

# Plan de Surveillance des Particules dans la région PACA

## Particules Ultra-Fines (PUF) - Granulométrie

### *Bilan des mesures réalisées en 2015*

#### 1. Introduction et contexte

Depuis plusieurs années, l'intérêt croissant pour la surveillance des particules de très petites tailles, et pour leur caractérisation chimique a conduit Air PACA à mettre en place un plan de surveillance spécifique pour les particules fines. Parmi les actions de ce plan, Air PACA s'est dotée en 2014 et 2015 de trois analyseurs de carbone suie (ou black carbon) et de deux granulomètres, permettant de caractériser le nombre et la taille des très fines particules.

Cette note présente le bilan technique et scientifique des mesures granulométriques des particules ultrafines réalisées en 2015.

#### 2. Domaine d'investigation

##### a. Paramètres et équipement de mesures

Air PACA dispose actuellement de deux granulomètres (TSI 3031).

Le granulomètre TSI 3031 permet d'obtenir la distribution en taille de 6 classes de particules différentes :



Photo 1 : Granulomètre (3031 Ultrafine Particle Monitor, TSI)

- Ch1 : 20-30 nm
- Ch2 : 30-50 nm
- Ch3 : 50-70 nm
- Ch4 : 70-100 nm
- Ch5 : 100-200 nm
- Ch6 : 200-1000 nm

## **b. Sites de mesures**

Les deux granulomètres sont opérationnels dans deux sites fixes :

- à Marseille Cinq Avenues depuis décembre 2014,
- à Port de Bouc / La Lègue depuis juillet 2015.

**Marseille Cinq Avenues** est situé dans un grand parc de la ville, en léger retrait des voies de circulation.

Le site de mesure situé sur le sommet (70m) du parc Longchamp, localisé dans le cœur de la ville de Marseille (850 000 hab.)

Axes de circulation d'importances : Bd Cassini au nord à 130m, Bld Philippon au sud à 220m, Bd Monticher à l'ouest à 110m.

Gare SnCF St Charles : 540m des voies SnCF dans le Nord-Ouest.

Port de Marseille : Bateaux de croisières & liaisons corse et Maghreb à 2700m dans le Nord-Ouest.



**Port de Bouc** est un tissu urbain peu dense mais sous influence directe de sources industrielles.

Le site de mesure est situé dans l'enceinte de la caserne des marins pompiers de la ville (17 000 hab.) dans le quartier de la Lègue, en périphérie du centre ville et à proximité de la mer.

Axes de circulation d'importances :

Avenue Maurice Thorez à 130m à l'Ouest  
Nationale N568 à 1500m au Nord-Est.

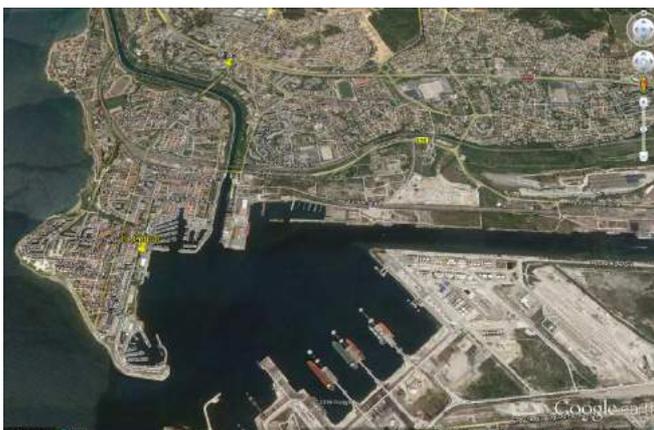
Port pétrolier de Lavéra : à 1200m à l'Est, Sud/est.

Zone industrielle Lavéra : à 3000m, à l'est, Sud-Est

Ports Minéralier, conteneurs, pétrolier, gazier de

Fos sur Mer : au Nord-Ouest à 7km

Zone industrielle Fos : au Nord-Ouest à 8km



**c. Périodes et taux de fonctionnement**

Le tableau 1 ci-dessous présente les différentes périodes de mesure, accompagnées du taux de fonctionnement, réalisées sur le site de Marseille.

Période	Tx fonctionnement - %	Commentaires	
2015	janvier	100%	
	février	86%	
	mars	97%	
	avril	97%	
	mai	59%	départ mi-mai pour intercomp INERIS
	juin	0%	Intercomp INERIS
	juillet	69%	Retour intercomp INERIS et installation en station mi-juillet
	août	51%	Arrêt imprévu de l'appareil
	septembre	28%	Relance manuelle suite à un changement de filtre carbon
	octobre	100%	
	novembre	17%	Envoi en maintenance début novembre
	décembre	0%	Maintenance

Tableau 1 : Période de mesures et taux de fonctionnement du TSI 3031 de Marseille Cinq Avenues en 2015

Le tableau 2 présente les différentes périodes de mesure, accompagnées du taux de fonctionnement, réalisées sur le site de Port-de-Bouc.

Période	Tx fonctionnement - %	Commentaires	
2015	juillet	47%	Installation le 17/07/15
	août	100%	
	septembre	100%	
	octobre	100%	
	novembre	100%	
	décembre	100%	

Tableau 2 : Période de mesures et taux de fonctionnement du TSI 3031 de Port-de-Bouc / La Lègue en 2015

Il est important de garder à l'esprit, dans l'analyse qui va suivre, que le taux de fonctionnement annuel, en 2015, des appareils de Marseille et de Port-de-Bouc approche respectivement 60 % et 46 %.

Les moyennes et autres valeurs données sur l'année sont donc à relativiser par rapport au taux de fonctionnement des appareils de mesure.

Note : Les mesures de particules de diamètre compris entre 200 et 1000 nm sur Marseille sont disponibles uniquement pour le premier semestre 2015.

### 3. Résultats

#### a. Statistiques descriptives

Le tableau 3 ci-dessous reprend les principales statistiques sur les sites de Marseille et Port-de-Bouc. Les valeurs indiquées représentent le nombre de particules/cm<sup>3</sup> pour chaque classe de particules.

Marseille Cinq Av.	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm *	Somme PUF	Diamètre moyen (nm) *	Ecart-type *	Finesse *
Moyenne	2406	2419	1404	1131	1534	528	9224	88	99	113%
Médiane	1947	1967	1128	882	1251	309	7717			
Maximum horaire	17789	10979	7637	8871	13233	4422	43923			
Maximum jour	5739	5275	3507	3383	4848	2634	21355			
Semaine	2502	2525	1471	1188	1613	567	10051	88	99	113%
Week-end	2174	2165	1242	994	1346	432	8590	86	97	113%
Dimanche	1950	1931	1118	923	1303	407	7878	89	100	113%

\* : Chiffres basés sur le 1<sup>er</sup> semestre 2015 uniquement

Centile 95	5991	5809	3384	2825	3768	1734	21053
Centile 75	3074	3109	1807	1428	1935	673	11769
Centile 25	1182	1250	718	547	771	152	5189
Centile 5	522	618	368	265	370	52	2864

Port de Bouc (à partir du 19/07/2015)	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Somme PUF	Diamètre moyen (nm)	Ecart-type	Finesse
Moyenne	2028	2014	1249	1082	1195	291	7859	85	93	110%
Médiane	1532	1527	990	858	922	238	6633			
Maximum horaire	18245	17329	9237	7359	6902	1698	45892			
Maximum jour	6496	4407	2687	2349	3230	1107	14603			
Semaine	2067	2019	1241	1067	1166	283	7842	85	93	111%
Week-end	1931	2001	1270	1118	1267	312	7900	87	94	110%
Dimanche	2028	2083	1279	1080	1188	287	7945	85	93	111%

Centile 95	5403	5195	3139	2636	3039	683	18002
Centile 75	2678	2661	1597	1435	1564	400	10285
Centile 25	790	852	601	513	548	132	4066
Centile 5	296	394	290	253	250	54	2190

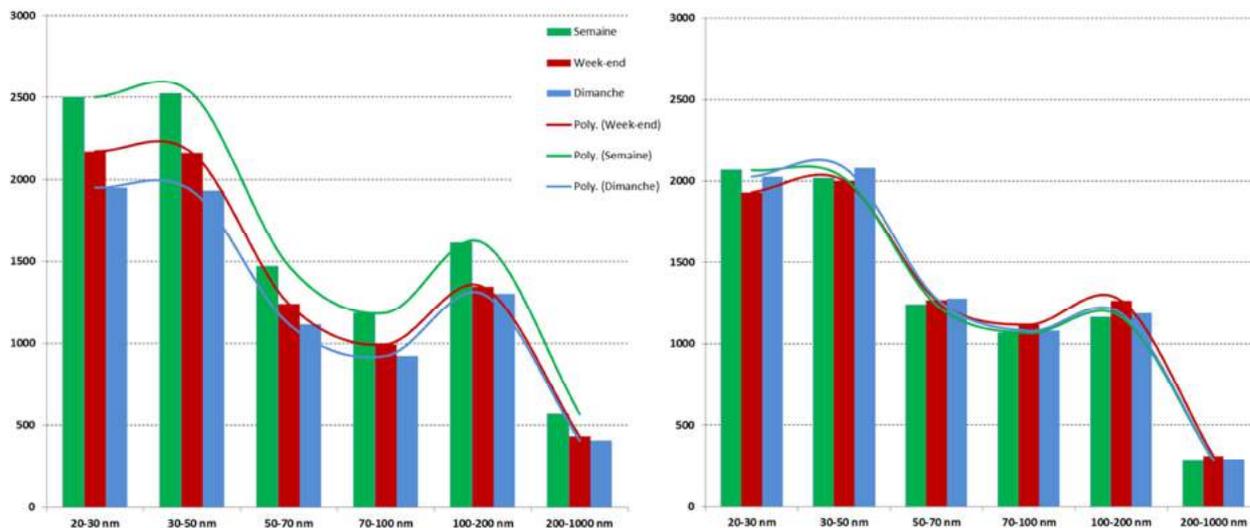
Tableau 3 : Statistiques élémentaires (p/cm<sup>3</sup>) sur Marseille (en haut) et Port-de-Bouc (en bas) – Année 2015

En moyenne sur l'année 2015, les niveaux de particules s'élèvent à environ 9600 p/cm<sup>3</sup> sur Marseille et 7600 p/cm<sup>3</sup> sur Port-de-Bouc. Les niveaux sont plus élevées à Marseille quelle que soit la classe de particules concernée. L'écart est d'environ 17 % pour la classe 20-30 nm, 8 % pour la classe 70-100 nm et 62 % pour la classe > 200 nm.

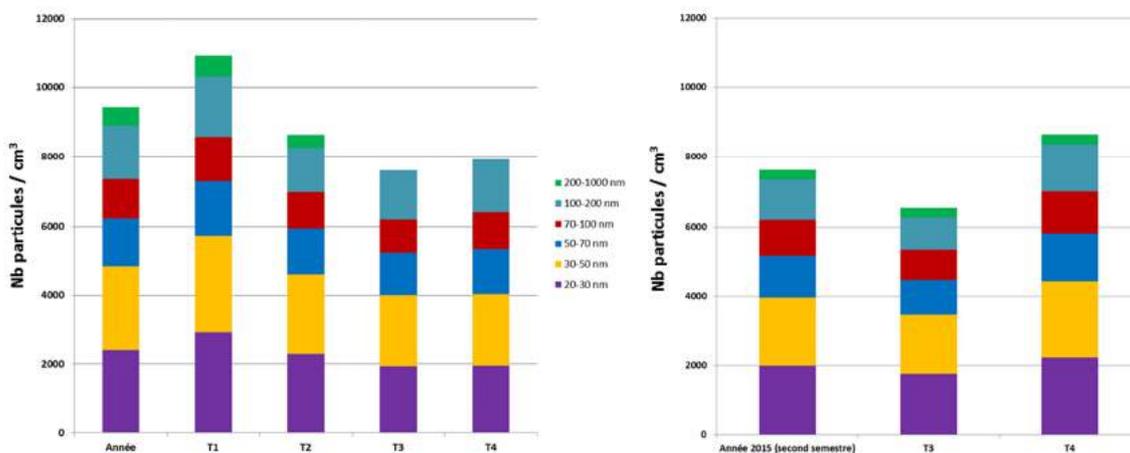
Des informations sur les données granulométriques recueillies sur différents sites hors de la région PACA sont disponibles en *Annexe 1*.

**b. Distributions granulométriques**

Les graphes 1 et 2 ci-dessous permettent une meilleure visualisation des variations entre les valeurs recueillies en semaine et celles recueillies le week-end.



Graph 1 : Représentation des niveaux des différentes classes de particules en semaine, le week-end ainsi que le dimanche pour Marseille (à gauche) et Port-de-Bouc (à droite) – Année 2015



Graph 2 : Cumuls trimestriels et annuel à Marseille (à gauche) et Port-de-Bouc (à droite) – Année 2015

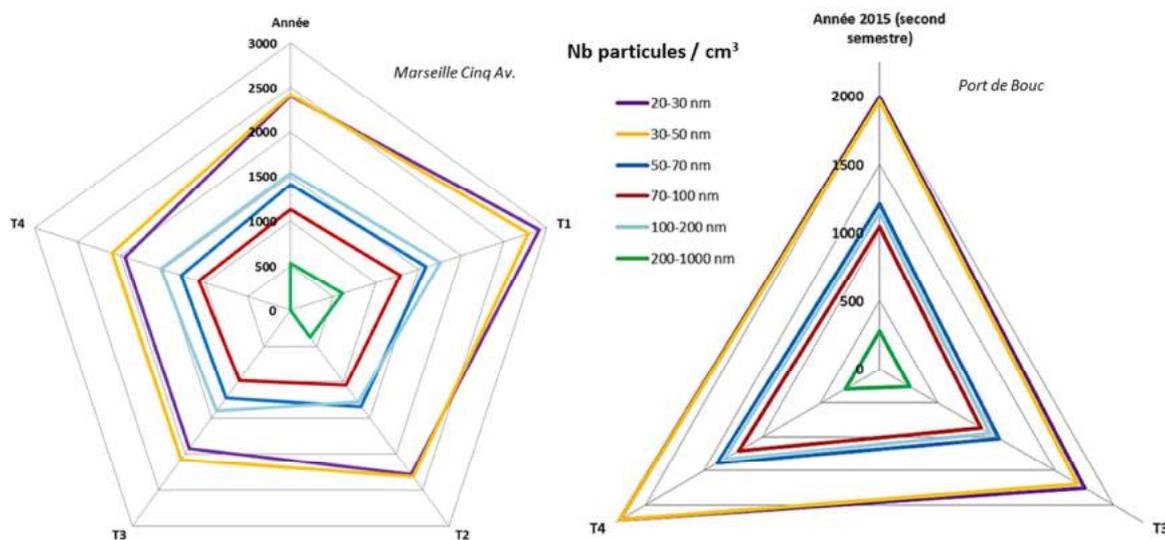
L'écart entre les niveaux observés en semaine et ceux observés le week-end tend à se réduire lorsque la classe de particules considérée augmente.

Dans le cas de Port-de-Bouc, on note des niveaux plus élevés le week-end qu'en semaine, plausiblement en lien avec la période de mesures, couvrant uniquement le second semestre, du 19 juillet au 31 décembre.

