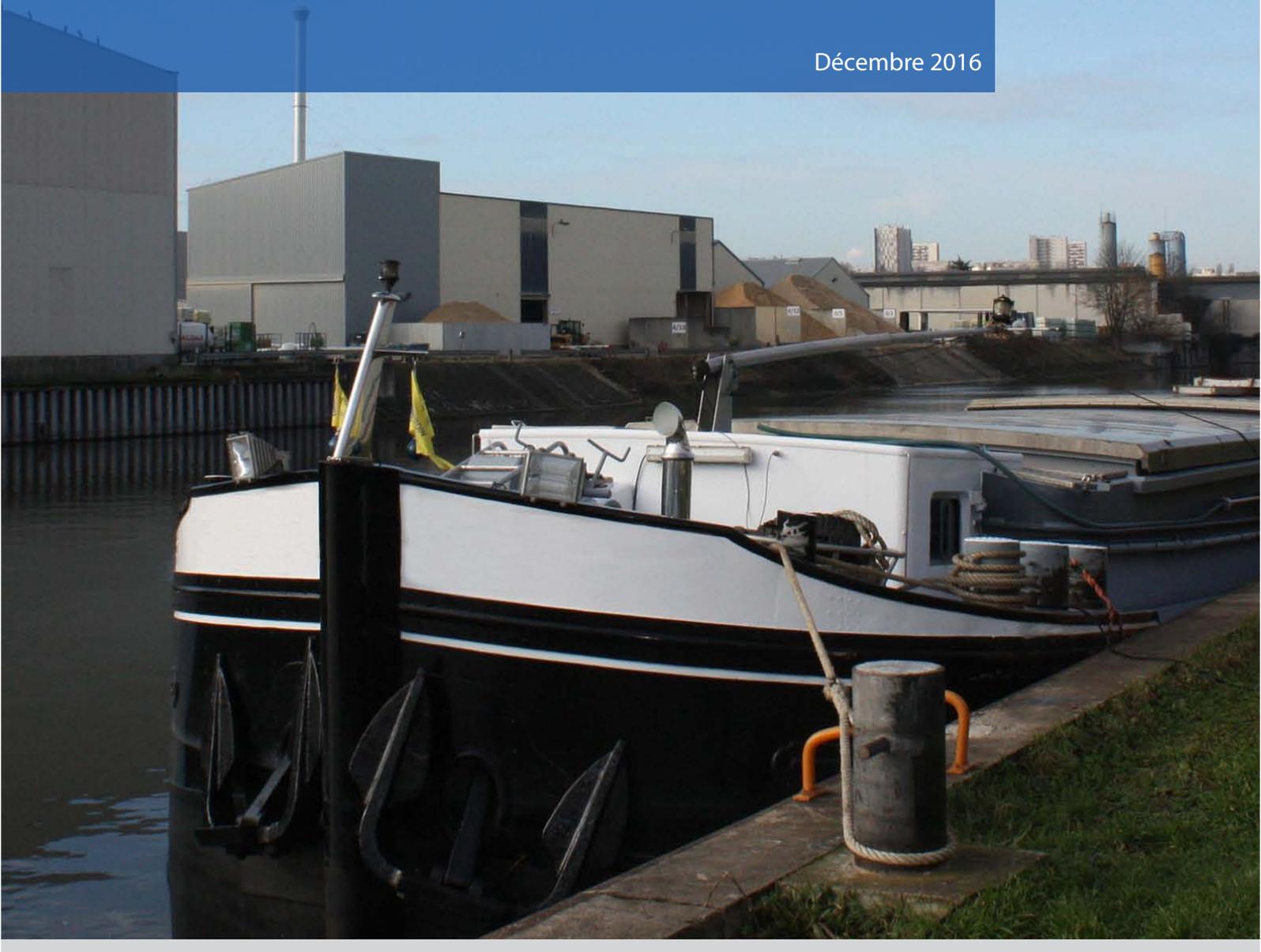


ÉTUDE DE LA QUALITÉ DE L'AIR AUTOUR DU PORT DE BONNEUIL-SUR-MARNE

Décembre 2016





ÉTUDE DE LA QUALITÉ DE L'AIR AUTOUR DU PORT DE BONNEUIL-SUR-MARNE

Décembre 2016

Étude réalisée par :

AIRPARIF – Observatoire de la qualité de l'air en Ile-de-France

7, rue Crillon 75004 PARIS – Tél. : 01.44.59.47.64 – Fax : 01.44.59.47.67 – www.airparif.fr

« Le bon geste environnemental : N'imprimez ce document que si nécessaire et pensez au recto-verso ! »

