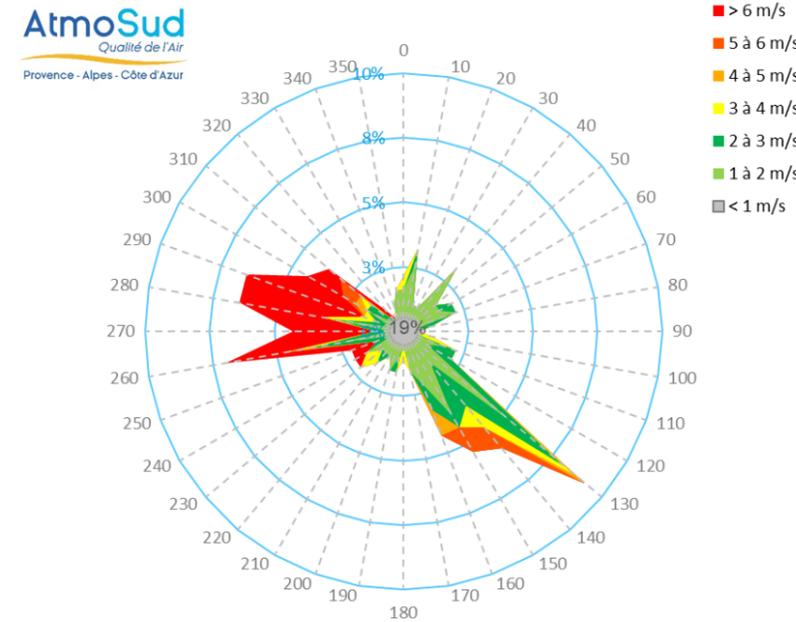
Rose des vents - station Station Martigues La Gatasse - AtmoSud  
27/01/2020 au 04/02/2020



Rose des vents - station Station Marseille Vaudrans - Météo France  
27/01/2020 au 04/02/2020



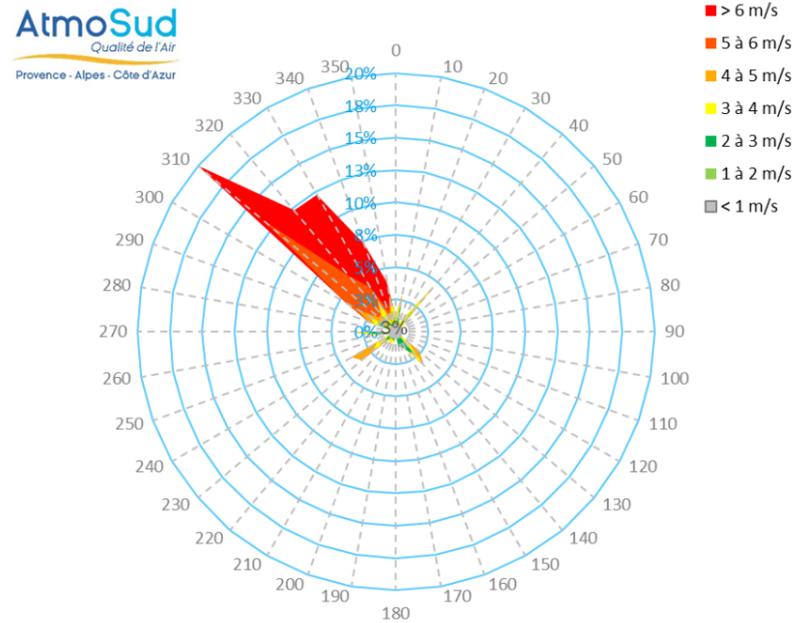
Rose des vents - station Station Berre - AtmoSud  
27/01/2020 au 04/02/2020



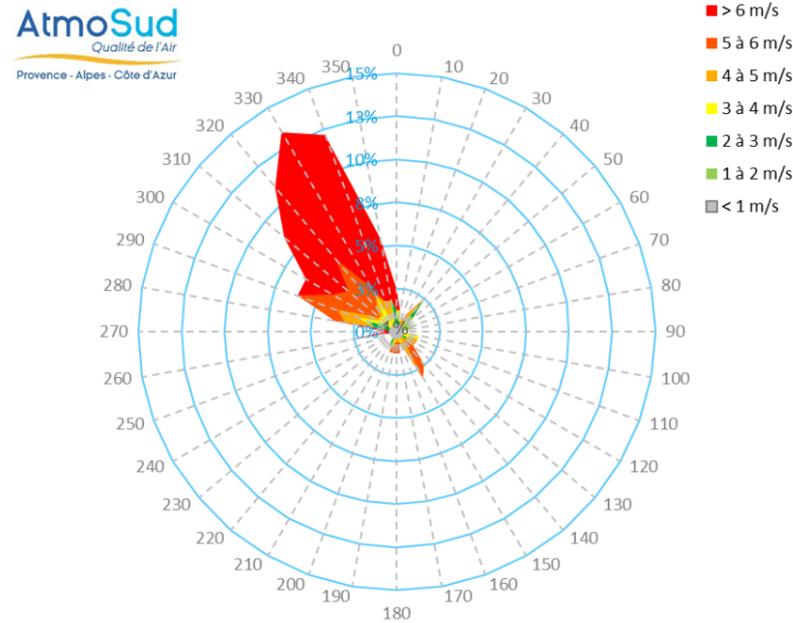
Rose des vents - station Station Aéroport Marseilles-Mérignac - Météo France  
27/01/2020 au 04/02/2020

► C7 du 17/02/2020 au 24/02/2020

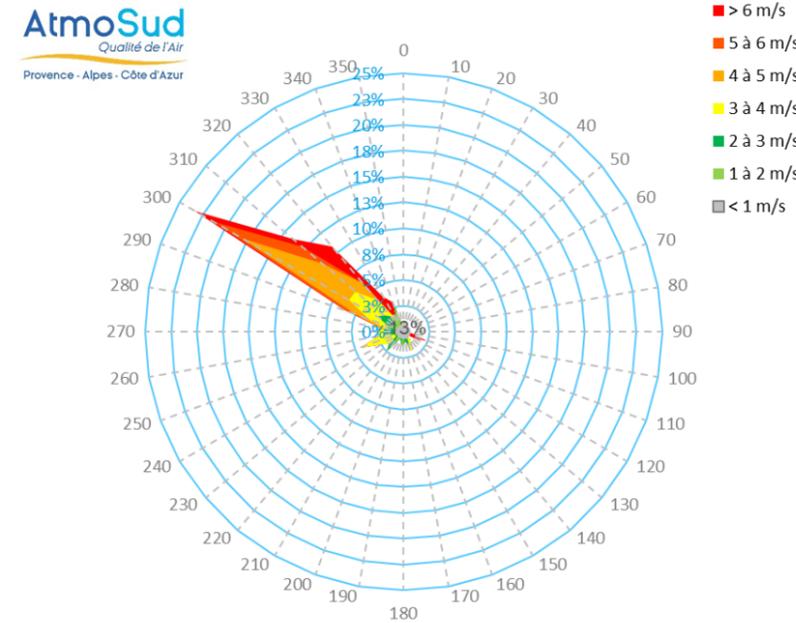
Vents modérés à forts de secteur Nord-Ouest à Martigues (mistral), et plus faibles à Berre et Marseille. Ces conditions seraient favorables à une meilleure dispersion des émissions à Martigues, et donc de plus faibles concentrations attendues. Pas de précipitations notables observées.



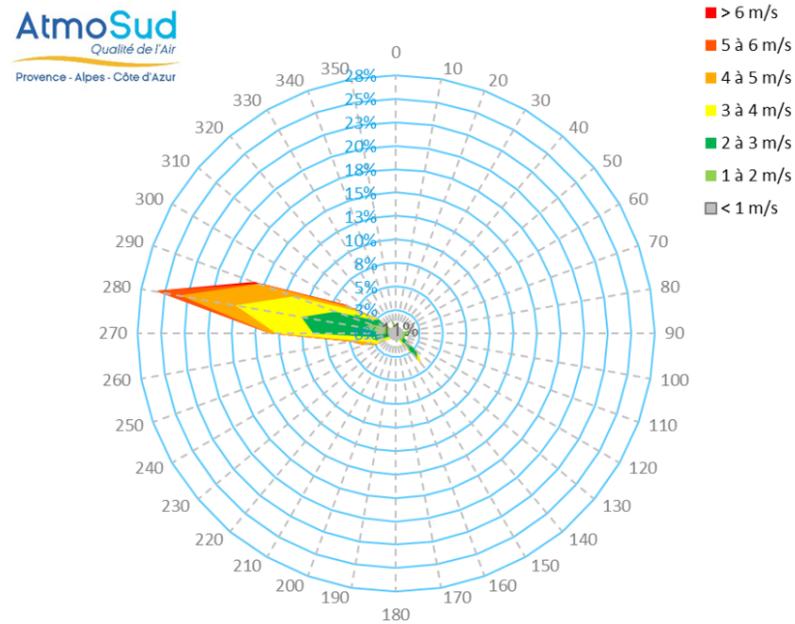
Rose des vents - station Station Martigues Notre Dame - AtmoSud  
17/02/2020 au 25/02/2020



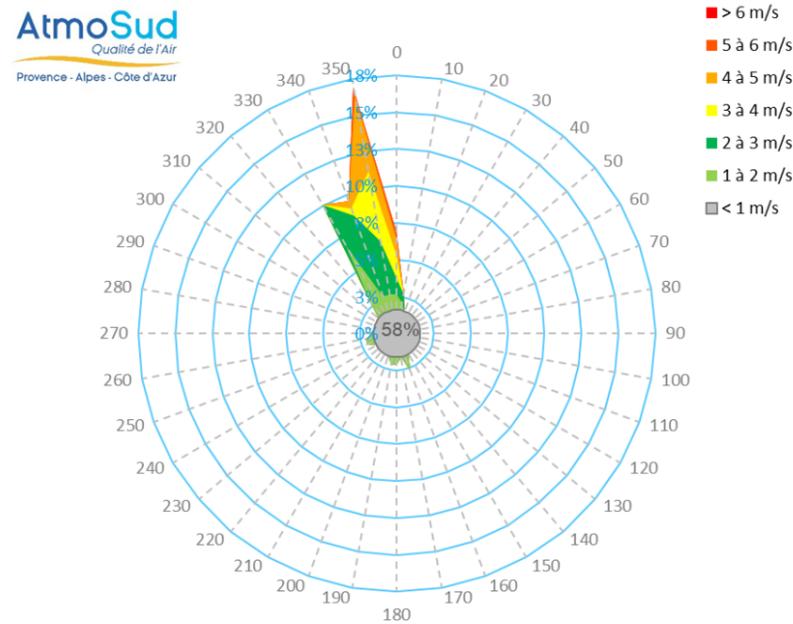
Rose des vents - station Station Istres - Météo France  
17/02/2020 au 25/02/2020