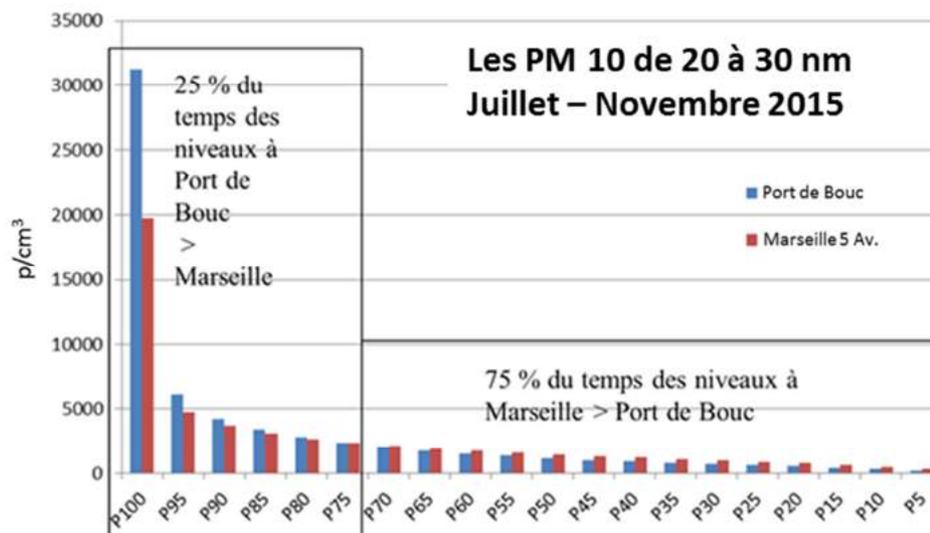
Le détail du traitement par trimestre est donné en *Annexe 2*.

Les cumuls de concentrations pour les différentes classes de taille de particules sont représentés dans le graphe 2. Ils montrent une indication intéressante sur la saisonnalité. Ainsi, à Marseille, les niveaux cumulés les plus élevés, sont observés durant le 1<sup>er</sup> trimestre, correspondant à la période froide de l'année.

Dans le cas de Port-de-Bouc, les données disponibles concernent seulement les deux derniers trimestres. L'augmentation du cumul entre le 3<sup>ème</sup> trimestre et le 4<sup>ème</sup> laisse supposer un effet de saisonnalité également.



Grphe 3 : Profils trimestriels par classe granulométrique pour Marseille (à gauche) et Port-de-Bouc (à droite) – Année 2015



Graph 4 : Moyennes horaires - Comparaison Marseille (en rouge) – Port-de-Bouc (en bleu) pour les différents centiles

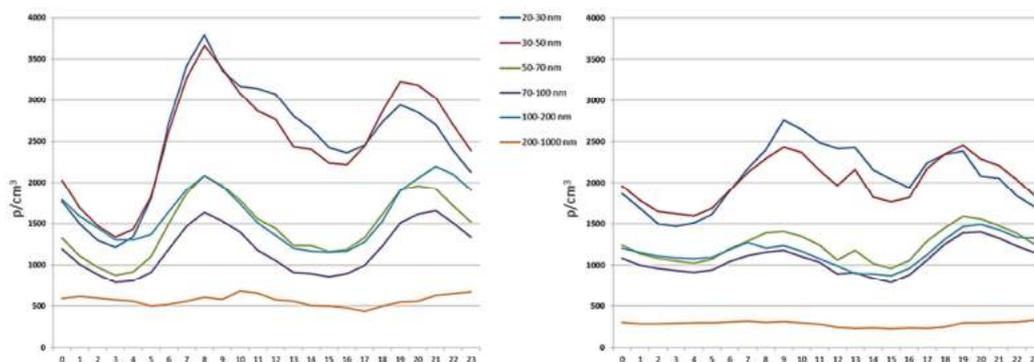
Pour les percentiles élevés (>75), les niveaux sont plus élevés à Port-de-Bouc qu'à Marseille. Cela est probablement en lien avec l'activité industrielle proche induisant des augmentations moyennes horaires des niveaux très élevés mais ponctuels (pics) de particules lors des rejets. Les niveaux de fond, représentés par les percentiles plus faibles, sont plus élevés à Marseille qu'à Port-de-Bouc.

Ces résultats montrent que l'activité urbaine de la ville de Marseille engendre une pollution chronique plus importante, tandis que la pollution aigüe est plus importante à Port-de-Bouc, potentiellement liée à l'activité industrielle.

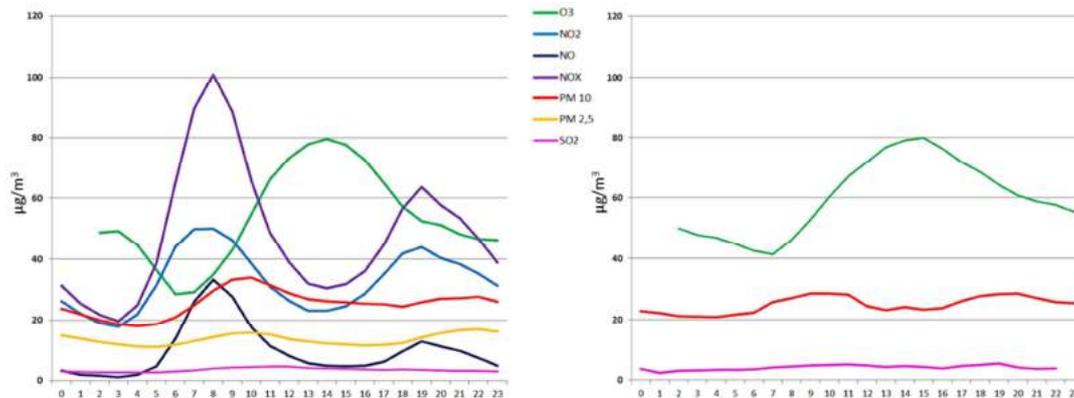
Ce constat reste à confirmer avec une analyse d'une année complète de données.

### c. Profils journaliers et corrélations

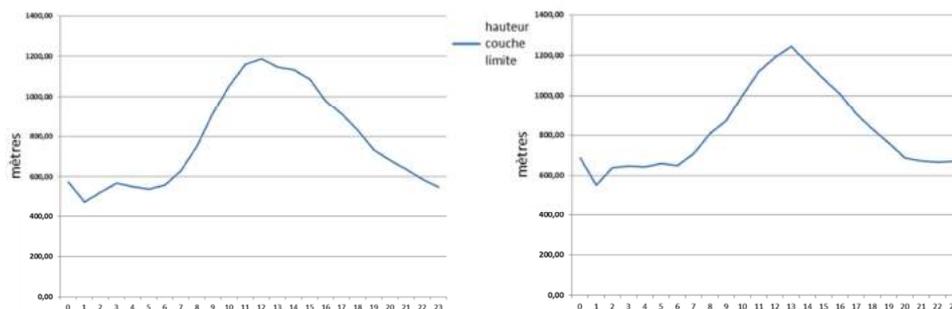
Les profils moyens des deux sites ont été établis en distinguant les jours ouvrés, les week-ends et les dimanches. En effet, les émissions de polluants peuvent varier significativement en fonction de ces différentes périodes. Il est également intéressant de regarder la corrélation entre le comportement des différentes classes de taille de particules vis-à-vis des autres polluants.



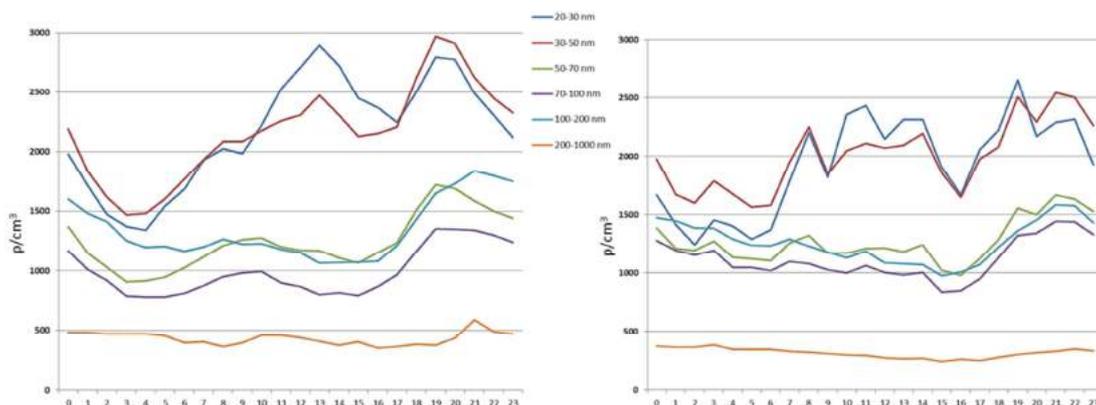
Graph 5 : Profil journalier moyen pour les différentes classes granulométriques en 2015 – jours ouvrés Marseille (à gauche) et Port-de-Bouc (à droite)



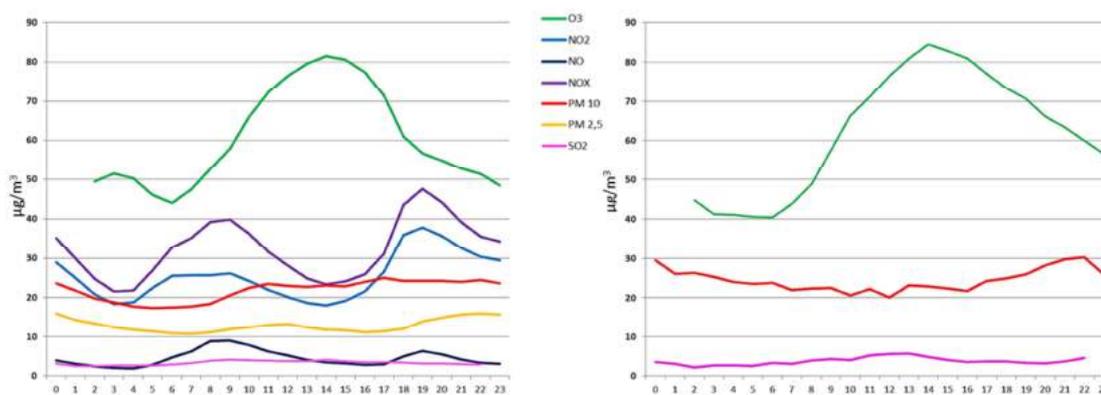
Graph 6 : Profil journalier moyen des niveaux de polluants en 2015 – jours ouvrés Marseille (à gauche) et Port-de-Bouc (à droite)



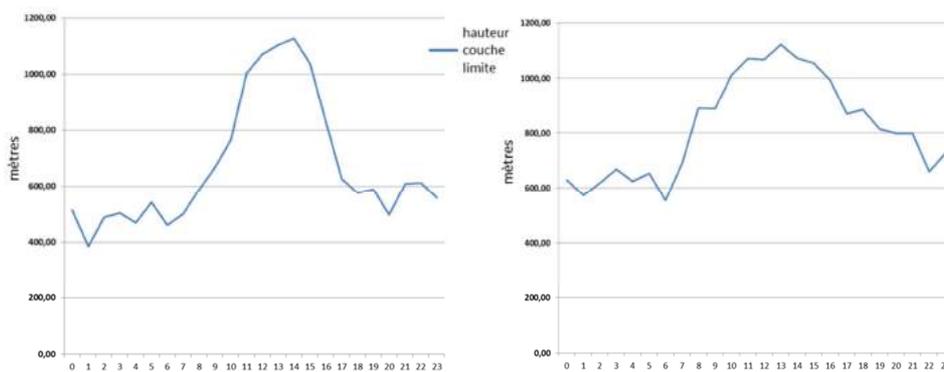
Graph 7 : Profil journalier moyen de la hauteur de la couche limite en 2015 – jours ouvrés Marseille (à gauche) et Port-de-Bouc (à droite)



Graph 8 : Profil journalier moyen pour les différentes classes granulométriques en 2015 – Week-ends  
Marseille (à gauche) et Port-de-Bouc (à droite)



Graph 9 : Profil journalier moyen des niveaux de polluants en 2015 – Week-ends  
Marseille (à gauche) et Port-de-Bouc (à droite)



Graph 10 : Profil journalier moyen de la hauteur de la couche limite en 2015 – Week-ends  
Marseille (à gauche) et Port-de-Bouc (à droite)

2015	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Somme PUF
O <sub>3</sub>	0,117	0,193	0,251	0,245	0,221	0,042	0,258
NO <sub>2</sub>	0,287	0,529	0,672	0,616	0,504	0,089	0,648
NO	0,239	0,390	0,471	0,443	0,370	0,029	0,478
NO <sub>x</sub>	0,318	0,547	0,676	0,628	0,520	0,058	0,670
PM 10	0,046	0,129	0,250	0,342	0,445	0,304	0,272
PM 2,5	0,035	0,132	0,319	0,495	0,687	0,477	0,351
SO <sub>2</sub>	0,067	0,105	0,098	0,053	0,011	0,000	0,087

Tableau 4 : Corrélations entre classes de particule et polluants à Marseille

2015	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Somme PUF
O <sub>3</sub>	0,000	0,011	0,048	0,087	0,110	0,055	0,037
PM 10	0,038	0,113	0,257	0,382	0,438	0,438	0,273
SO <sub>2</sub>	0,099	0,080	0,045	0,010	0,002	0,023	0,061

Tableau 5 : Corrélations entre classes de particule et polluants à Port-de-Bouc – 2<sup>ème</sup> semestre 2015

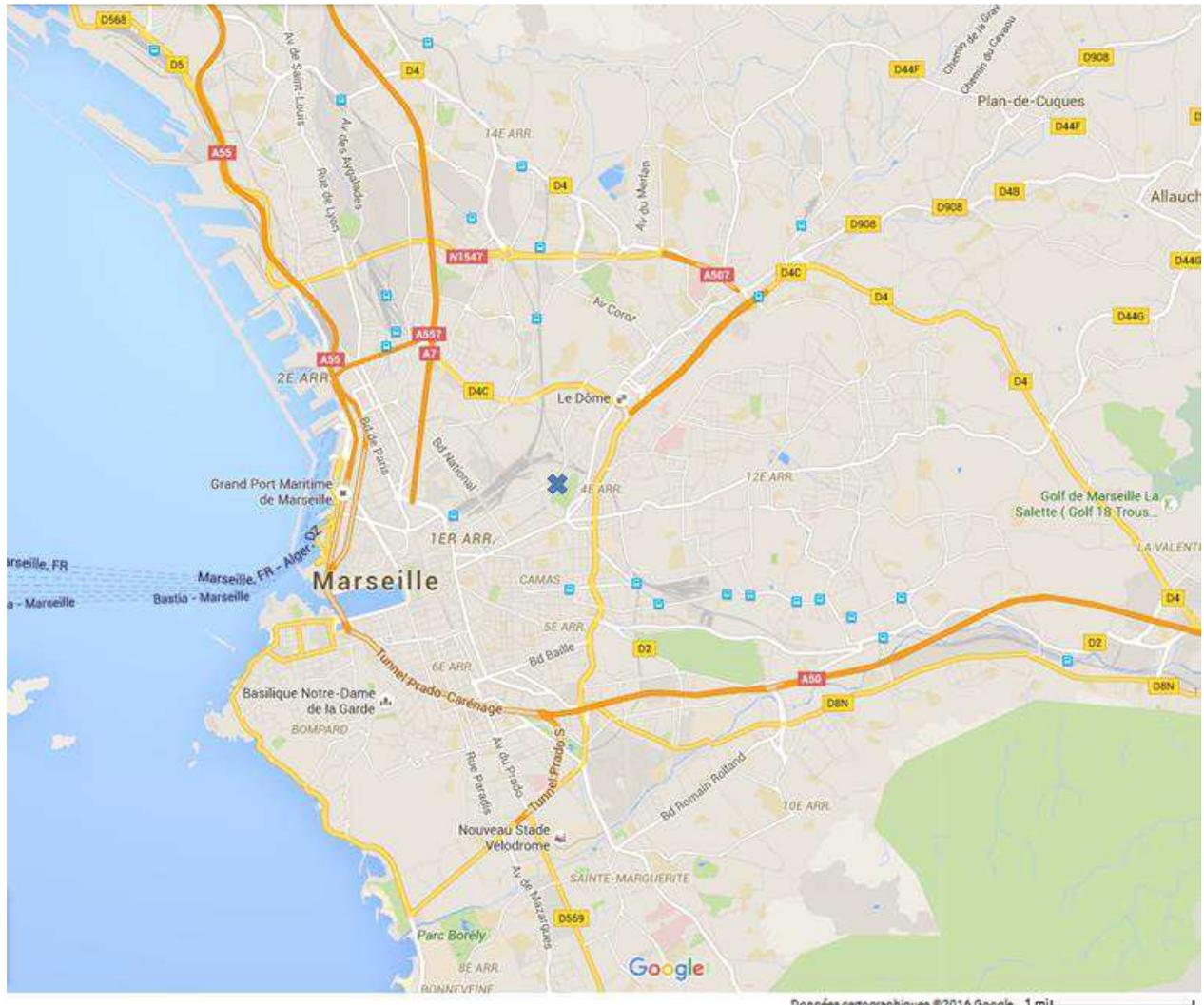
A noter : La station de Port-de-Bouc / La Lèque ne dispose pas de mesure d'ozone. Les niveaux d'ozone affichés pour Port-de-Bouc sont en fait réalisés à Martigues / Notre Dame des Marins. Cependant, l'ozone étant un polluant touchant de larges zones géographiques, on considère que les niveaux à Port-de-Bouc / La Lèque sont très proches de ceux de Martigues / Notre Dame des Marins, du fait de la proximité relative de ces 2 stations de mesure.