SOMMAIRE

SOMMAIRE	3
GLOSSAIRE	5
SYNTHESE DE L'ETUDE	6
CAMPAGNES DE MESURES	7
Les particules PM ₁₀ et PM _{2.5}	7
Les dépôts de poussières	10
Les métaux	11
Les HAP	12
Le dioxyde d'azote	13
Les BTEX	14
INVENTAIRE DES EMISSIONS	15
RECENSEMENT DES ODEURS	16
1. INTRODUCTION	17
1.1 CONTEXTE	17
1.2 PRESENTATION DU PORT DE BONNEUIL-SUR-MARNE	19
1.3 CONTENU DE L'ETUDE	21
2. CAMPAGNES DE MESURE	22
2.1 MISE EN ŒUVRE DES CAMPAGNES DE MESURE	22
2.1.1 Choix des polluants mesurés	22
2.1.2 Localisation des sites de mesure	22
2.1.3 Période de mesure	27
2.1.4 Conditions météorologiques durant les campagnes de mesure	28
2.2 ANALYSE DES RESULTATS	32
2.2.1 Synthèse des résultats	33
2.2.2 Niveaux de PM ₁₀ et PM _{2.5}	34
2.2.3 Dépôts de Poussières	45
2.2.4 Niveaux de Métaux	48
2.2.5 Niveaux de HAP	60
2.2.6 Niveaux de dioxyde d'azote	67
2.2.7 Niveaux de BTEX	76
2.3 CONCLUSION	81
3. INVENTAIRE DES EMISSIONS	82
3.1 INVENTAIRE DES EMISSIONS : GENERALITES	82
3.2 METHODOLOGIE	85
3.2.1 Emissions industrielles	85
3.2.2 Emissions liées aux activités fluviales	86
3.2.3 Emissions liées au transport ferroviaire	86
3.2.4 Emissions liées au trafic routier	86
3.2.5 Emissions liées au chauffage au bois	88
3.3 BILAN DES EMISSIONS DANS LA ZONE DU PORT DE BONNEUIL-SUR-MARNE	90

3.3.1 Emissions de particules (PM ₁₀ et PM _{2.5}).....	90
3.3.2 Emissions de HAP	93
3.3.3 Emissions de COVNM	94
3.3.4 Emissions de NOx.....	95
3.4 SYNTHÈSE	97
4. RECENSEMENT DES ODEURS AUTOUR DU PORT DE BONNEUIL SUR MARNE	98
ANNEXES	99
ANNEXE 1 : INSTRUMENTATION DE LA CAMPAGNE DE MESURE.....	99
Les laboratoires mobiles	99
Les échantillonneurs passifs	100
Plaquettes de dépôt	101
Mesure des métaux.....	102
Mesure des HAP	102
Qualité de la mesure	103
ANNEXE 2 : ESTIMATION DE LA CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE : METHODOLOGIE DE CALCUL ET INCERTITUDES ASSOCIEES	104
ANNEXE 3 : FICHES POLLUANTS.....	106
ANNEXE 4 : RESULTATS COMPLEMENTAIRES DE LA CAMPAGNE DE MESURE	114
Niveaux de HAP	114
Niveaux de métaux	123
Niveaux de dioxyde d'azote	125
Niveaux de BTEX	127

GLOSSAIRE

Généralités :

Emissions : rejets de polluants dans l'atmosphère liés à différentes sources telles que les transports (routier, aérien, fluvial, ferré), le résidentiel tertiaire (production de chauffage et d'eau chaude sanitaire), l'industrie...

Concentrations : les concentrations de polluants qui caractérisent la qualité de l'air que l'on respire s'expriment le plus souvent en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), et sont notamment très influencées par la proximité des sources polluantes.

Distance d'influence/d'impact : la distance d'influence (ou d'impact) représente l'étendue du surcroît de pollution atmosphérique observée sur une zone par une ou plusieurs sources d'émissions.

Typologie des stations

Station de fond : station de mesure située suffisamment loin des sources locales identifiées, comme les axes routiers ou les grandes sources industrielles, pour ne pas être directement influencée par ces dernières. Les stations de fond caractérisent l'ambiance générale de la pollution urbaine d'un secteur et représentent une référence basse des concentrations rencontrées, pour un secteur donné.

Station trafic : station de mesure implantée à proximité immédiate (moins de 5 mètres) d'un axe routier, de manière à caractériser les niveaux de pollution issus de l'influence directe de cet axe.

Normes :

Objectif de qualité : il correspond à une qualité de l'air jugée acceptable que la réglementation fixe comme objectif à atteindre dans un délai de quelques années.

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

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

Polluants :

BTEX : benzène, toluène, ethylbenzène, M-P-xylène et O-xylène

HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques, regroupant pour cette étude le 2-méthylfluoranthène, le 2-méthyl-naphthalène, l'acénaphthène, l'anthracène, le benzo(a)anthracène, le benzo(a)pyrène, le benzo(b)fluoranthène, le benzo(e)pyrène, le benzo(ghi)pérylène, le benzo(j)fluoranthène, le benzo(k)fluoranthène, le chrysène, le dibenzo(ah)anthracène, le fluoranthène, le fluorène, l'indéno(1,2,3-cd)pyrène, le naphthalène, le phénanthrène et le pyrène

Métaux : sont considérés pour cette étude le nickel, le cuivre, l'arsenic, le cadmium et le plomb

NO_x : Oxydes d'azote

NO₂ : Dioxyde d'azote

PM₁₀ : Particules de diamètre inférieur à 10 μm

PM_{2.5} : Particules de diamètre inférieur à 2.5 μm

Poussières sédimentables : désignent les particules qui se déposent au niveau du sol ou de toute autre surface, soit par dépôt sec (gravité), soit entraînées par la pluie ou la neige. Les poussières sédimentables sont donc constituées de particules de diamètre aérodynamique variable, mais généralement supérieur à quelques microns.