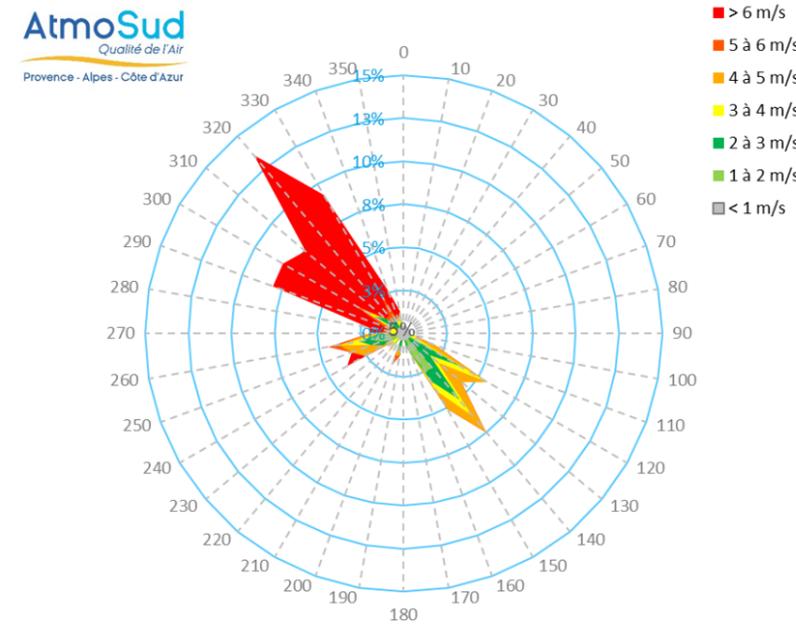
Rose des vents - station Station Martigues La Gatasse - AtmoSud  
17/02/2020 au 25/02/2020



Rose des vents - station Station Marseille Vaudrans - Météo France  
17/02/2020 au 25/02/2020



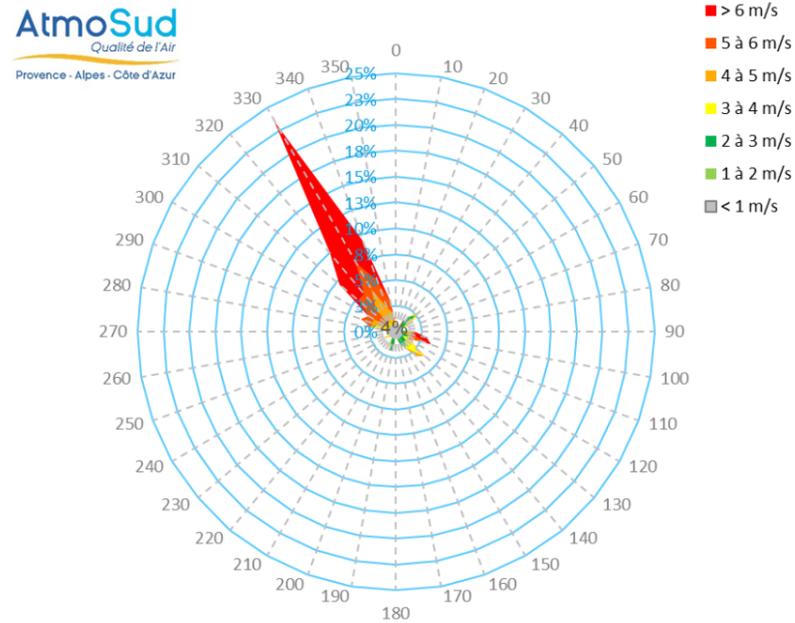
Rose des vents - station Station Berre - AtmoSud  
17/02/2020 au 25/02/2020



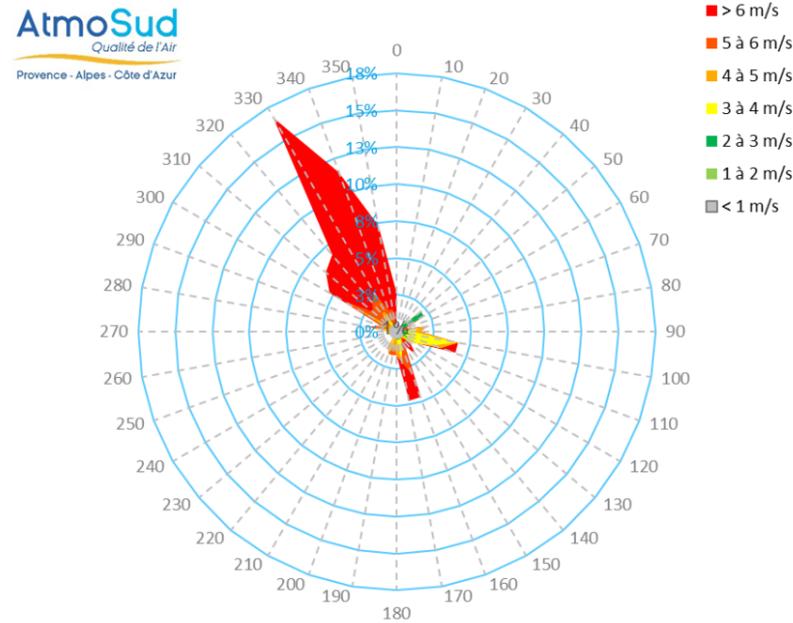
Rose des vents - station Station Aéroport Marseilles-Mérignac - Météo France  
17/02/2020 au 25/02/2020

► C8 du 09/03/2020 au 16/03/2020

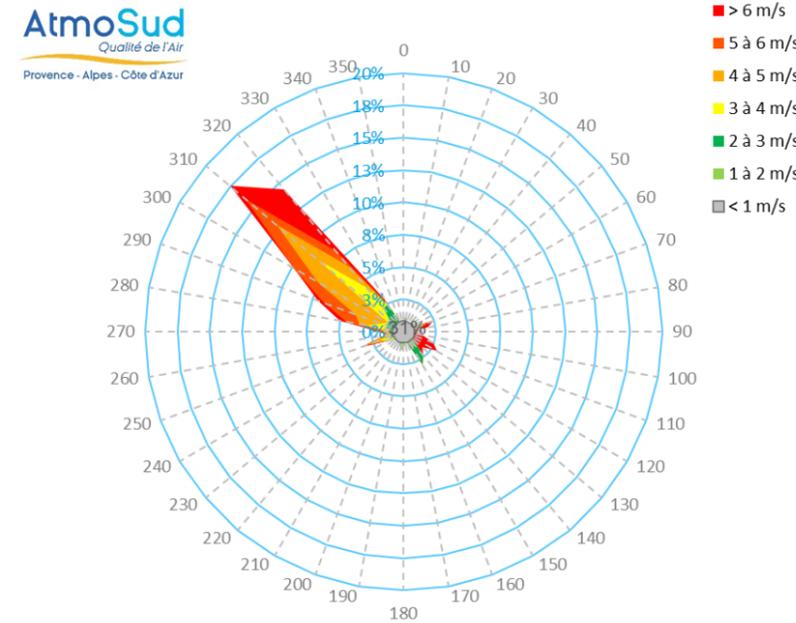
Vents modérés à forts de secteur Nord-Ouest à Martigues (mistral), et plus faibles à Berre et Marseille. Ces conditions seraient favorables à une meilleure dispersion des émissions à Martigues, et donc de plus faibles concentrations attendues. Pas de précipitations notables observées.



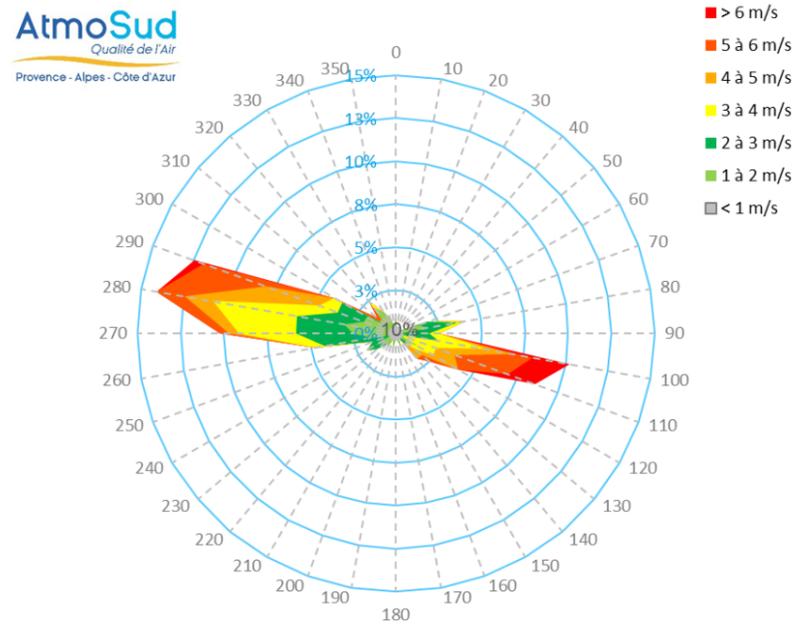
Rose des vents - station Station Martigues Notre Dame - AtmoSud  
09/03/2020 au 17/03/2020



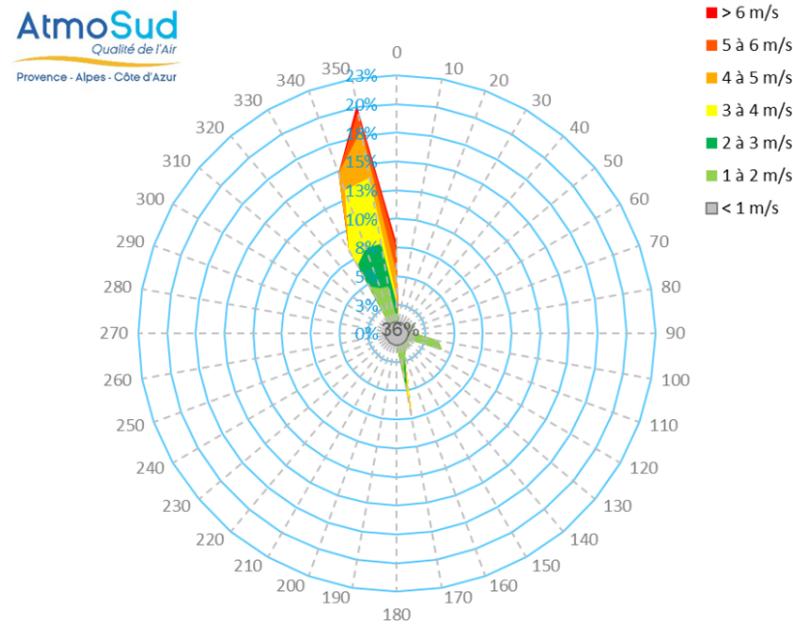
Rose des vents - station Station Istres - Météo France  
09/03/2020 au 17/03/2020