- ✓ La corrélation avec les oxydes d'azote pointe le rôle du trafic routier dans le profil journalier moyen des différentes classes granulométriques sur les deux sites de mesure. La dernière classe (200-1000 nm) qui a un comportement beaucoup plus stable que les autres. Pour les cinq premières classes granulométriques, les niveaux maximums apparaissent le matin, entre 7h et 8h, en lien avec le trajet « domicile-travail ». Un autre pic apparaît dans la soirée entre 18h et 21h. Ce pic du soir semble atténué pour les fractions les plus fines.
- ✓ Les classes granulométriques les plus fines, 20-30 nm et 30-50 nm, suivent également le profil journalier de l'ozone et de la hauteur de la couche limite. C'est un indice sur la contribution de la photochimie dans la production des particules de ces deux classes.
- ✓ La classe de particules 100-200 nm présente un comportement particulier avec une hausse en toute fin de journée, peut-être en lien avec les émissions du chauffage domestique.

#### d. Roses de pollution

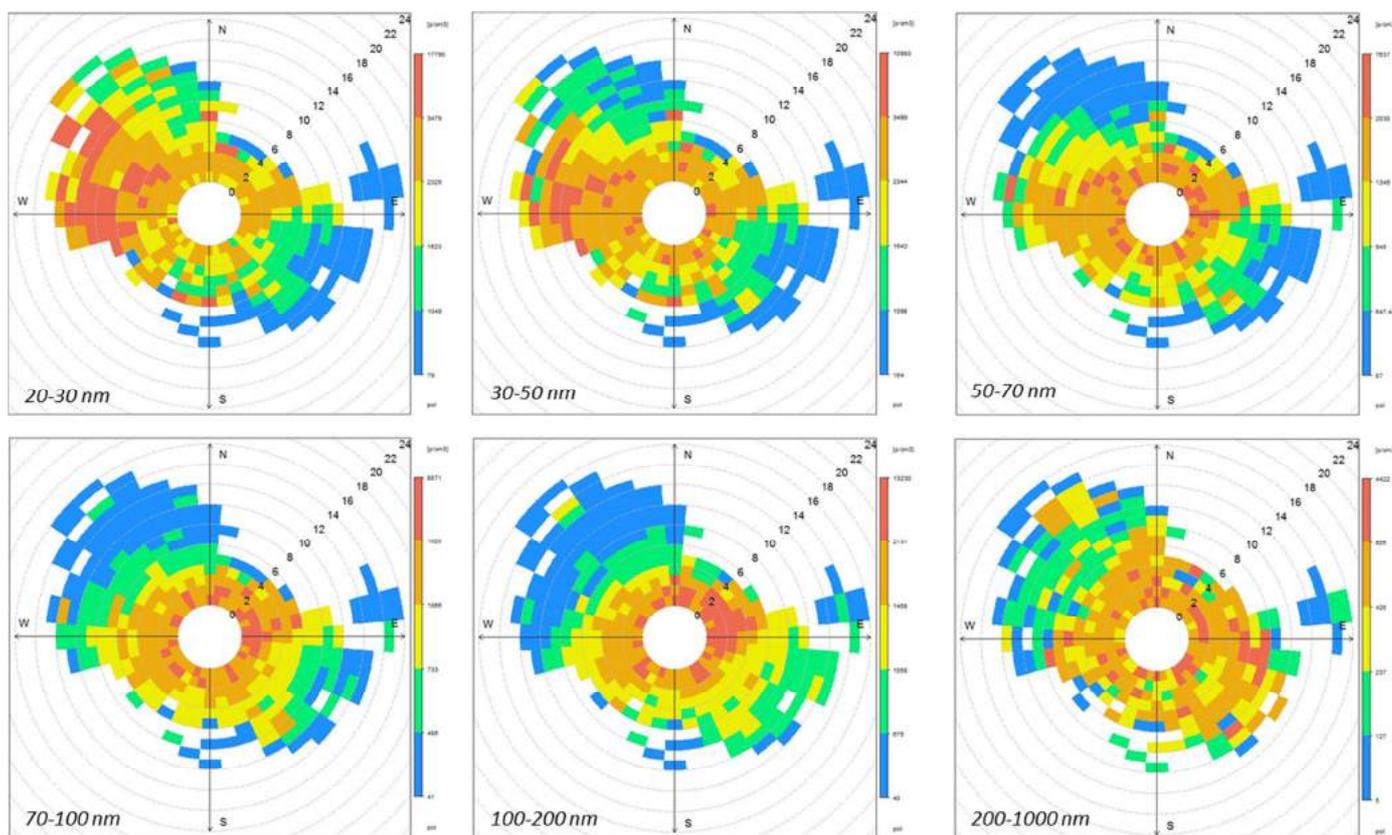
Les roses de pollution sont intéressantes pour identifier les principales influences pour chaque classe granulométrique.

#### 1. Marseille / Cinq Avenues



**X** : Station Marseille Cinq Avenues

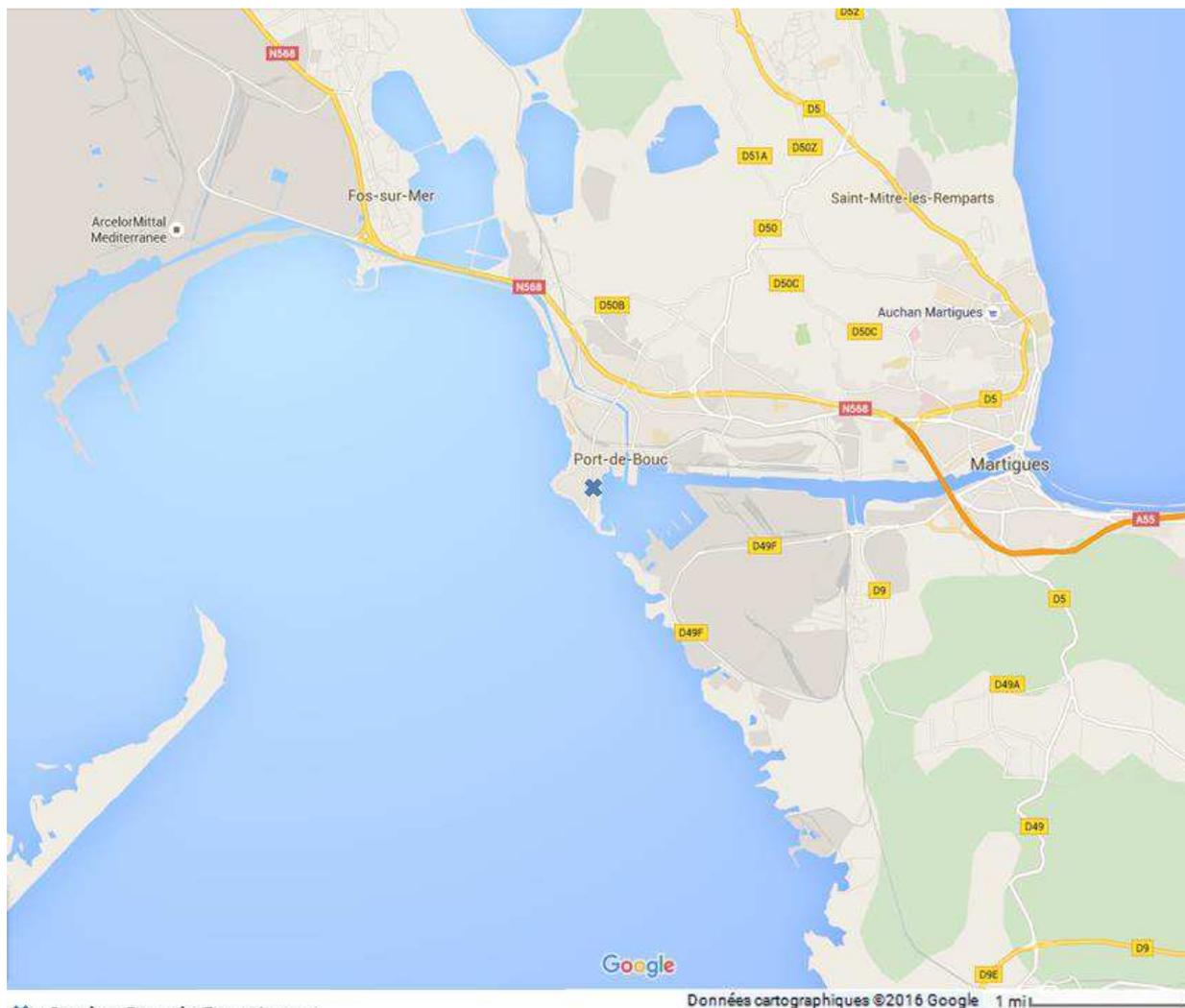
Carte 1 : Emplacement géographique de la station Marseille / Cinq Avenues



Graph 11 : Roses de pollution pour les différentes classes granulométrique  
(20-30 nm en haut à gauche jusqu'à 200 - 1000 nm en bas à droite) sur Marseille / Cinq Avenues en 2015

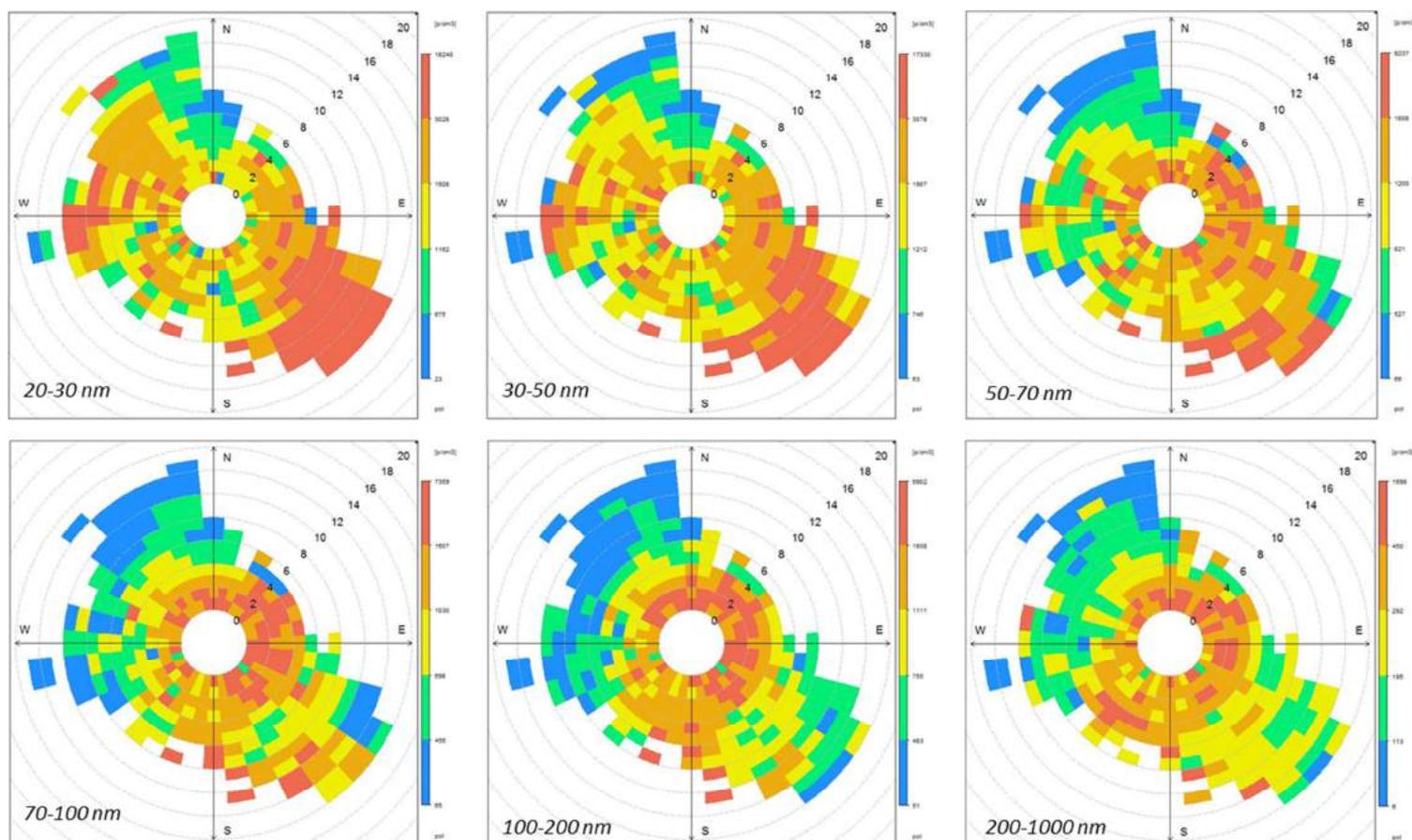
- ✓ Pour les deux premières classes (20 à 30 nm et 30 à 50 nm), les concentrations les plus élevées apparaissent sous influence d'un vent d'Ouest. Parmi les sources potentielles de cette pollution, sont présents la Gare Saint-Charles, le Grand Port Maritime de Marseille mais aussi les axes de circulation desservant ces deux sites. Une contribution du pôle industriel de l'étang de Berre n'est également pas à exclure.
- ✓ Pour les classes de particules les plus élevées, les plus fortes concentrations apparaissent sous influence d'un vent d'Est faible à modéré. Il semble que le trafic routier serait la source principale, voire le chauffage domestique.

## 2. Port-de-Bouc / La Lègue



 : Station Port de Bouc Leque

Carte 2 : Emplacement géographique de la station de Port-de-Bouc / La Lègue



Graph 12 : Roses de pollution pour les différentes classes granulométrique (20-30 nm en haut à gauche jusqu'à 200 - 1000 nm en bas à droite) sur Port-de-Bouc /La Lègue – 2<sup>ème</sup> semestre 2015

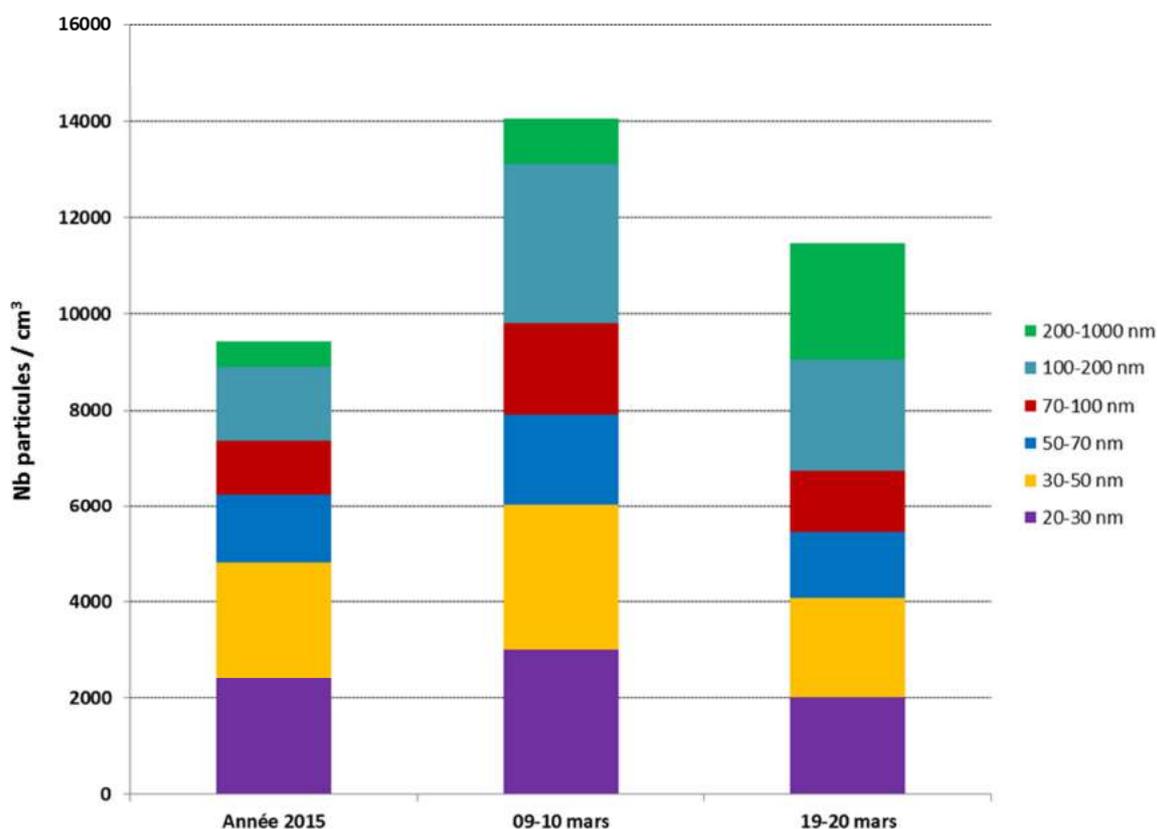
- ✓ Pour les particules les plus fines (jusqu'à 70 nm), les concentrations les plus élevées apparaissent sous l'influence d'un vent de Sud-Est principalement. La plateforme industrielle de Martigues / Lavéra semble être la principale source. Une pollution provenant de l'Ouest semble également apparaître sur la rose de pollution des particules les plus fines particules. La plateforme industrielle du Golfe de Fos est susceptible d'en être à l'origine.
- ✓ Pour les particules plus grosses, une pollution d'origine Nord-Est apparaît pour des vents faibles à modérés. La zone portuaire située à proximité ainsi que l'activité routière et/ou ferroviaire sont des sources potentielles.

Note : une origine naturelle des particules (sels marins) est également possible.

**e. Analyse lors d'épisodes de pollution**

Durant le mois de mars 2015, le seuil d'information-recommandations pour les particules fines a été plusieurs fois dépassé.

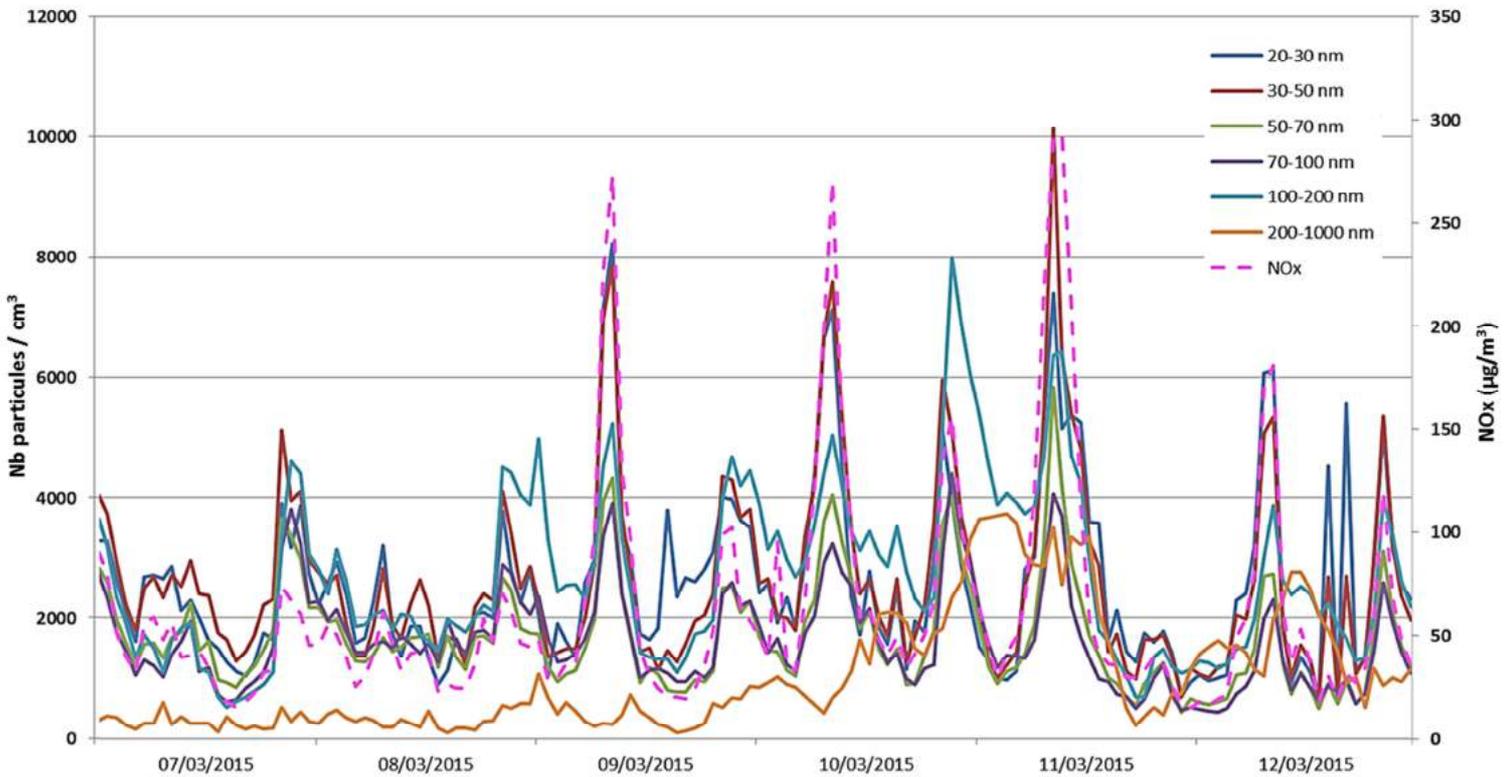
Le 9 et le 10 mars, des indices de qualité de l'air « mauvais » ont été relevés sur une grande partie de la région PACA. Les émissions liées au trafic routier ainsi qu'au chauffage urbain couplées à des conditions météorologique très stables ont entraîné une augmentation des concentrations de particules fines dans l'air ambiant. Un épisode de pollution similaire est apparu quelques jours plus tard, notamment du 19 au 20 mars.



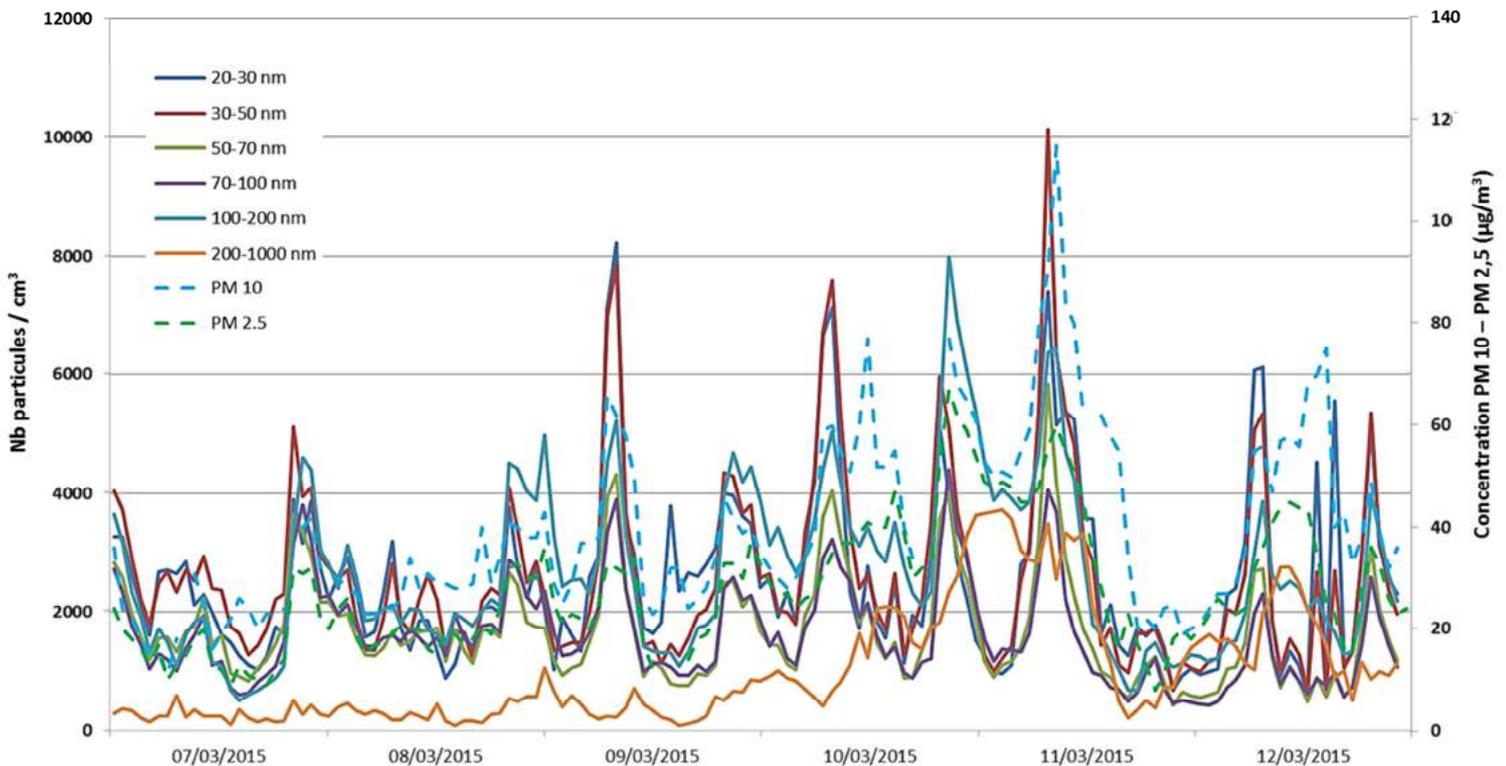
Graph 13 : Cumuls par épisode (09-10 mars et 19-20 mars) par rapport au cumul annuel (2015) – Marseille Cinq Avenues

L'écart le plus significatif des cumuls des épisodes par rapport au cumul annuel apparaît pour les classes de particules les plus élevées.

Note : cet épisode de pollution était généralisé sur l'ensemble du territoire national. Les mesures présentées ci-dessous ont été réalisées sur le site de Marseille Cinq Avenues.



Graph 14 : Evolution horaire des PUF et des oxydes d'azote (NOx) du 07 au 12 mars 2015 – Marseille Cinq Avenues



Graph 15 : Evolution horaire des PUF, des PM10 et des PM2,5 du 07 au 12 mars 2015 – Marseille Cinq Avenues

Les graphes ci-dessus illustrent l'épisode de pollution apparu en mars 2015, ayant engendré des indices de qualité de l'air "mauvais" sur une grande partie de la région PACA.

La plupart des pics observés entre les 9 et 11 mars sont en corrélation avec les pics d'oxydes d'azote (graphe 14).

Certains pics, plus particulièrement entre les 10 et 11 mars, montrent une augmentation plus importante pour les classes de particules les plus élevés (>100 nm), qui suivent relativement bien le comportement des PM10.

Sur cet épisode, une grande partie des PM10 est liée à la présence de particules secondaires de nitrate d'ammonium, qui se créent dans l'air à partir d'ammoniac (issu principalement de l'agriculture) et d'oxydes d'azotes (issus principalement du trafic routier).

Note : cet épisode a touché l'ensemble du territoire national en raison, notamment, de conditions météorologiques très stables.

#### 4. Conclusion

Depuis plusieurs années, l'intérêt croissant pour la surveillance des particules de très petites tailles et pour leur caractérisation chimique a conduit Air PACA à mettre en place un plan de surveillance spécifique pour les particules fines. Parmi les actions de ce plan, Air PACA s'est dotée en 2014 et 2015 de trois analyseurs de carbone suie (ou black carbon) et de deux granulomètres, permettant de caractériser le nombre et la taille des très fines particules.

Pour la mesure de la granulométrie, les investigations sont conduites à l'aide d'analyseurs installés dans deux sites : Marseille et Port-de-Bouc. Ces mesures permettent d'améliorer la connaissance des particules ultrafines dans la région.

- Le nombre de particules et leur distribution granulométrique sont documentés pour ces deux sites : urbain et sous influence industriel.  
Une moyenne annuelle, entre 8000 et 9000 particules/cm<sup>3</sup> est observée dans les deux sites. Cette concentration est du même ordre de grandeur que celles observées dans d'autres villes de France.  
Des maximums peuvent atteindre 21000 particules/cm<sup>3</sup> à Marseille en moyenne journalière et 45000 particules/cm<sup>3</sup> à Port-de-Bouc.  
Les particules de taille entre 20 et 70 nm sont les plus nombreuses.
- Les profils journaliers établis ainsi que la corrélation avec les différents polluants permettent d'émettre des hypothèses sur les sources des particules ultrafines en fonction des différentes classes de taille : trafic routier, chauffage domestique, photochimie, ...
- Une analyse des sources probables des particules ultrafines est également réalisée par le biais des roses de pollution pour chacun des deux sites.  
Pour le site de Port-de-Bouc, les plateformes industrielles de Martigues / Lavéra, du Golfe de Fos et l'activité portuaire des bassins Ouest sont des sources potentielles pour les particules les plus fines (jusqu'à 70 nm).  
A Marseille, pour les particules de taille comprise entre 20 et 50 nm, les sources potentielles sont la Gare Saint-Charles, le bassin Est du Grand Port Maritime de Marseille et les axes de circulation, sans exclure une contribution du pôle industriel de l'étang de Berre.
- Le comportement des particules ultrafines a été examiné au cours d'épisode de pollution particulaire. Aux sources locales peuvent s'ajouter des apports interrégionaux. C'est le cas des épisodes du mois de mars 2015 qui ont concerné l'ensemble du territoire national.