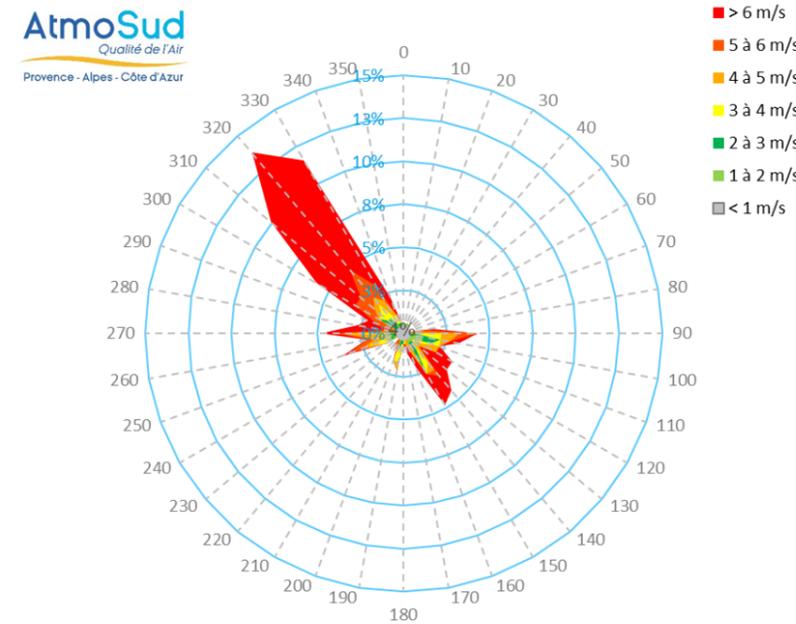
Rose des vents - station Station Martigues La Gataisse - AtmoSud  
09/03/2020 au 17/03/2020



Rose des vents - station Station Marseille Vaudrans - Météo France  
09/03/2020 au 17/03/2020



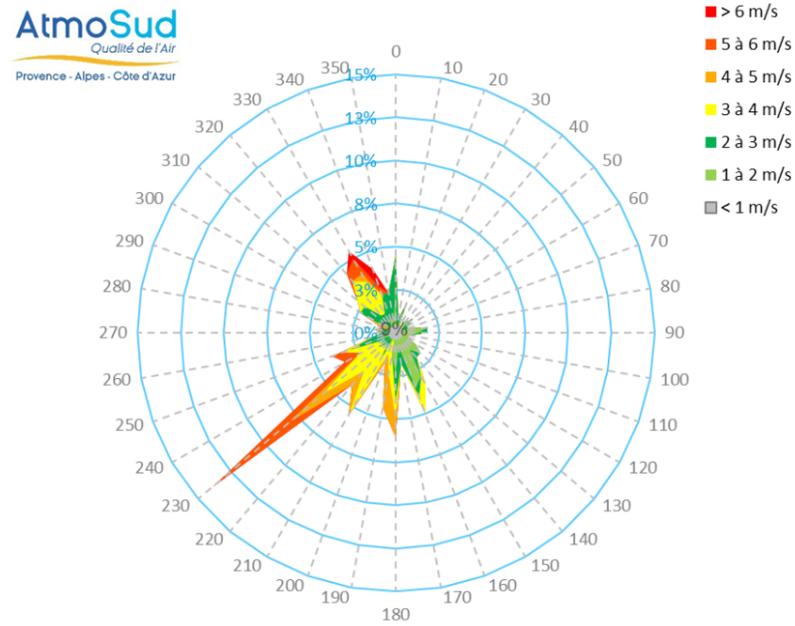
Rose des vents - station Station Berre - AtmoSud  
09/03/2020 au 17/03/2020



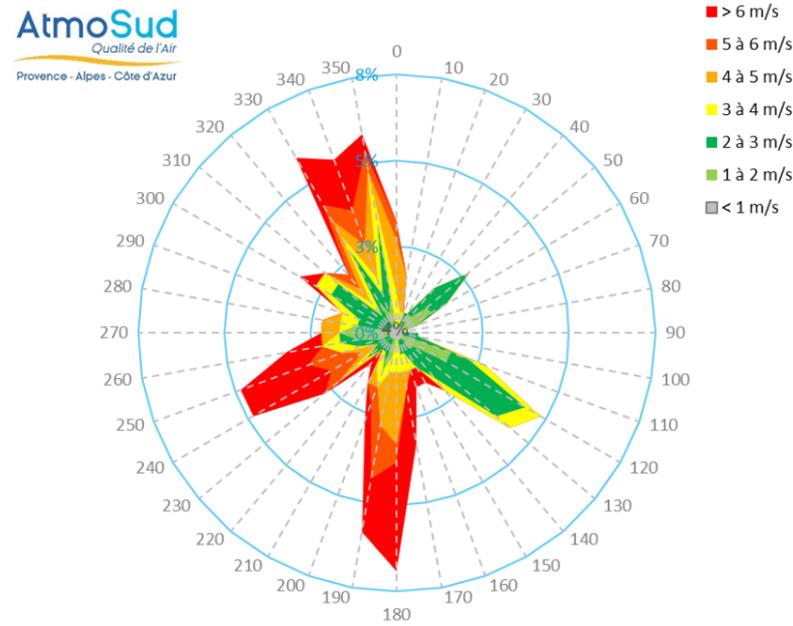
Rose des vents - station Station Aéroport Marseilles-Mérignac - Météo France  
09/03/2020 au 17/03/2020

► C9 du 20/07/2020 au 27/07/2020

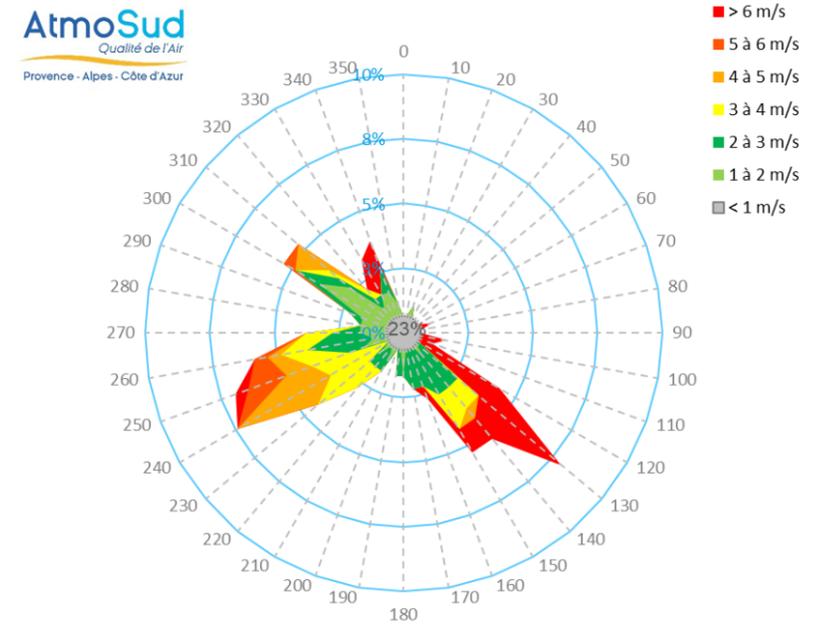
Présence de vents de direction et de vitesses variables sur cette campagne à Istres et Martigues. Les vents sont également bien plus faibles sur Berre. Pas de précipitations observées.



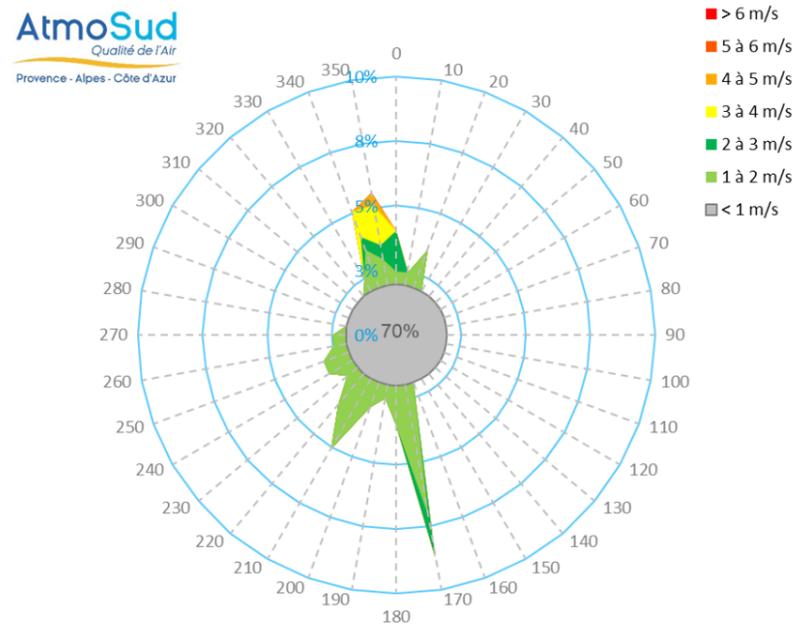
Rose des vents - station Station Martigues Notre Dame - AtmoSud  
20/07/2020 au 28/07/2020



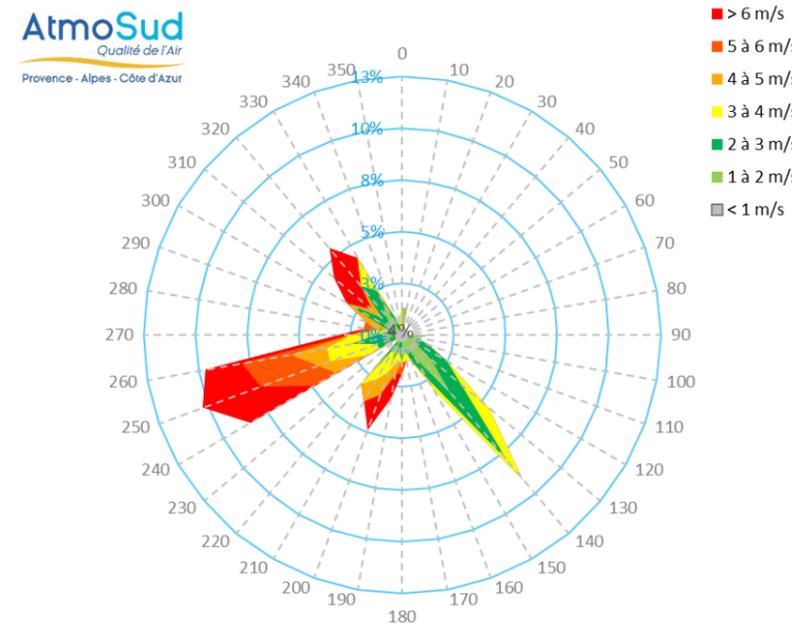
Rose des vents - station Station Istres - Météo France  
20/07/2020 au 28/07/2020