## Liste des illustrations

### Liste des tableaux :

Tableau 1 : Période de mesures et taux de fonctionnement du TSI 3031 de Marseille Cinq Avenues en 2015.....	3
Tableau 2 : Période de mesures et taux de fonctionnement du TSI 3031 de Port-de-Bouc / La Lègue en 2015 .....	3
Tableau 3 : Statistiques élémentaires ( $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ) sur Marseille (en haut) et Port-de-Bouc (en bas) – Année 2015 ....	4
Tableau 4 : Corrélations entre classes de particule et polluants à Marseille .....	10
Tableau 5 : Corrélations entre classes de particule et polluants à Port-de-Bouc – 2 <sup>ème</sup> semestre 2015 .....	10

### Liste des graphes :

Graphe 1 : Représentation des niveaux des différentes classes de particules en semaine, le week-end ainsi que le dimanche pour Marseille (à gauche) et Port-de-Bouc (à droite) – Année 2015.....	5
Graphe 2 : Cumuls trimestriels et annuel à Marseille (à gauche) et Port-de-Bouc (à droite) – Année 2015.....	5
Graphe 3 : Profils trimestriels par classe granulométrique pour Marseille (à gauche) et Port-de-Bouc (à droite) – Année 2015 .....	6
Graphe 4 : Moyennes horaires - Comparaison Marseille (en rouge) – Port-de-Bouc (en bleu) pour les différents centiles .....	7
Graphe 5 : Profil journalier moyen pour les différentes classes granulométriques en 2015 – jours ouvrés.....	8
Graphe 6 : Profil journalier moyen des niveaux de polluants en 2015 – jours ouvrés.....	8
Graphe 7 : Profil journalier moyen de la hauteur de la couche limite en 2015 – jours ouvrés.....	8
Graphe 8 : Profil journalier moyen pour les différentes classes granulométriques en 2015 – Week-ends .....	9
Graphe 9 : Profil journalier moyen des niveaux de polluants en 2015 – Week-ends .....	9
Graphe 10 : Profil journalier moyen de la hauteur de la couche limite en 2015 – Week-ends .....	9
Graphe 11 : Roses de pollution pour les différentes classes granulométrique.....	12
Graphe 12 : Roses de pollution pour les différentes classes granulométrique.....	14
Graphe 13 : Cumuls par épisode (09-10 mars et 19-20 mars) par rapport au cumul annuel (2015) – Marseille Cinq Avenues.....	15
Graphe 14 : Evolution horaire des PUF et des oxydes d'azote (NOx) du 07 au 12 mars 2015 – Marseille Cinq Avenues.....	16
Graphe 15 : Evolution horaire des PUF, des PM10 et des PM2,5 du 07 au 12 mars 2015 – Marseille Cinq Avenues .....	16

### Liste des cartes :

Carte 1 : Emplacement géographique de la station Marseille / Cinq Avenues .....	11
Carte 2 : Emplacement géographique de la station de Port-de-Bouc / La Lègue.....	13

## Annexe 1 : Informations issues des mesures hors PACA

<i>Talence</i>	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Somme PUF	Diamètre moyen (nm)	Ecart-type	Finesse
Moyenne	1167	1352	1108	1150	1578	589	6943	112	126	113%
Médiane	865	1048	830	817	1096	218	5310			
Maximum horaire	15129	14067	10597	11301	17291	15071	52146			
Maximum jour	3048	3849	3080	3983	8524	5801	23483			

Centile 75	1511	1703	1388	1398	1878	656	8522
Centile 25	485	631	475	449	591	64	3342

<i>Mourenx</i>	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Somme PUF	Diamètre moyen (nm)	Ecart-type	Finesse
Moyenne	966	940	643	620	831	234	4227	93	108	116%
Médiane	416	572	466	464	613	121	3052			
Maximum horaire	42828	31152	15183	11674	8742	6792	84910			
Maximum jour	7701	4859	2578	2891	3986	1744	15598			

Centile 75	882	1046	793	796	1096	294	5043
Centile 25	206	302	235	220	280	49	1690

<i>Grenoble - Hyper centre</i>	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Somme PUF	Diamètre moyen (nm)	Ecart-type	Finesse
Moyenne	1322	1496	1041	934	1077	420	6288	96	116	120%
Médiane	1082	1249	866	762	924	172	5488			
Maximum horaire	8825	8702	7695	8861	11715	4644	31492			

Centile 75	1724	1919	1363	1229	1418	505	7979
Centile 25	658	756	534	479	572	76	3616

## Annexe 2 : Traitement trimestriel

Marseille Cinq Av. Trimestre 1	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Somme PUF
Moyenne	2916	2789	1585	1284	1753	612	10939
Médiane	2422	2294	1229	925	1277	345	9141
Maximum horaire	17789	10733	7637	8871	13233	4422	43923
Maximum jour	5739	5275	3507	3383	4848	2634	21355
Semaine	3094	2974	1718	1418	1960	662	11825
Week-end	2493	2349	1270	964	1262	494	8832
Dimanche	2183	1996	1082	848	1143	456	7709

Centile 95	6543	6643	4097	3645	4883	2079	25032
Centile 75	3811	3649	2049	1636	2268	815	14158
Centile 25	1580	1418	755	535	675	160	5877
Centile 5	765	715	394	261	345	52	3421

Marseille Cinq Av. Trimestre 2	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Somme PUF
Moyenne	2285	2317	1338	1044	1277	374	8635
Médiane	1792	1892	1074	874	1171	268	7345
Maximum horaire	14420	10979	5566	3719	4254	2447	30768
Maximum jour	4885	5049	2591	2059	2337	1057	15884
Semaine	2380	2483	1447	1124	1357	398	9188
Week-end	2052	1911	1069	847	1081	316	7277
Dimanche	1760	1700	976	816	1118	316	6686

Centile 95	5795	5407	3075	2354	2574	1059	18611
Centile 75	2881	2979	1764	1363	1569	500	10946
Centile 25	1084	1136	692	580	826	140	5002
Centile 5	494	608	378	269	379	53	2922

Marseille Cinq Av. Trimestre 3	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Somme PUF
Moyenne	1925	2079	1222	975	1400		8774
Médiane	1501	1752	1091	869	1329		8208
Maximum horaire	9424	9519	4957	4538	5520		30784
Maximum jour	3762	3817	2624	2392	2679		14647
Semaine	1919	2092	1239	983	1409		8875
Week-end	1937	2050	1183	956	1378		8543
Dimanche	1854	1928	1093	872	1282		7985

Centile 95	4872	4630	2506	2131	2790		16377
Centile 75	2394	2667	1578	1276	1907		11171
Centile 25	989	1166	718	521	776		5690
Centile 5	467	589	351	250	353		3320

Marseille Cinq Av. Trimestre 4	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Somme PUF
Moyenne	1945	2094	1285	1075	1520		8836
Médiane	1599	1741	1058	865	1267		7500
Maximum horaire	9133	9184	6418	4987	5995		33239
Maximum jour	3736	3619	2034	1912	3216		14264
Semaine	1982	2052	1207	979	1379		8444
Week-end	1848	2206	1490	1330	1891		9867
Dimanche	1745	2086	1443	1336	2006		9836

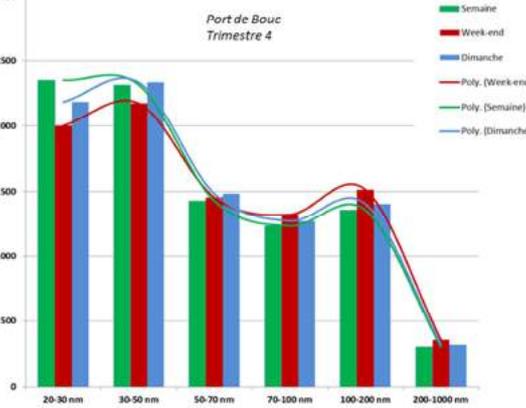
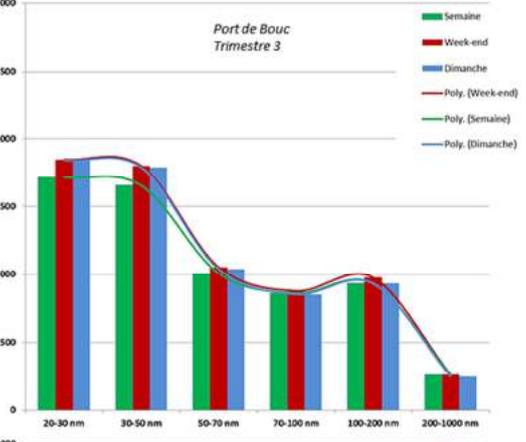
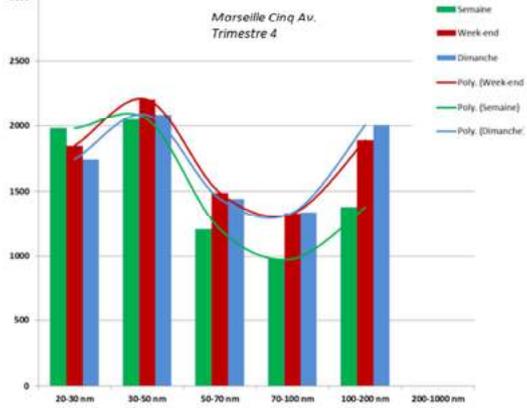
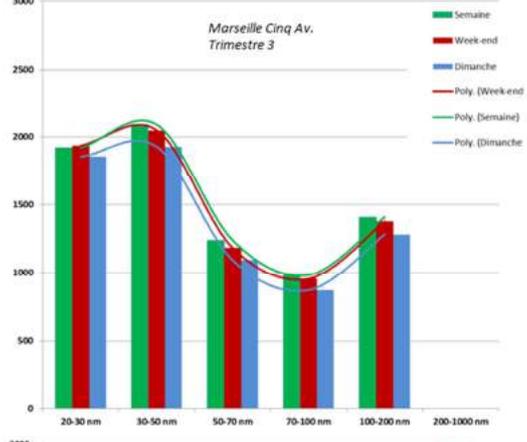
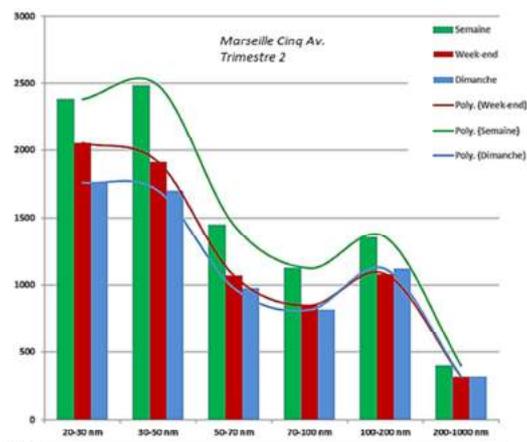
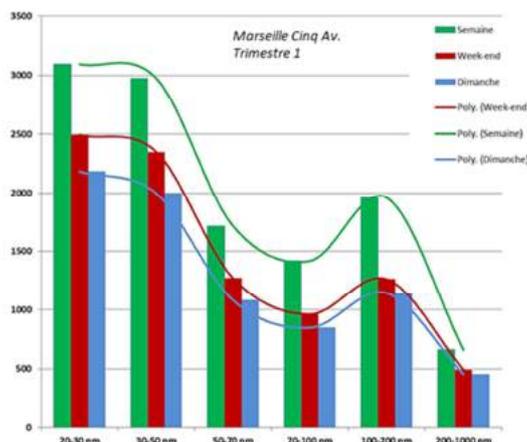
Centile 95	4498	5076	3055	2539	3660		19057
Centile 75	2585	2738	1619	1326	1818		10961
Centile 25	936	1051	689	559	921		5243
Centile 5	377	492	323	301	521		2932

Port de Bouc Trimestre 3	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Somme PUF
Moyenne	1753	1694	1022	866	945	261	6541
Médiane	1221	1250	821	720	797	219	5466
Maximum horaire	16156	12095	5705	4308	5014	1698	33216
Maximum jour	4751	4407	2273	1855	2374	624	13931
Semaine	1714	1652	1009	861	932	261	6429
Week-end	1847	1797	1053	878	975	262	6811
Dimanche	1841	1787	1039	853	932	250	6701

Centile 95	4960	4449	2426	1930	2122	598	14698
Centile 75	2287	2181	1293	1093	1227	361	8122
Centile 25	671	761	536	473	494	124	3710
Centile 5	243	344	288	261	240	52	2271

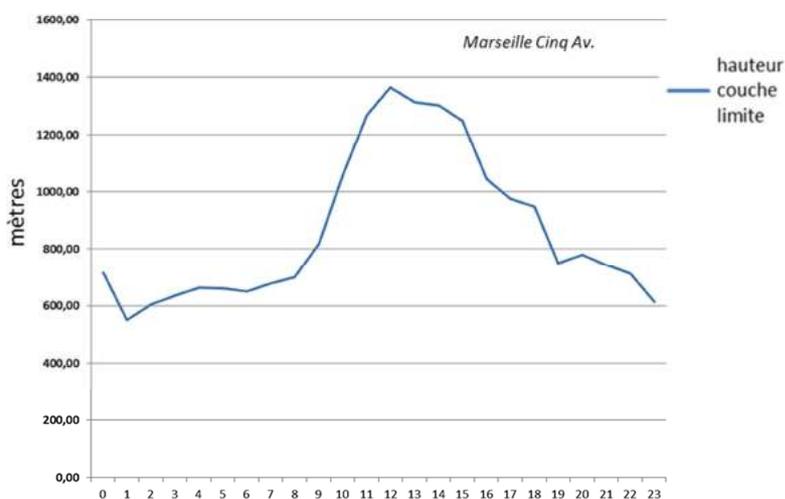
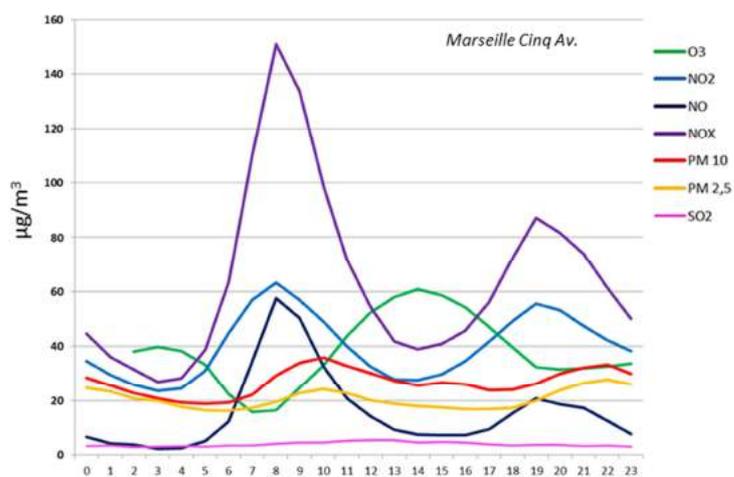
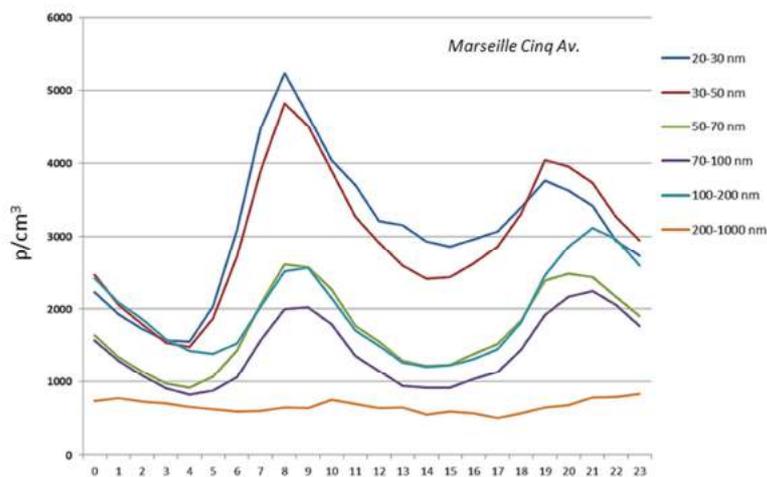
Port de Bouc Trimestre 4	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Somme PUF
Moyenne	2254	2276	1436	1259	1401	316	8943
Médiane	1768	1813	1185	1020	1082	259	8036
Maximum horaire	18245	17329	9237	7359	6902	1509	45892
Maximum jour	6496	4386	2687	2349	3230	1107	14603
Semaine	2353	2316	1429	1234	1357	301	8990
Week-end	2003	2174	1455	1323	1514	354	8824
Dimanche	2186	2335	1484	1273	1405	318	9001