Rose des vents - station Station Martigues La Gatasse - AtmoSud  
20/07/2020 au 28/07/2020



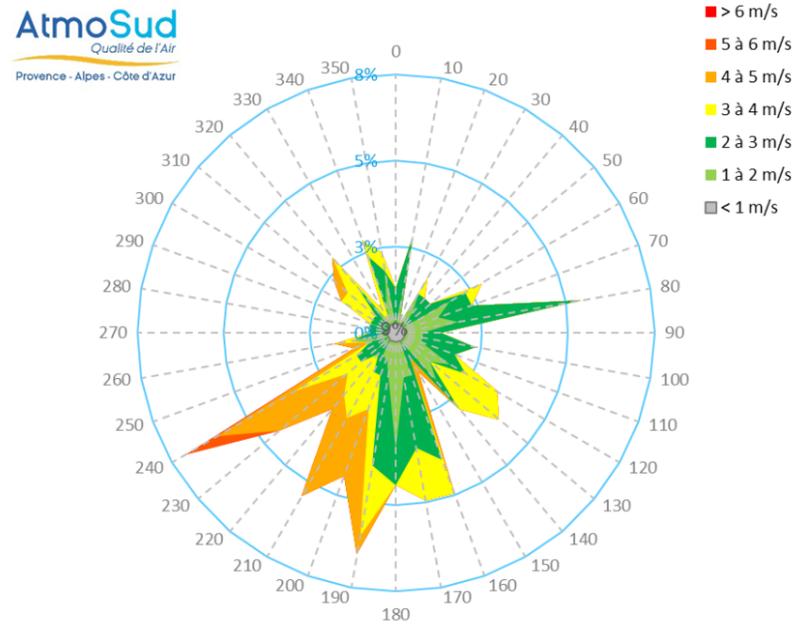
Rose des vents - station Station Berre - AtmoSud  
20/07/2020 au 28/07/2020



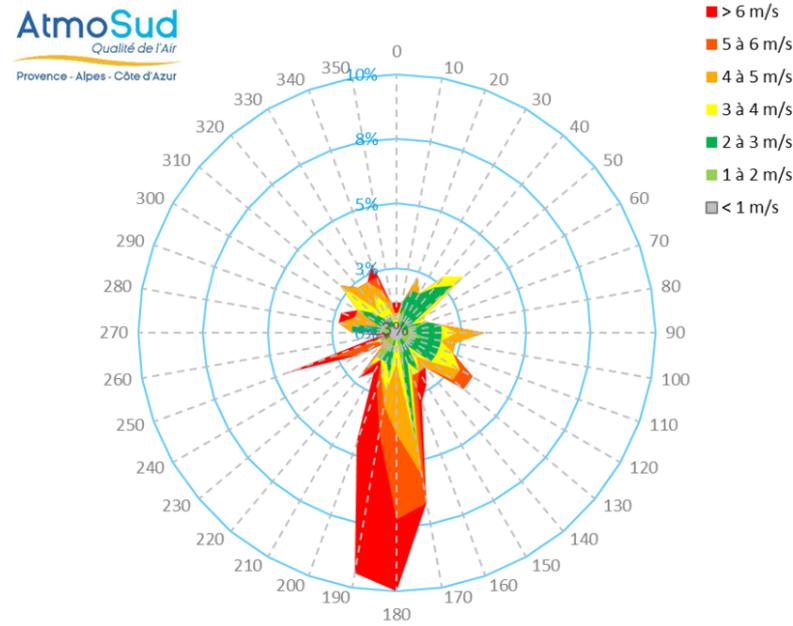
Rose des vents - station Station Aéroport Maignane - Météo France  
20/07/2020 au 27/07/2020

► C10 du 10/08/2020 au 17/08/2020

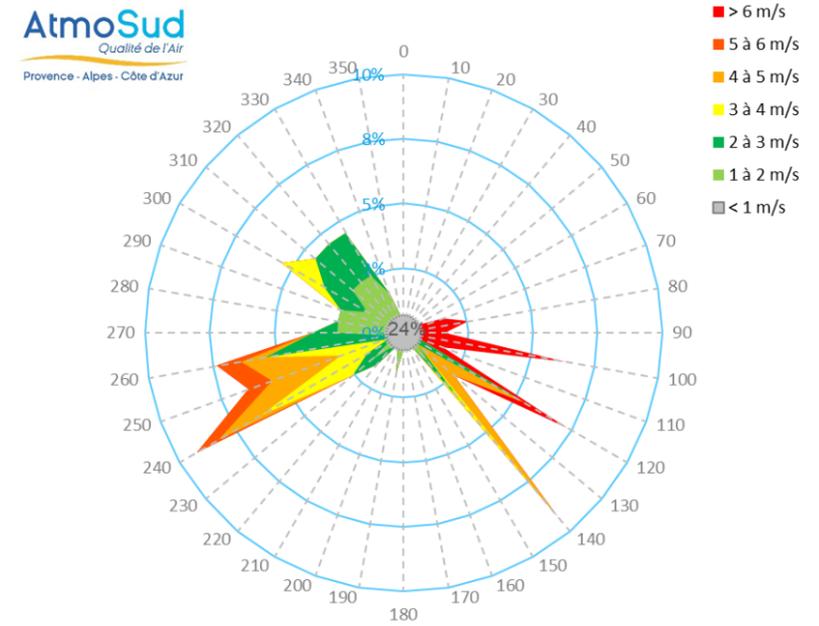
Vents forts de secteurs sud observés à Istres, et modérés provenant d'un grand nombre de directions à Martigues. Les vents sont également bien plus faibles à Berre. Pas de précipitations notables observées.



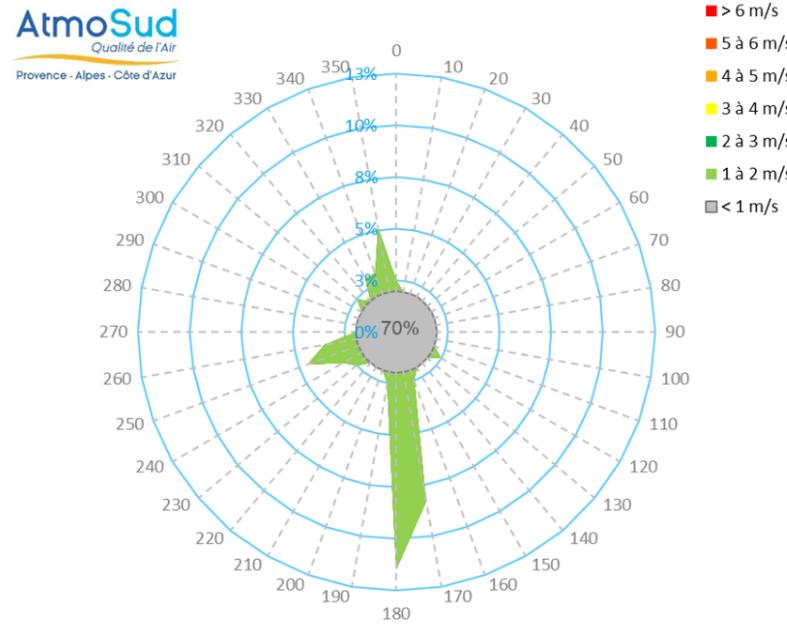
Rose des vents - station Station Martigues Notre Dame - AtmoSud  
10/08/2020 au 18/08/2020



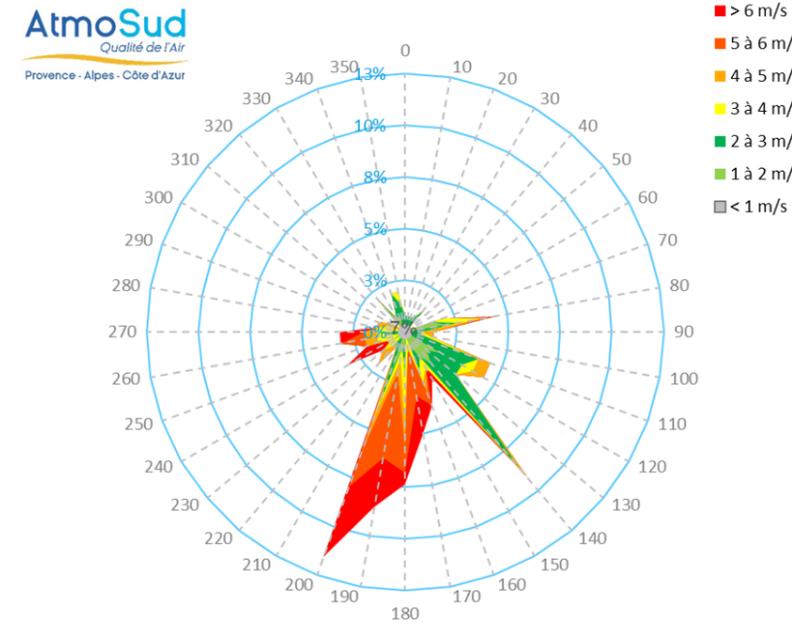
Rose des vents - station Station Istres - Météo France  
10/08/2020 au 18/08/2020



Rose des vents - station Station Martigues La Gatasse - AtmoSud  
10/08/2020 au 18/08/2020



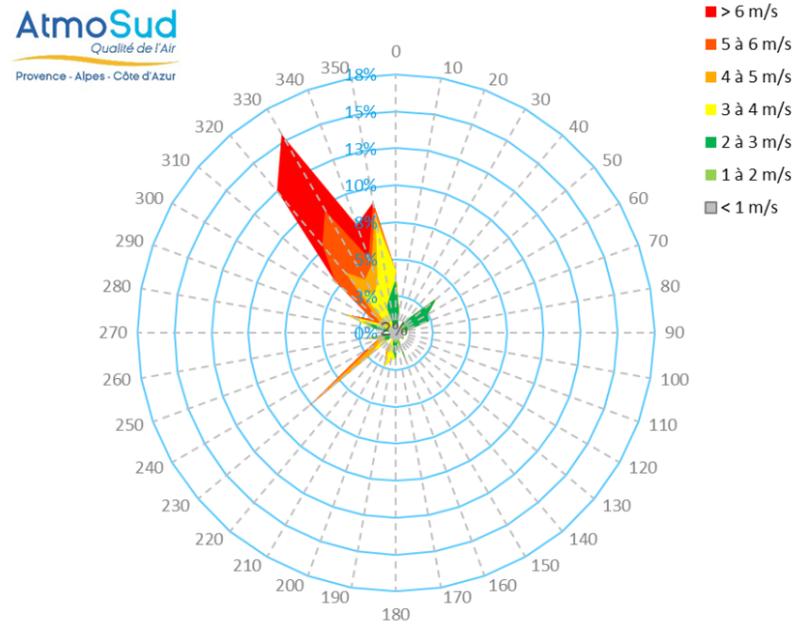
Rose des vents - station Station Berre - AtmoSud  
10/08/2020 au 18/08/2020