Centile 95	5737	5560	3580	3039	3522	748	19552
Centile 75	2973	3130	1883	1720	1941	446	11863
Centile 25	913	981	712	567	606	143	4732
Centile 5	375	422	293	245	271	55	2152

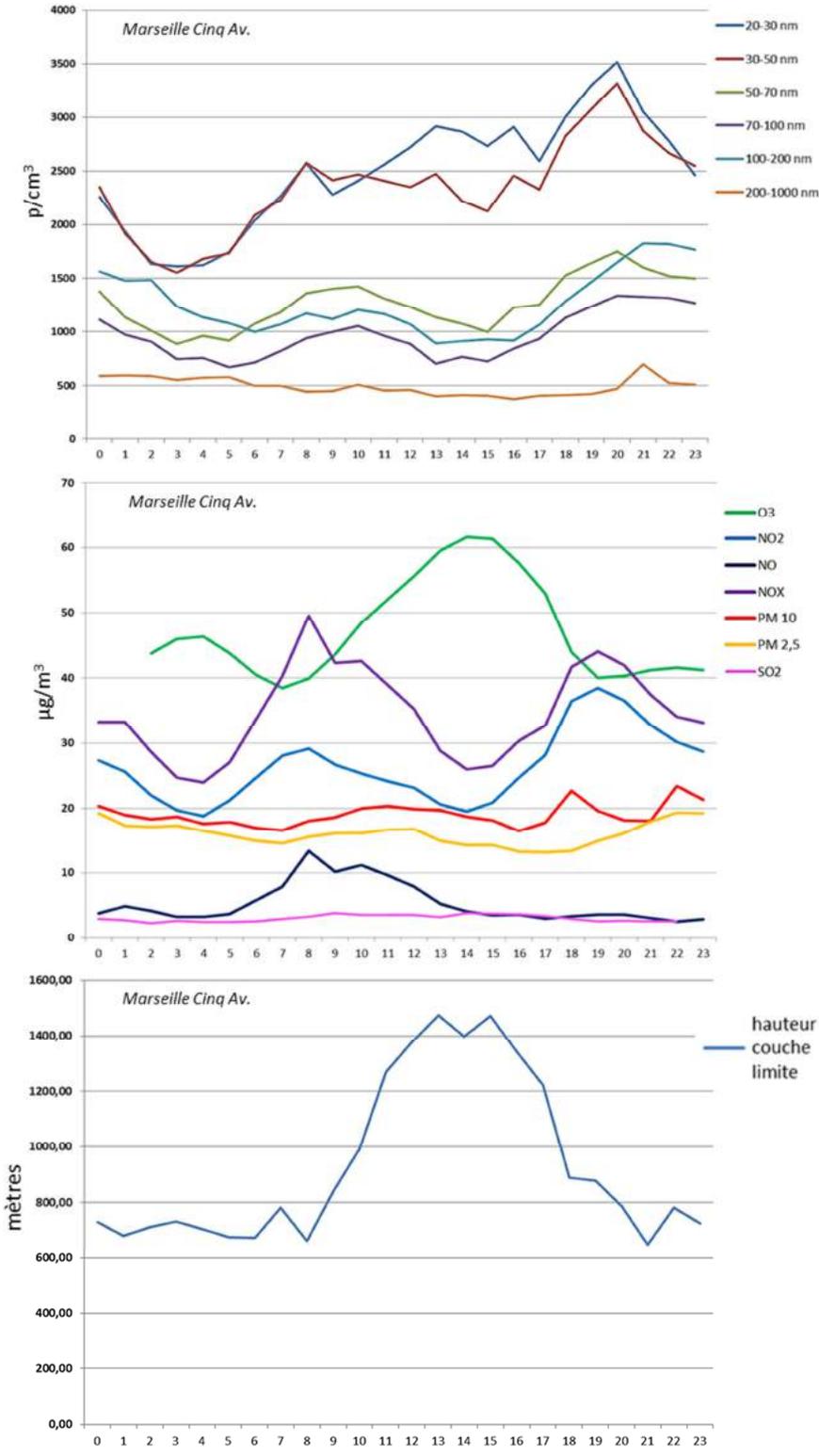


**Profils journaliers moyens trimestre 1 :**

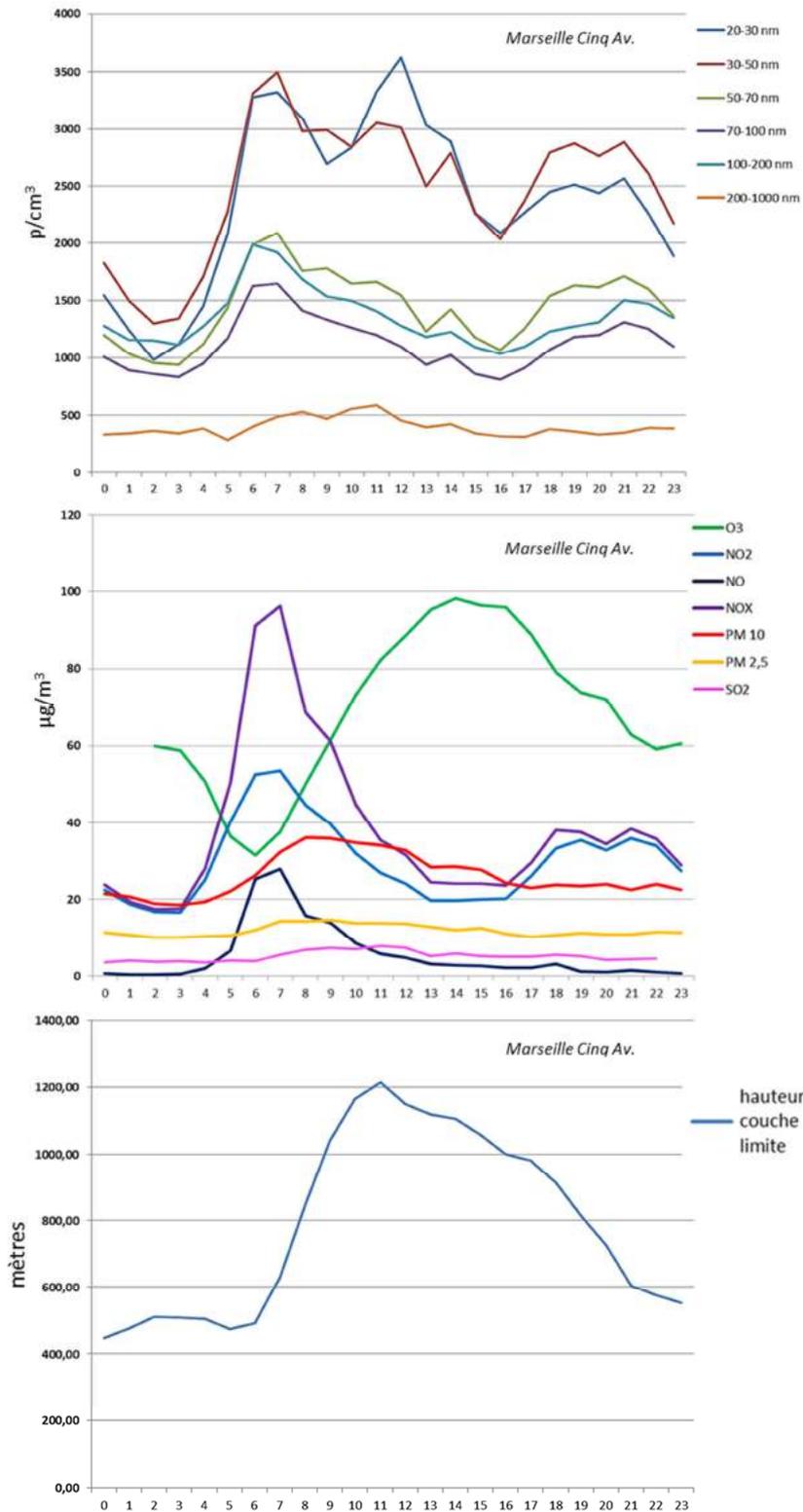
- **Jours ouvrés**



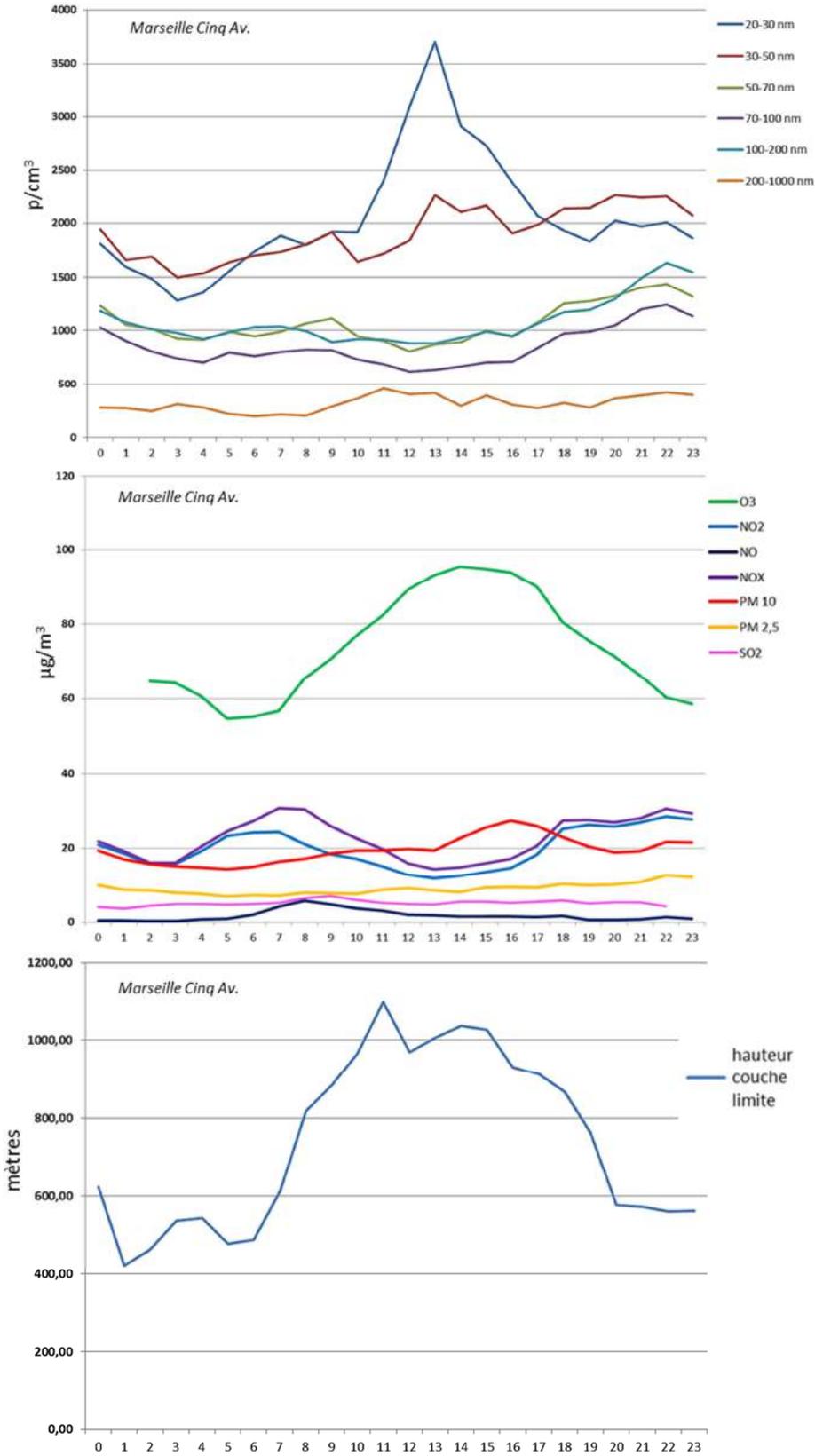
**Week-end**



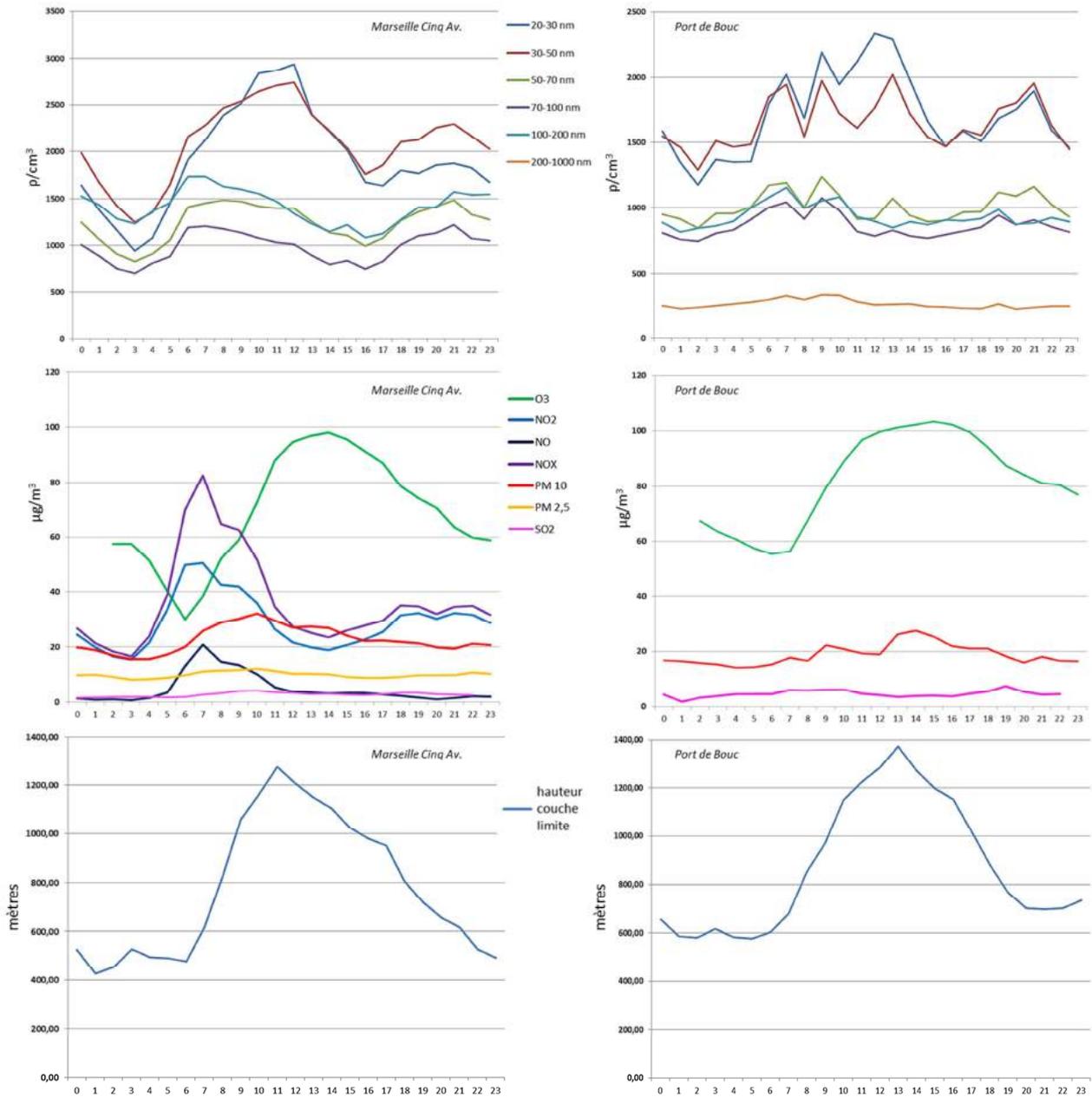
**Profils journaliers moyens trimestre 2 :**  
- Jours ouvrés