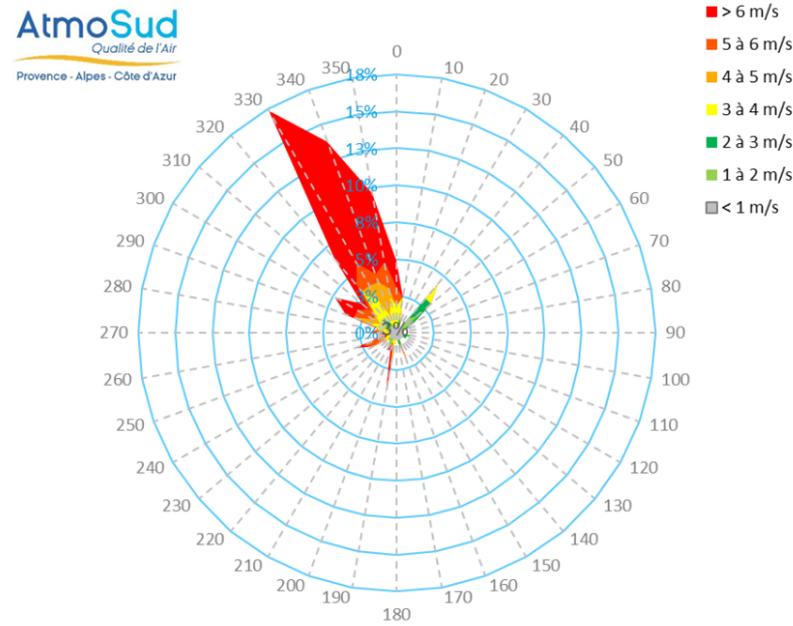
Rose des vents - station Station Aéroport Maignane - Météo France  
10/08/2020 au 17/08/2020

► C11 du 31/08/2020 au 07/09/2020

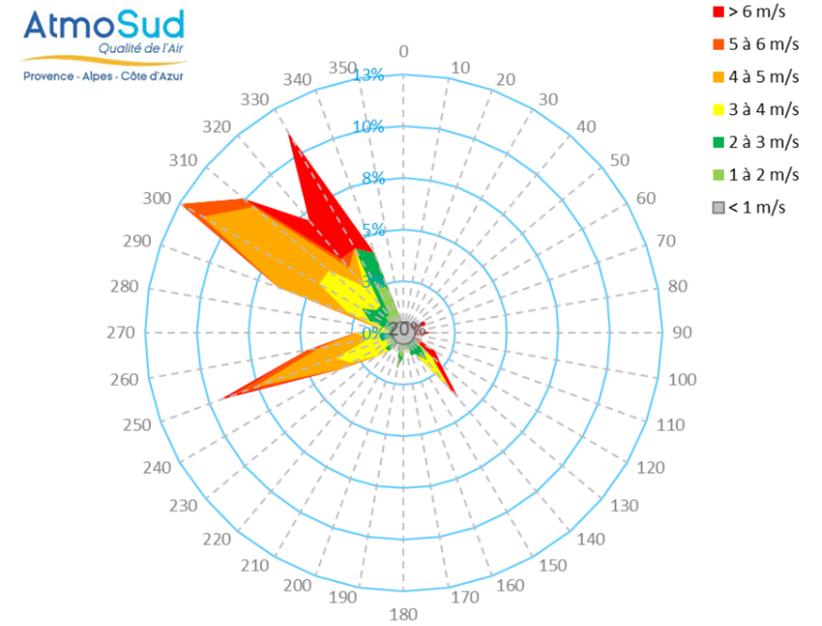
Vents modérés à forts de secteur Nord-Ouest à Martigues (mistral), et plus faibles à Berre. Ces conditions seraient favorables à une meilleure dispersion des émissions à Martigues, et donc de plus faibles concentrations attendues. Pas de précipitations observées.



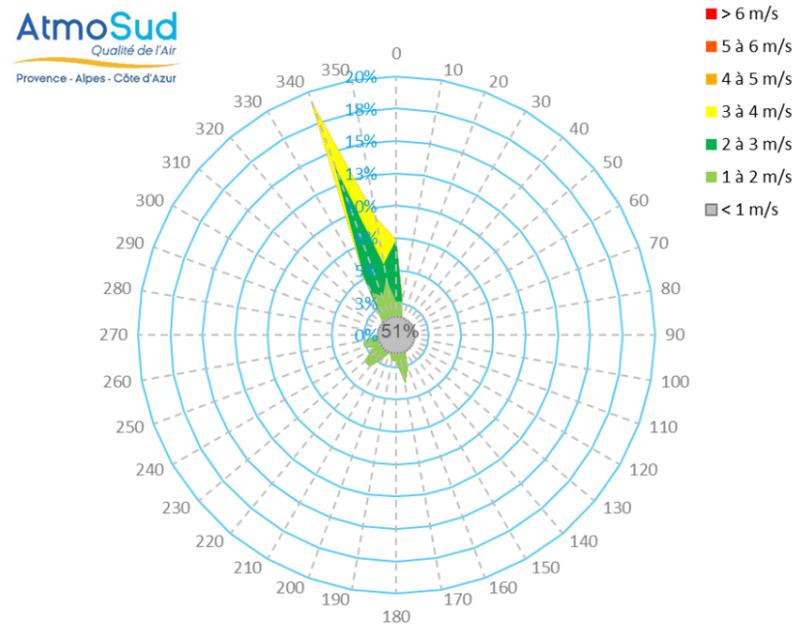
Rose des vents - station Station Martigues Notre Dame - AtmoSud  
31/08/2020 au 07/09/2020



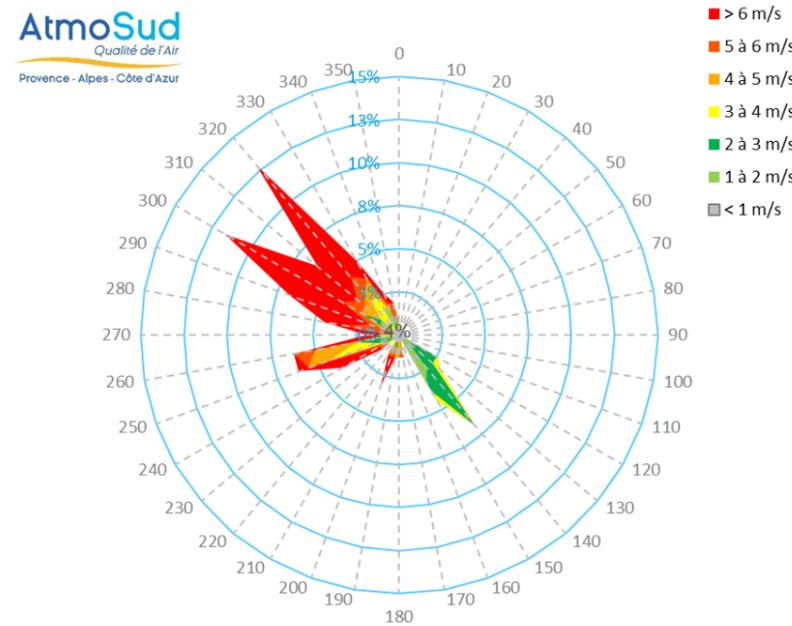
Rose des vents - station Station Istres - Météo France  
31/08/2020 au 07/09/2020



Rose des vents - station Station Martigues La Gatasse - AtmoSud  
31/08/2020 au 07/09/2020



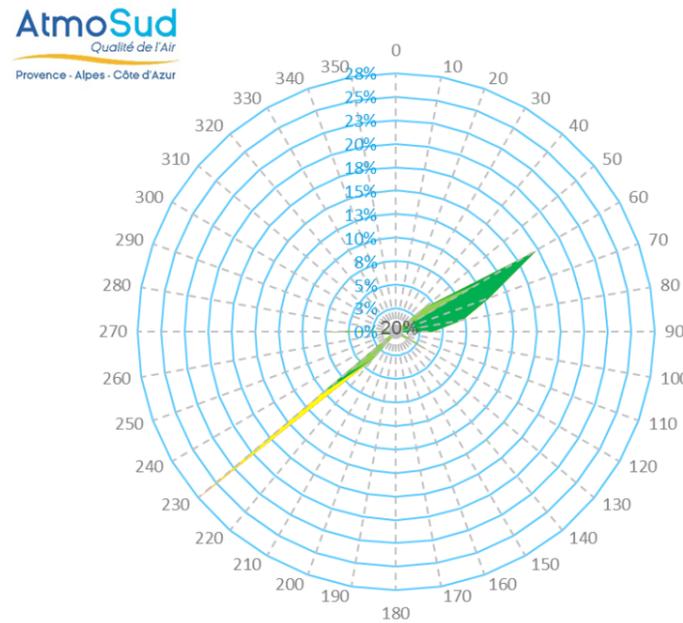
Rose des vents - station Station Berre - AtmoSud  
31/08/2020 au 07/09/2020



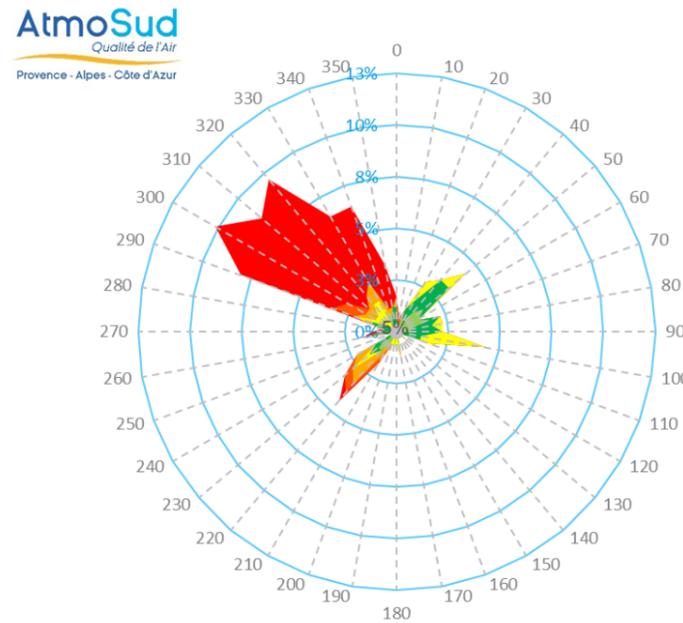
Rose des vents - station Station Aéroport Marseilles-Mérignac - Météo France  
31/08/2020 au 07/09/2020