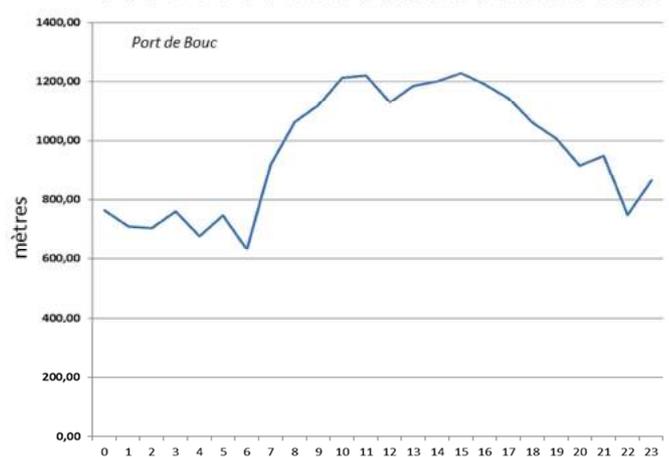
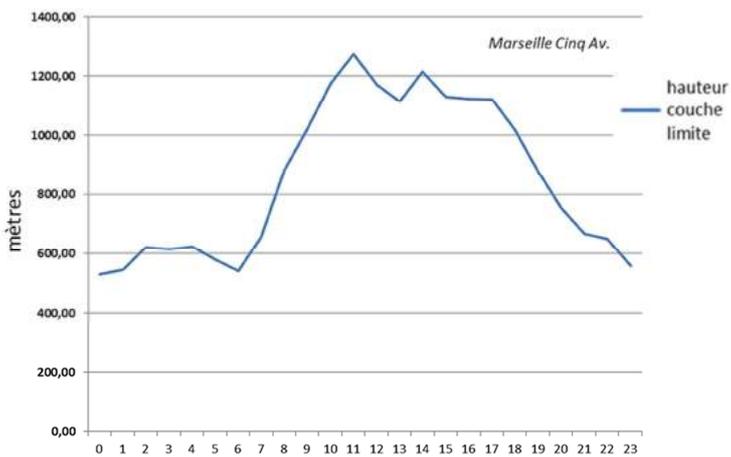
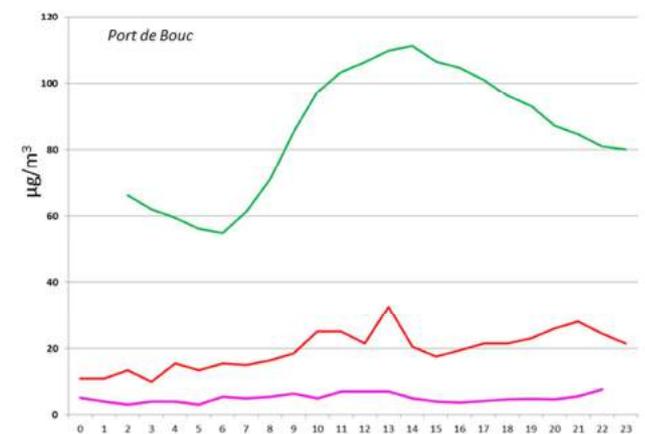
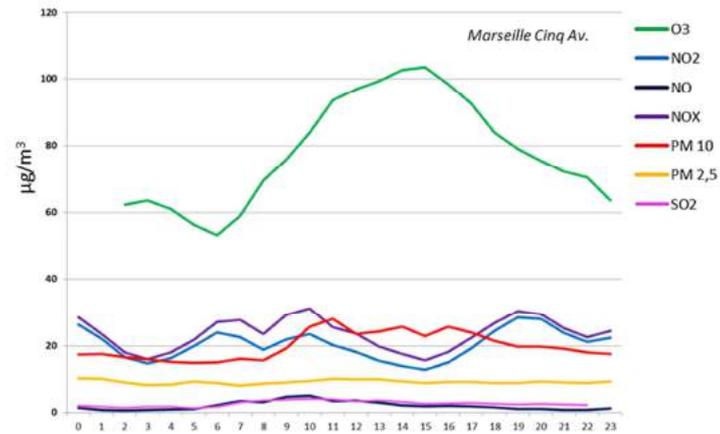
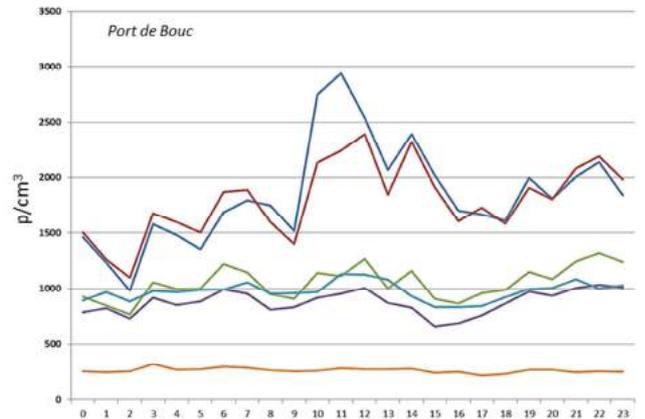
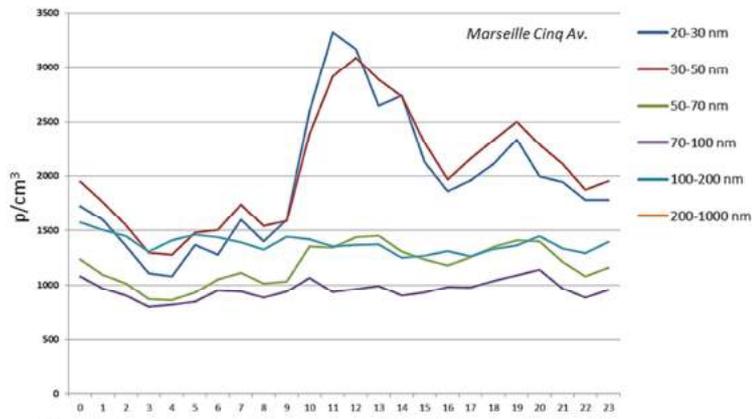
- **Week-end**



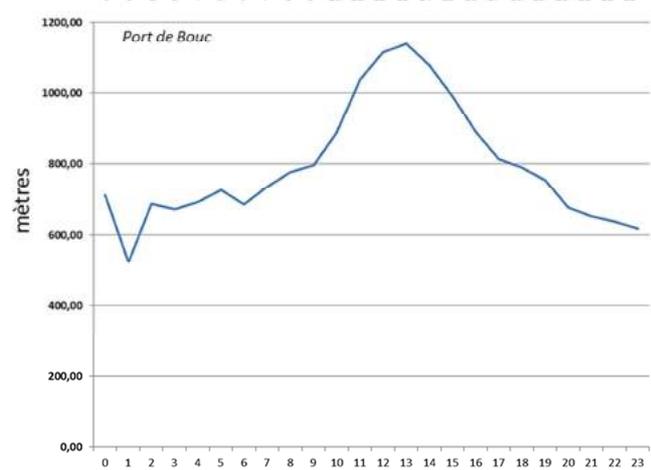
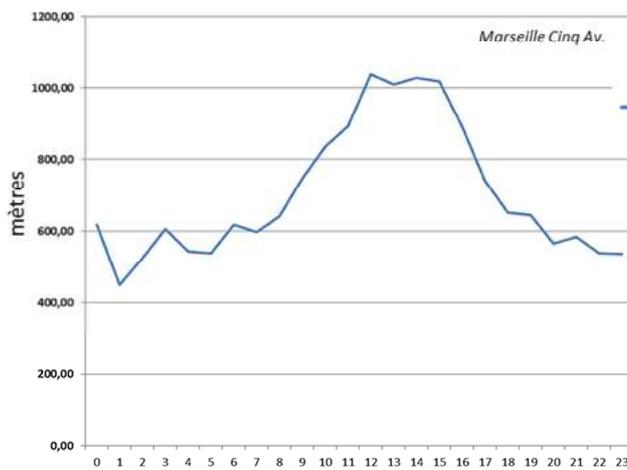
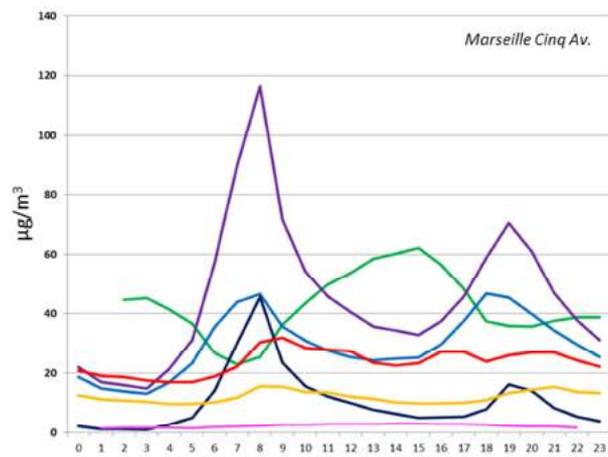
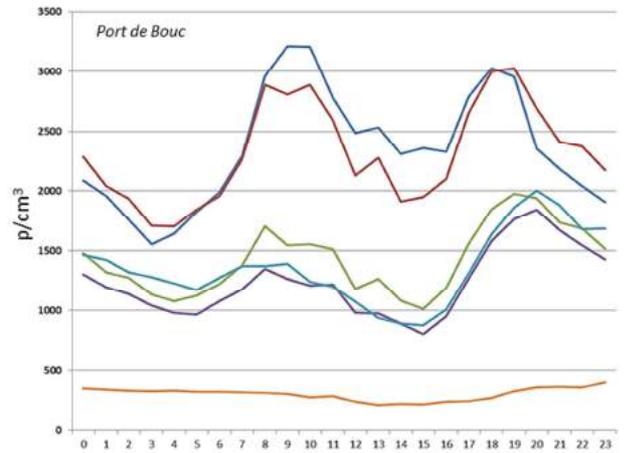
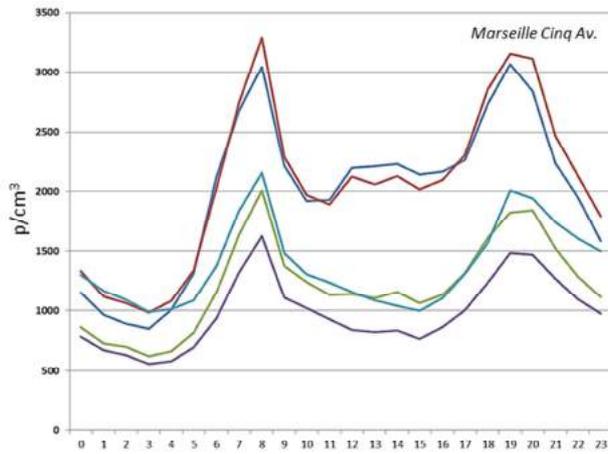
**Profils journaliers moyens trimestre 3 :**  
- Jours ouvrés



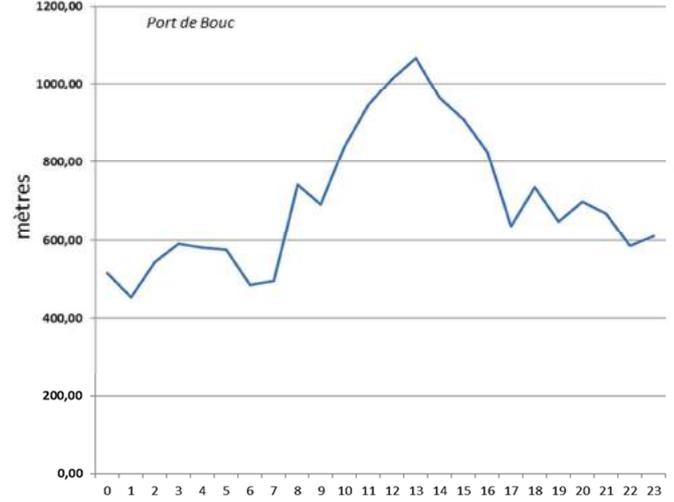
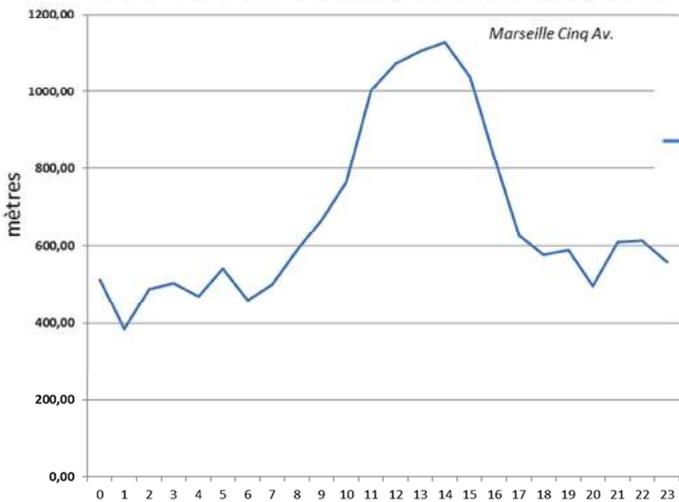
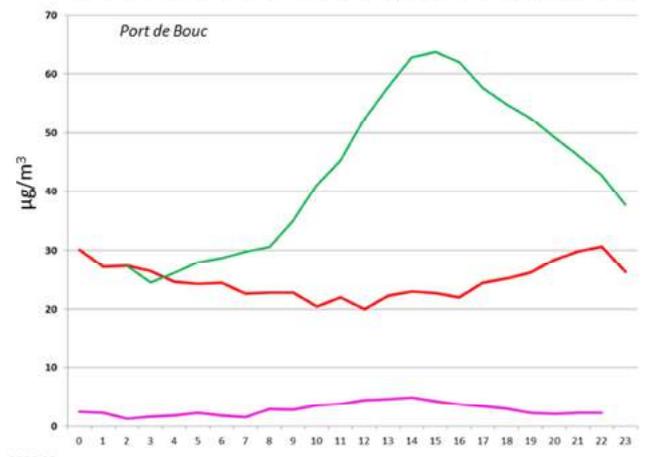
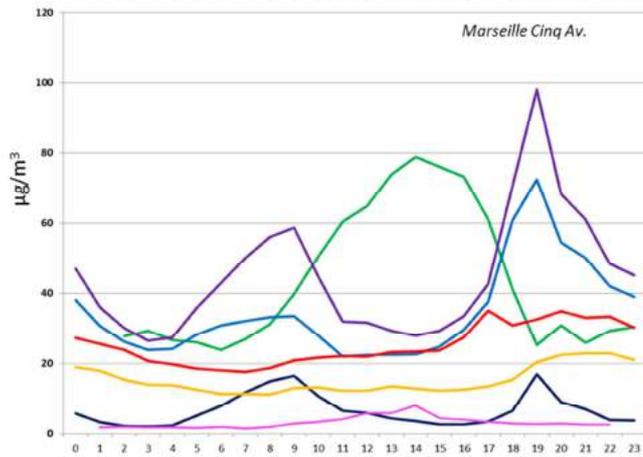
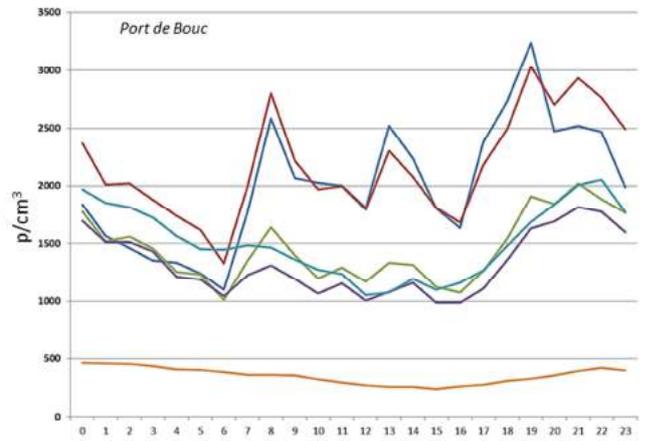
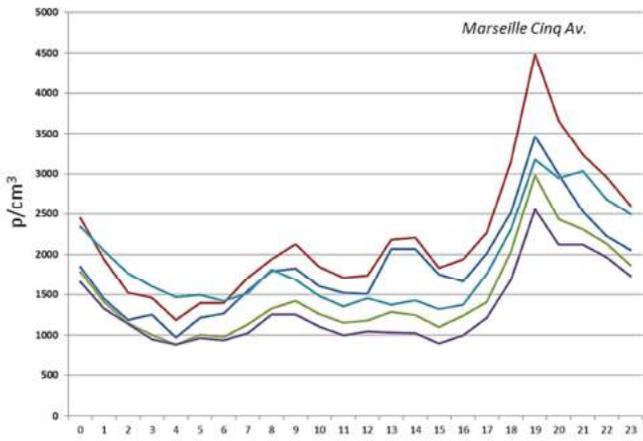
- Week-end