► C12 du 21/09/2020 au 28/09/2020

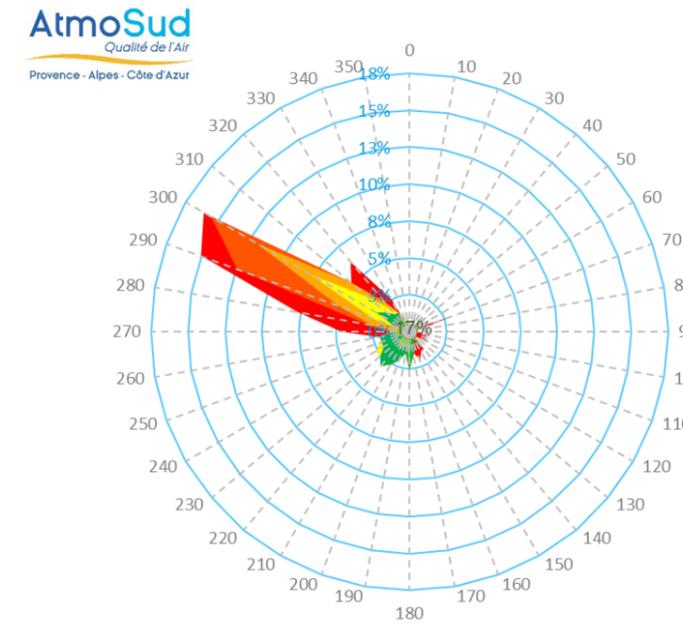
Vents modérés à forts de secteur Nord-Ouest à Martigues (mistral), et plus faibles sur Berre. La station météorologique de Notre Dame ne semble cependant pas proposer des valeurs comparables à celles d'Istres et de la Gâtasse. Ces conditions seraient favorables à une meilleure dispersion des émissions à Martigues, et donc de plus faibles concentrations attendues. Quelques faibles précipitations observées à Istres le 22 septembre.



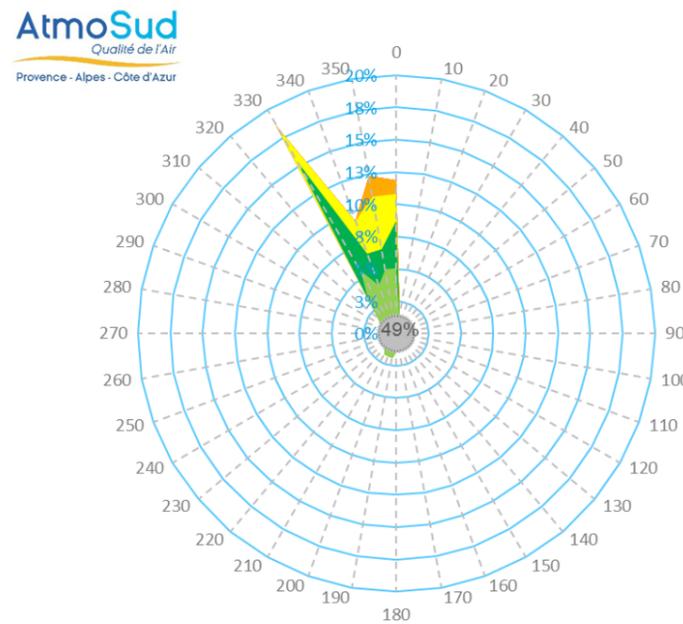
Rose des vents - station Station Martigues Notre Dame - AtmoSud  
21/09/2020 au 29/09/2020



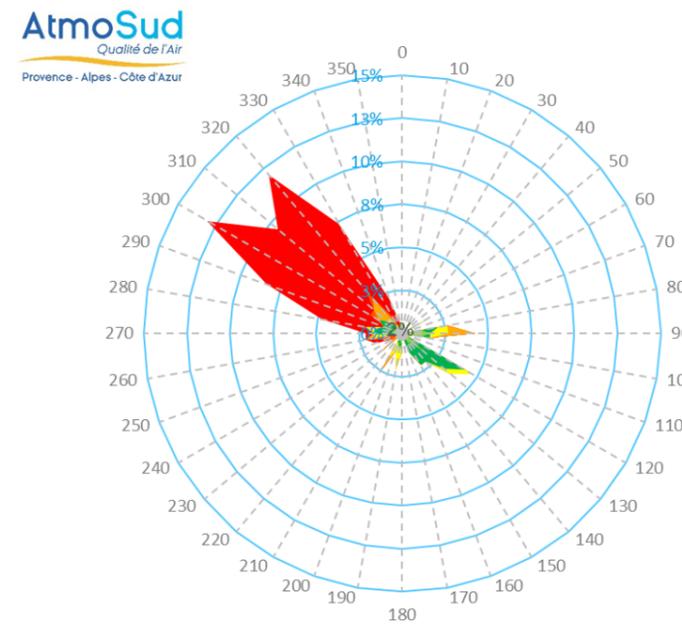
Rose des vents - station Station Istres - Météo France  
21/09/2020 au 29/09/2020



Rose des vents - station Station Martigues La Gâtasse - AtmoSud  
21/09/2020 au 29/09/2020



Rose des vents - station Station Berre - AtmoSud  
21/09/2020 au 29/09/2020



Rose des vents - station Station Aéroport Marseilles-Mérignac - Météo France  
21/09/2020 au 29/09/2020

## ANNEXE 3 Relevés de concentrations du Toluène, Ethylbenzène et xylènes

Tableau 24 : Relevé des concentrations en toluène en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par site sur les douze campagnes et valeurs moyennes

Zone	Ref	Site	Campagnes d'octobre 2019 à mars 2020								Campagnes estivales de juillet à septembre 2020			
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Blancs		Blancs de lots	< LQ								< LQ			
		Blancs de terrain	< LQ								< LQ			
Témoïn	STS	Salon-de-Provence	perdu	1.80	0.79	1.76	4.22	2.49	1.68	0.65	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			perdu	2.34	1.00	1.67	3.86	2.66	1.61	0.75	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
				1.80	2.27	0.65	1.81	4.05	2.43	1.62	0.69	n.m.	n.m.	n.m.
		Moyenne des réplcats	1.80	2.14	0.81	1.75	4.05	2.53	1.64	0.70	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
Fos-sur-Mer	SF-1	SF1	13.16	18.43	4.83	3.98	7.33	5.90	11.25	7.68	20.55	42.88	12.18	Inv
	SF-2	Fos Carabins	1.76	2.53	0.93	1.62	1.86	2.45	1.64	0.66	1.95	1.81	1.60	Inv
	SF-4	SF4	22.23	20.70	16.37	10.88	5.05	7.58	2.88	8.66	14.79	30.85	6.14	Inv
	SF-5	Plage de Cavaou	2.75	3.04	2.61	2.82	3.88	4.81	4.23	5.67	5.38	2.34	3.61	Inv
Martigues	SL-1	Châteauneuf/La Mède	2.55	25.51	2.78	5.69	7.65	11.78	10.46	3.12	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-2	Martigues/Couronne	1.46	2.13	0.46	1.14	2.04	1.75	1.57	0.61	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-3	Martigues/Caravelle	Indisp.	6.80	2.71	2.60	4.46	2.77	5.08	3.09	3.02	1.64	2.82	Inv
	SL-4	Martigues/Rénaïres	1.44	3.09	0.07	1.35	2.54	1.52	3.69	1.46	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-5	Martigues/Le Pati	4.17	7.18	2.48	4.44	4.72	2.91	2.37	1.71	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-6	Martigues/Ventrons	1.39	3.12	0.07	1.24	1.71	1.60	1.44	0.51	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-7	Martigues/St-Pierre	1.94	3.48	0.71	2.21	2.06	2.00	1.76	0.76	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-8	Sausset-les-Pins	1.25	1.83	0.07	1.37	2.24	1.83	1.30	0.89	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-9	Martigues/Lavéra	1.82	Inv	Inv	3.26	3.12	5.21	2.26	1.40	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			1.83	8.82	1.00	3.21	3.01	4.61	2.30	1.44	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			1.75	7.36	0.94	3.65	3.20	4.85	2.16	1.37	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	Moyenne des réplcats	1.80	8.09	0.97	3.37	3.11	4.89	2.24	1.40	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
	SL-10	Port-de-Bouc/Lèque	3.44	2.85	2.43	2.48	2.73	3.32	1.92	1.08	2.11	2.69	1.98	Inv
			n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	2.04	2.54	2.19
n.m.			n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	2.08	2.32	2.11	Inv
Moyenne des réplcats	3.44	2.85	2.43	2.48	2.73	3.32	1.92	1.08	2.08	2.52	2.09	Inv		
Berre-L'Étang	SB-1	Rognac/Ville	2.37	2.48	1.23	2.24	4.71	4.67	2.85	1.14	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SB-2	St-Estève	1.22	1.48	0.56	0.96	2.13	2.52	1.23	0.48	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SB-3	Berre-L'Étang	2.92	9.94	Inv	3.49	7.03	6.63	4.22	Inv	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			3.36	9.80	0.49	3.57	8.08	6.94	4.22	Inv	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			3.53	11.22	0.45	3.30	Inv	6.04	4.22	1.22	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
Moyenne des réplcats	3.27	10.32	0.47	3.45	7.56	6.54	4.22	1.22	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.		
SB-4	Rognac/Barjaquets	1.77	5.91	0.82	1.25	2.41	3.04	2.19	0.93	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
Marseille	SM-1	Château-St-Antoine	1.79	1.59	2.05	2.14	3.67	2.83	1.98	1.31	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SM-3	La Penne sur Huveaune	n.m.	n.m.	n.m.	2.91	3.25	3.91	2.81	1.83	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			n.m.	n.m.	n.m.	2.63	5.63	4.38	0.91	2.07	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			n.m.	n.m.	n.m.	2.98	4.30	4.04	2.52	1.82	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
Moyenne des réplcats	n.m.	n.m.	n.m.	2.84	4.39	4.11	2.08	1.90	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.		
STM1	Site Témoïn Penne/Huveaune	3.67	3.64	1.47	4.06	9.62	5.60	3.67	2.37	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	

Zone	Ref	Site	Valeur moyenne C1-C8	Valeur moyenne C1-C12
Blancs		Blancs de lots	< LQ	< LQ
		Blancs de terrain	< LQ	< LQ
Témoin	STS	Salon-de-Provence	1.93	n.m.
Fos-sur-Mer	SF-1	SF1	9.07	13.47
	SF-2	Fos Carabins	1.68	1.71
	SF-4	SF4	11.79	13.28
	SF-5	Plage de Cavaou	3.72	3.74
Martigues	SL-1	Châteauneuf/La Mède	8.69	n.m.
	SL-2	Martigues/Couronne	1.40	n.m.
	SL-3	Martigues/Caravelle	3.93	3.50
	SL-4	Martigues/Rénares	1.89	n.m.
	SL-5	Martigues/Le Pati	3.75	n.m.
	SL-6	Martigues/Ventrons	1.39	n.m.
	SL-7	Martigues/St-Pierre	1.86	n.m.
	SL-8	Sausset-les-Pins	1.35	n.m.
	SL-9	Martigues/Lavéra	3.23	n.m.
	SL-10	Port-de-Bouc/Lèque	2.53	2.45
Berre-L'Étang	SB-1	Rognac/Ville	2.71	n.m.
	SB-2	St-Estève	1.32	n.m.
	SB-3	Berre-L'ÉEtang	4.63	n.m.
	SB-4	Rognac/Barjaquets	2.29	n.m.
Marseille	SM-1	Château-St-Antoine	2.17	n.m.
	SM-3	La Penne sur Huveaune	3.07	n.m.
	STM1	Site Témoin Penne/Huveaune	4.26	n.m.

**Tableau 25 : Relevé des concentrations en éthylbenzène en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par site sur les douze campagnes et valeurs moyennes**

Zone	Ref	Site	Campagnes d'octobre 2019 à mars 2020								Campagnes estivales de juillet à septembre 2020			
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Blancs		Blancs de lots	< LQ								< LQ			
		Blancs de terrain	< LQ								< LQ			
Témoïn	STS	Salon-de-Provence	0.31	0.33	0.17	0.33	0.78	0.50	0.37	inv	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			perdu	0.41	0.20	0.32	0.69	0.46	0.39	0.16	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			perdu	0.43	inv	0.34	0.73	0.49	0.36	0.17	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
		<b>Moyenne des répliqués</b>	<b>0.31</b>	<b>0.39</b>	<b>0.19</b>	<b>0.33</b>	<b>0.73</b>	<b>0.48</b>	<b>0.37</b>	<b>0.17</b>	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
Fos-sur-Mer	SF-1	SF1	1.66	1.30	0.72	0.65	1.08	0.69	1.45	0.98	3.93	7.61	2.04	1.09
	SF-2	Fos Carabins	0.40	0.54	0.22	0.39	0.44	0.53	0.44	0.18	0.43	0.44	0.34	0.28
	SF-4	SF4	3.48	2.17	3.34	3.67	1.03	1.39	0.55	1.24	2.06	3.24	1.19	0.94
	SF-5	Plage de Cavaou	0.56	0.64	0.52	0.60	0.95	0.95	0.94	0.79	1.11	0.52	0.75	0.55
Martigues	SL-1	Châteauneuf/La Mède	0.49	1.88	0.64	0.78	1.39	1.57	1.35	0.41	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-2	Martigues/Couronne	0.24	0.37	0.08	0.21	0.37	0.30	0.33	0.08	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-3	Martigues/Caravelle	Indisp.	0.82	0.53	0.40	0.92	0.55	0.99	0.63	0.63	0.34	0.58	0.67
	SL-4	Martigues/Rénaïres	0.28	0.50	0.08	0.24	0.51	0.32	0.72	0.33	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-5	Martigues/Le Pati	0.53	0.75	0.30	0.66	0.83	0.67	0.50	0.29	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-6	Martigues/Ventrans	0.20	0.48	0.08	0.23	0.34	0.30	0.31	0.08	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-7	Martigues/St-Pierre	0.34	0.54	0.08	0.33	0.40	0.33	0.40	0.18	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-8	Sausset-les-Pins	0.23	0.35	0.08	0.24	0.43	0.32	0.29	0.08	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-9	Martigues/Lavéra	0.37	0.75	inv	0.57	0.78	0.85	0.60	0.35	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			0.39	1.25	0.27	0.55	0.79	0.86	0.59	0.38	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			0.39	1.02	0.26	0.64	0.82	1.06	0.56	0.35	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			<b>Moyenne des répliqués</b>	<b>0.38</b>	<b>1.01</b>	<b>0.27</b>	<b>0.59</b>	<b>0.80</b>	<b>0.92</b>	<b>0.58</b>	<b>0.36</b>	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-10	Port-de-Bouc/Lèque	0.49	0.41	0.49	0.46	0.69	0.81	0.47	0.23	0.46	0.52	0.37	0.28
			n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	0.47	0.48	0.42
n.m.			n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	0.46	0.44	0.40	0.32
<b>Moyenne des répliqués</b>			<b>0.49</b>	<b>0.41</b>	<b>0.49</b>	<b>0.46</b>	<b>0.69</b>	<b>0.81</b>	<b>0.47</b>	<b>0.23</b>	<b>0.46</b>	<b>0.48</b>	<b>0.40</b>	<b>0.31</b>
Berre-L'Étang	SB-1	Rognac/Ville	0.47	0.60	0.25	0.50	1.25	1.21	0.80	0.28	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SB-2	St-Estève	0.41	0.31	0.17	0.28	0.61	0.86	0.34	0.08	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SB-3	Berre-L'Étang	1.28	2.38	inv	1.35	3.00	2.83	1.62	inv	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			1.42	2.34	0.19	1.46	3.46	2.98	1.63	inv	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			1.48	2.61	0.17	1.13	inv	2.67	1.62	0.64	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
<b>Moyenne des répliqués</b>	<b>1.39</b>	<b>2.44</b>	<b>0.18</b>	<b>1.31</b>	<b>3.23</b>	<b>2.83</b>	<b>1.62</b>	<b>0.64</b>	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.		
SB-4	Rognac/Barjaquets	0.39	0.64	0.19	0.23	0.81	0.96	0.63	0.34	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
Marseille	SM-1	Château-St-Antoine	0.71	0.32	0.65	0.67	1.36	0.67	0.56	0.40	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SM-3	La Penne sur Huveaune	n.m.	n.m.	n.m.	1.08	0.72	1.46	1.50	0.61	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			n.m.	n.m.	n.m.	0.98	1.30	1.18	0.54	0.59	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			n.m.	n.m.	n.m.	1.10	0.95	1.29	1.36	0.60	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
<b>Moyenne des répliqués</b>	n.m.	n.m.	n.m.	<b>1.05</b>	<b>0.99</b>	<b>1.31</b>	<b>1.13</b>	<b>0.60</b>	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.		
STM1	Site Témoïn Penne/Huveaune	0.57	0.53	0.28	0.85	1.91	0.96	0.65	0.48	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	

Zone	Ref	Site	Valeur moyenne C1-C8	Valeur moyenne C1-C12
Blancs		Blancs de lots	< LQ	< LQ
		Blancs de terrain	< LQ	< LQ
Témoin	STS	Salon-de-Provence	0.37	n.m.
Fos-sur-Mer	SF-1	SF1	1.07	1.93
	SF-2	Fos Carabins	0.39	0.39
	SF-4	SF4	2.11	2.03
	SF-5	Plage de Cavaou	0.74	0.74
Martigues	SL-1	Châteauneuf/La Mède	1.06	n.m.
	SL-2	Martigues/Couronne	0.25	n.m.
	SL-3	Martigues/Caravelle	0.69	0.64
	SL-4	Martigues/Rénares	0.37	n.m.
	SL-5	Martigues/Le Pati	0.57	n.m.
	SL-6	Martigues/Ventrons	0.25	n.m.
	SL-7	Martigues/St-Pierre	0.32	n.m.
	SL-8	Sausset-les-Pins	0.25	n.m.
	SL-9	Martigues/Lavéra	0.61	n.m.
	SL-10	Port-de-Bouc/Lèque	0.51	0.47
Berre-L'Étang	SB-1	Rognac/Ville	0.67	n.m.
	SB-2	St-Estève	0.38	n.m.
	SB-3	Berre-L'Étang	1.70	n.m.
	SB-4	Rognac/Barjaquets	0.52	n.m.
Marseille	SM-1	Château-St-Antoine	0.67	n.m.
	SM-3	La Penne-su- Huveaune	1.02	n.m.
	STM1	Site Témoin Penne/Huveaune	0.78	n.m.

**Tableau 26 : Relevé des concentrations en m+p-xyliènes en µg/m<sup>3</sup> par site sur les douze campagnes et valeurs moyennes**