**Profils journaliers moyens trimestre 4 :**  
- Jours ouvrés

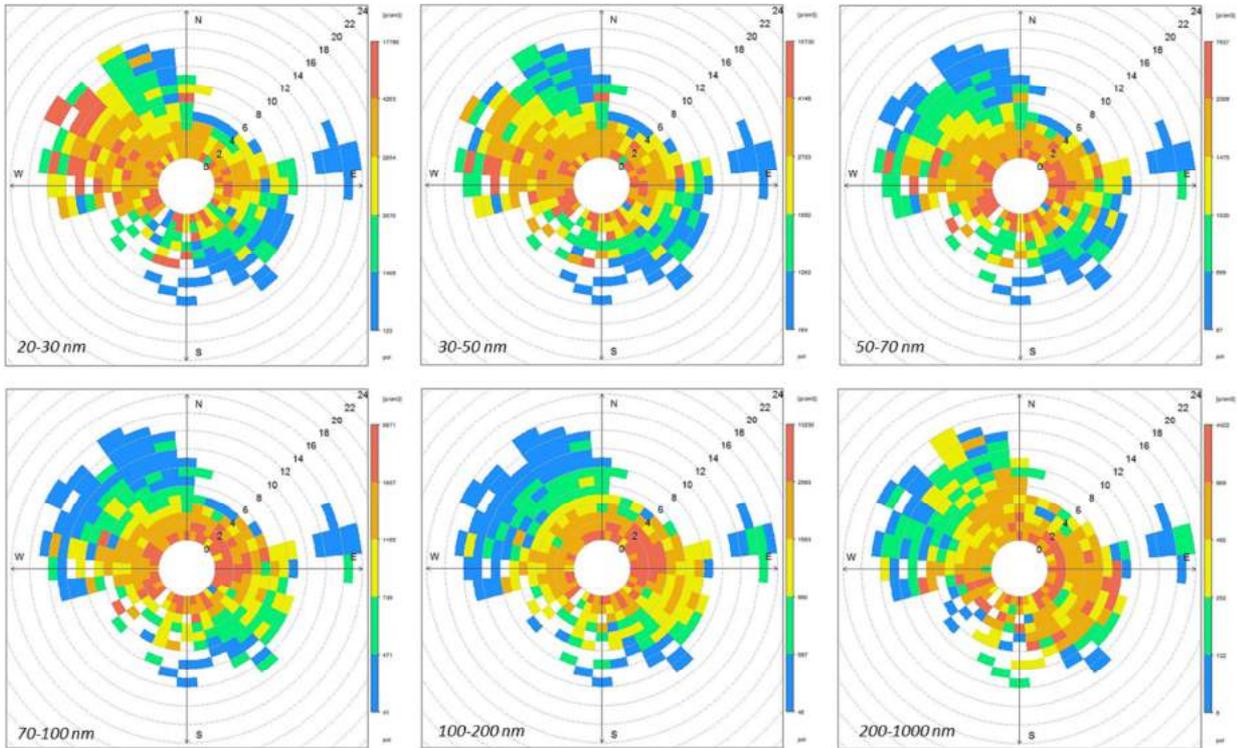


- Week-end



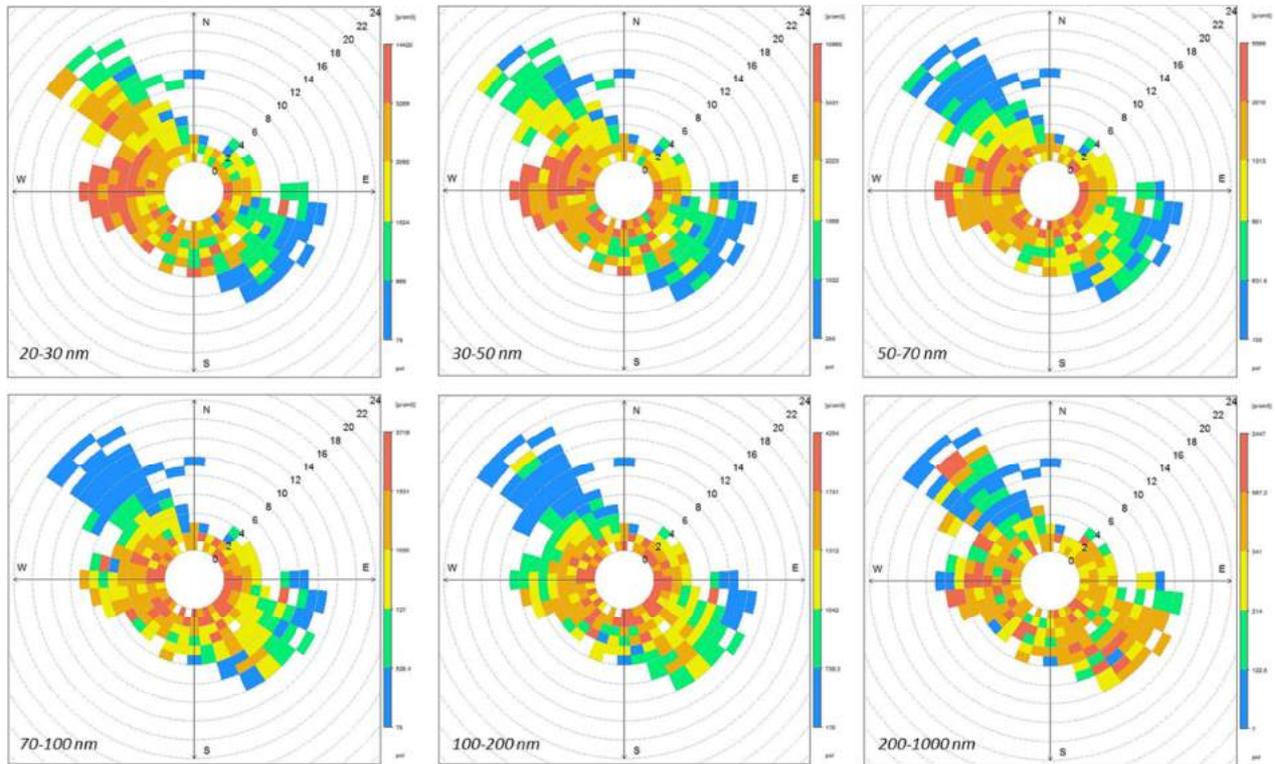
**Rose de pollution trimestre 1 :**

**Marseille / Cinq Avenues**



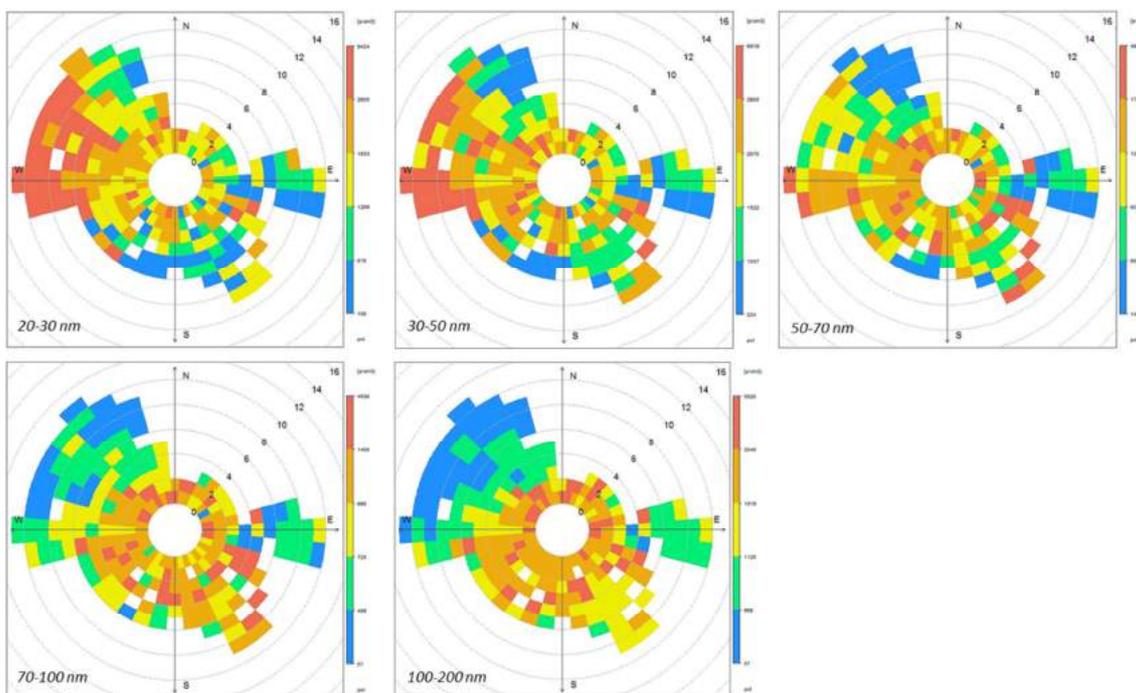
**Rose de pollution trimestre 2 :**

**Marseille / Cinq Avenues**

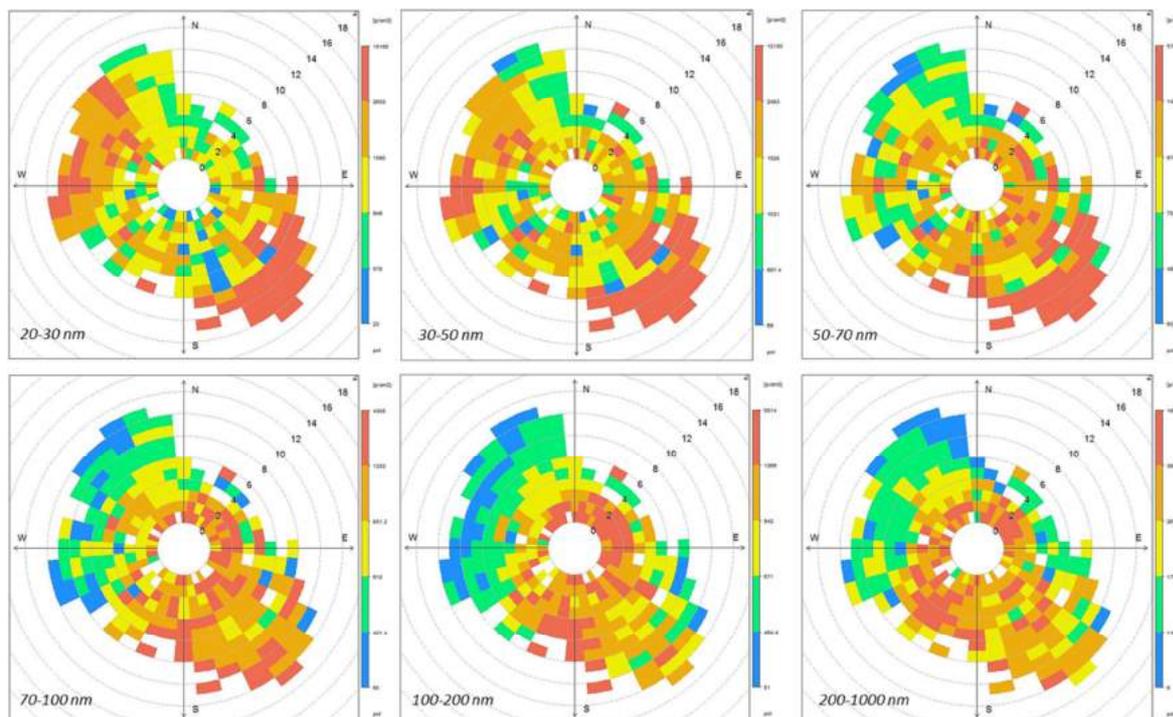


**Rose de pollution trimestre 3 :**

**Marseille / Cinq Avenues**

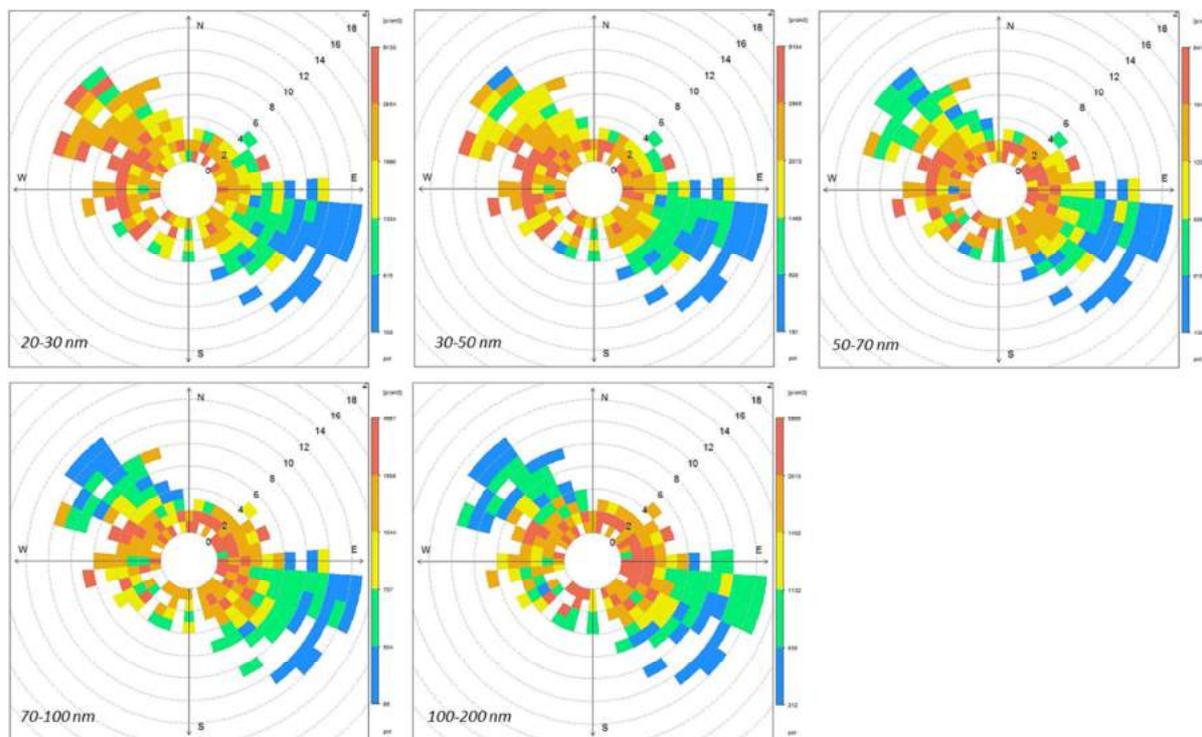


**Port de Bouc**



**Rose de pollution trimestre 4 :**

**Marseille / Cinq Avenues**



**Port de Bouc**