Zone	Ref	Site	Campagnes d'octobre 2019 à mars 2020								Campagnes estivales de juillet à septembre 2020			
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Blancs		Blancs de lots	< LQ								< LQ			
		Blancs de terrain	< LQ								< LQ			
Témoïn	STS	Salon-de-Provence	0.98	0.83	0.52	1.14	2.96	1.67	1.24	0.40	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			perdu	0.99	0.60	1.09	2.52	1.88	1.17	0.47	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			perdu	0.99	0.43	1.13	2.69	1.88	1.19	0.50	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			Moyenne des répliquats	0.98	0.93	0.52	1.12	2.72	1.81	1.20	0.46	n.m.	n.m.	n.m.
Fos-sur-Mer	SF-1	SF1	5.29	4.15	2.39	2.42	4.07	2.55	5.01	3.55	12.66	26.80	6.14	3.34
	SF-2	Fos Carabins	1.19	1.74	0.67	1.19	1.56	2.04	1.40	0.51	1.43	1.39	1.00	0.90
	SF-4	SF4	12.83	9.07	13.12	14.93	3.80	4.77	1.82	4.83	7.28	13.70	4.07	2.24
	SF-5	Plage de Cavaou	1.81	2.34	1.87	2.05	3.20	3.02	3.12	2.82	3.92	1.77	2.61	1.90
Martigues	SL-1	Châteauneuf/La Mède	1.57	6.65	1.86	2.36	5.73	5.76	4.38	1.08	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-2	Martigues/Couronne	0.66	1.31	0.35	0.72	1.21	1.01	1.02	0.36	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-3	Martigues/Caravelle	Indisp.	2.79	1.74	1.38	2.54	1.82	2.96	1.78	2.04	1.12	1.61	1.95
	SL-4	Martigues/Rénaire	0.70	1.68	0.08	0.80	1.37	0.93	2.11	0.87	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-5	Martigues/Le Pati	1.78	2.85	1.08	1.99	2.94	2.10	1.50	0.85	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-6	Martigues/Ventrans	0.51	1.78	0.08	0.72	1.09	0.92	0.90	0.30	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-7	Martigues/St-Pierre	0.99	1.89	0.42	1.12	1.28	1.06	1.00	0.48	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-8	Sausset-les-Pins	0.64	1.12	0.08	0.79	1.54	1.04	0.85	0.56	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-9	Martigues/Lavéra	1.06	inv	inv	2.02	2.75	2.79	1.74	0.92	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			1.07	4.44	0.89	1.95	2.62	2.80	1.74	0.96	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			0.98	3.69	0.87	2.16	2.57	2.98	1.62	0.98	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
				Moyenne des répliquats	1.04	4.06	0.88	2.05	2.65	2.86	1.70	0.95	n.m.	n.m.
	SL-10	Port-de-Bouc/Lèque	1.46	1.36	1.74	1.60	2.37	2.25	1.46	0.68	1.62	1.73	1.37	0.78
			n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	1.56	1.61	1.45
n.m.			n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	1.59	1.48	1.44	1.10
			Moyenne des répliquats	1.46	1.36	1.74	1.60	2.37	2.25	1.46	0.68	1.59	1.61	1.42
Berre-L'Étang	SB-1	Rognac/Ville	1.37	1.73	0.80	1.63	4.40	3.14	2.32	0.85	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SB-2	St-Estève	1.20	0.99	0.41	0.83	1.78	2.47	0.91	0.33	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SB-3	Berre-l'Étang	3.72	5.76	inv	3.69	8.40	6.95	4.11	inv	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			4.16	5.92	0.48	3.75	9.75	inv	4.18	inv	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			4.16	6.61	0.47	3.36	inv	6.72	4.09	2.01	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
		Moyenne des répliquats	4.02	6.10	0.47	3.60	9.07	6.83	4.12	2.01	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
SB-4	Rognac / Barjaquets	1.02	2.02	0.51	0.76	2.54	2.71	1.80	1.02	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
Marseille	SM-1	Château-St-Antoine	2.48	0.99	2.38	2.40	5.46	2.52	2.01	1.45	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SM-3	La Penne-sur-Huveaune	n.m.	n.m.	n.m.	4.02	2.64	5.52	5.81	2.55	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			n.m.	n.m.	n.m.	3.60	4.73	5.78	2.20	2.60	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			n.m.	n.m.	n.m.	4.08	3.33	5.10	5.19	2.63	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
		Moyenne des répliquats	n.m.	n.m.	n.m.	3.90	3.57	5.47	4.40	2.60	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
STM1	Site Témoïn Penne/Huveaune	2.08	1.77	0.93	3.30	7.45	3.73	2.35	1.68	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	

Zone	Ref	Site	Valeur moyenne C1-C8	Valeur moyenne C1-C12
Blancs		Blancs de lots	< LQ	< LQ
		Blancs de terrain	< LQ	< LQ
Témoin	STS	Salon-de-Provence	1.22	n.m.
Fos-sur-Mer	SF-1	SF1	3.68	6.53
	SF-2	Fos Carabins	1.29	1.25
	SF-4	SF4	8.15	7.71
	SF-5	Plage de Cavaou	2.53	2.54
Martigues	SL-1	Châteauneuf/La Mède	3.67	n.m.
	SL-2	Martigues/Couronne	0.83	n.m.
	SL-3	Martigues/Caravelle	2.15	1.98
	SL-4	Martigues/Rénares	1.07	n.m.
	SL-5	Martigues/Le Pati	1.88	n.m.
	SL-6	Martigues/Ventrons	0.79	n.m.
	SL-7	Martigues St-Pierre	1.03	n.m.
	SL-8	Sausset-les-Pins	0.83	n.m.
	SL-9	Martigues/Lavéra	2.02	n.m.
	SL-10	Port-de-Bouc/Lèque	1.62	1.54
Berre-L'Étang	SB-1	Rognac/Ville	2.03	n.m.
	SB-2	St-Estève	1.11	n.m.
	SB-3	Berre-L'Étang	4.53	n.m.
	SB-4	Rognac / Barjaquets	1.55	n.m.
Marseille	SM-1	Château-St-Antoine	2.46	n.m.
	SM-3	La Penne-sur-Huveaune	3.99	n.m.
	STM1	Site Témoin Penne/Huveaune	2.91	n.m.

**Tableau 27 : Relevé des concentrations en o-xylène en µg/m³ par site sur les douze campagnes et valeurs moyennes**

Zone	Ref	Site	Campagnes d'octobre 2019 à mars 2020								Campagnes estivales de juillet à septembre 2020			
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Blancs		Blancs de lots	< LQ								< LQ			
		Blancs de terrain	< LQ								< LQ			
Témoïn	STS	Salon-de-Provence	0.45	0.30	0.23	0.45	1.08	0.58	0.48	0.18	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			perdu	0.35	0.25	0.44	0.95	0.54	0.45	0.20	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			perdu	0.34	0.18	0.45	0.99	0.61	0.45	0.21	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			Moyenne des réplcats	0.45	0.33	0.22	0.45	1.00	0.58	0.46	0.20	n.m.	n.m.	n.m.
Fos-sur-Mer	SF-1	SF1	1.88	1.42	0.98	0.95	1.53	0.88	1.82	1.31	4.57	10.74	2.27	1.07
	SF-2	Fos Carabins	0.45	0.61	0.39	0.50	0.63	0.63	0.61	0.24	0.59	0.57	0.46	0.30
	SF-4	SF4	4.50	2.53	4.39	5.01	1.59	1.73	0.73	1.79	2.65	4.53	1.70	0.74
	SF-5	Plage de Cavaou	0.69	0.85	0.92	0.85	1.56	1.26	1.27	1.11	1.52	0.79	1.19	0.64
Martigues	SL-1	Châteauneuf/La Mède	0.72	1.94	0.96	1.03	1.99	1.91	1.61	0.43	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-2	Martigues/Couronne	0.27	0.46	0.09	0.31	0.43	0.39	0.40	0.08	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-3	Martigues/Caravelle	Indisp.	0.84	0.76	0.58	0.89	0.68	1.13	0.80	0.79	0.46	0.72	0.58
	SL-4	Martigues/Rénaïres	0.31	0.50	0.09	0.35	0.52	0.35	0.86	0.41	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-5	Martigues/Le Pati	0.76	0.91	0.42	0.82	0.96	0.70	0.67	0.37	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-6	Martigues/Ventrans	0.23	0.57	0.09	0.32	0.39	0.36	0.36	0.08	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-7	Martigues St-Pierre	0.41	0.62	0.18	0.47	0.48	0.40	0.42	0.26	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-8	Sausset-les-Pins	0.27	0.37	0.08	0.34	0.50	0.36	0.34	0.24	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-9	Martigues/Lavéra	0.47	inv	inv	0.89	1.02	1.11	0.73	0.46	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			0.49	1.33	0.40	0.89	1.00	1.18	0.75	0.45	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			0.43	1.18	0.38	0.99	1.00	1.09	0.70	0.44	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
		Moyenne des réplcats	0.46	1.25	0.39	0.92	1.01	1.13	0.73	0.45	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SL-10	Port-de-Bouc/Lèque	0.56	0.55	0.77	0.65	0.94	0.90	0.59	0.30	0.72	0.71	0.49	0.24
			n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	0.70	0.64	0.61
n.m.			n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	0.71	0.60	0.59	0.37
	Moyenne des réplcats	0.56	0.55	0.77	0.65	0.94	0.90	0.59	0.30	0.71	0.65	0.56	0.29	
Berre-L'Étang	SB-1	Rognac/Ville	0.54	0.59	0.33	0.67	1.43	1.21	0.91	0.36	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SB-2	St-Estève	0.41	0.34	0.20	0.33	0.70	0.95	0.39	0.08	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SB-3	Berre-L'Étang	1.38	1.75	inv	1.39	2.99	2.55	1.55	inv	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			1.67	1.77	0.20	1.44	3.49	2.76	1.63	inv	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			1.75	2.07	0.19	1.27	inv	2.57	1.60	0.80	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	Moyenne des réplcats	1.60	1.86	0.20	1.36	3.24	2.63	1.60	0.80	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
SB-4	Rognac/Barjaquets	0.42	0.73	0.22	0.34	0.85	1.04	0.71	0.41	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	
Marseille	SM-1	Château-St-Antoine	1.10	0.33	0.92	0.93	1.85	1.03	0.79	0.66	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
	SM-3	La Penne-sur-Huveaune	n.m.	n.m.	n.m.	1.60	0.94	2.02	2.25	0.94	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			n.m.	n.m.	n.m.	1.44	1.68	1.70	0.88	0.95	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
			n.m.	n.m.	n.m.	1.66	1.21	1.94	2.04	0.96	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
		Moyenne des réplcats	n.m.	n.m.	n.m.	1.57	1.28	1.88	1.72	0.95	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
STM1	Site Témoïn Penne/Huveaune	0.86	0.61	0.37	1.26	2.62	1.31	0.90	0.72	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	

Zone	Ref	Site	Valeur moyenne C1-C8	Valeur moyenne C1-C12
Blancs		Blancs de lots	< LQ	< LQ
		Blancs de terrain	< LQ	< LQ
Témoin	STS	Salon-de-Provence	0.46	n.m.
Fos-sur-Mer	SF-1	SF1	1.35	2.45
	SF-2	Fos Carabins	0.51	0.50
	SF-4	SF4	2.78	2.66
	SF-5	Plage de Cavaou	1.06	1.05
Martigues	SL-1	Châteauneuf/La Mède	1.32	n.m.
	SL-2	Martigues/Couronne	0.30	n.m.
	SL-3	Martigues/Caravelle	0.81	0.75
	SL-4	Martigues/Rénares	0.42	n.m.
	SL-5	Martigues/Le Pati	0.70	n.m.
	SL-6	Martigues/Ventrons	0.30	n.m.
	SL-7	Martigues/St-Pierre	0.40	n.m.
	SL-8	Sausset-les-Pins	0.31	n.m.
	SL-9	Martigues/Lavéra	0.79	n.m.
	SL-10	Port-de-Bouc/Lèque	0.66	0.62
Berre-L'Étang	SB-1	Rognac/Ville	0.75	n.m.
	SB-2	St-Estève	0.43	n.m.
	SB-3	Berre-L'Étang	1.66	n.m.
	SB-4	Rognac / Barjaquets	0.59	n.m.
Marseille	SM-1	Château-St-Antoine	0.95	n.m.
	SM-3	La Penne-sur-Huveaune	1.48	n.m.
	STM1	Site Témoin Penne/Huveaune	1.08	n.m.

# 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