SYNTHESE DE L'ETUDE

Suite à de nombreuses demandes, que ce soit des riverains ou des collectivités, Airparif a proposé une étude autour du Port de Bonneuil-sur-Marne pour objectiver la situation atmosphérique sur le secteur, notamment pour des polluants spécifiques, et de faciliter la concertation et le dialogue autour d'un constat rigoureux de l'état de la qualité de l'air. Cette étude a reçu le concours financier de Ports de Paris, adhérent à l'association.

Cette étude a permis de :

- ✓ **Caractériser l'état de la qualité de l'air** sur et autour du port de Bonneuil-sur-Marne vis-à-vis des seuils réglementaires ;
- ✓ **Evaluer l'impact des émissions de poussières** liées aux activités de recyclage, de manutention et à la remise en suspension sur l'emprise du port ;
- ✓ **Etudier l'impact des rejets industriels, du trafic routier et de la proportion élevée de camions** dans le secteur sur les concentrations respirées ;
- ✓ **Evaluer le lien entre les nuisances olfactives observées dans la zone et les activités du port** : objectiver la fréquence et l'intensité des nuisances olfactives et établir s'il y a un lien entre certaines plaintes de riverains et les activités du port, ce qui permettrait le cas échéant d'agir sur la source des nuisances.

Campagnes de mesures

Deux campagnes de mesures ont été menées de février à mars 2016 et de mai à juin 2016. Airparif a mis en place trois laboratoires mobiles de mesures automatiques et plus d'une vingtaine de sites de mesures manuelles afin d'analyser un grand nombre de polluants atmosphériques : les oxydes d'azote, les particules (PM₁₀ et PM_{2.5}), les retombées de poussières sédimentables, des métaux (arsenic, nickel, cadmium, plomb et cuivre), des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), et les BTEX (benzène, toluène, ethylbenzène, M-P-xylène et O-xylène).

Les particules PM₁₀ et PM_{2.5}

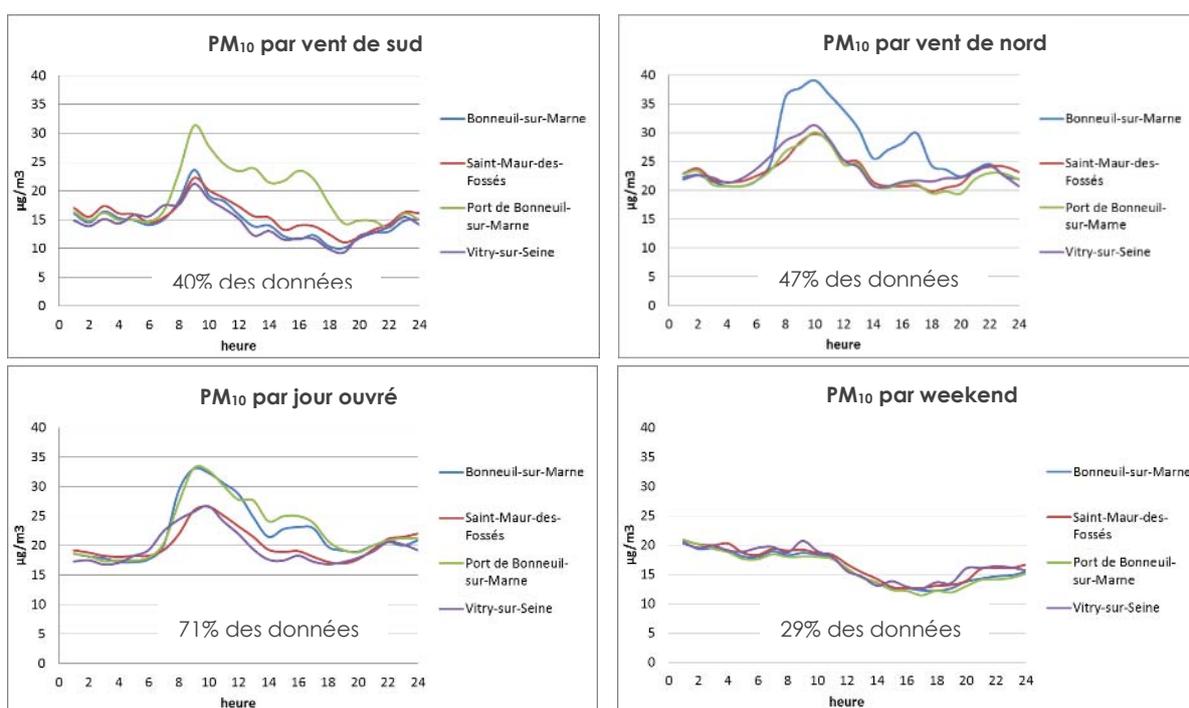
PM ₁₀	PM _{2.5}
Valeur limite annuelle : 40 µg/m ³	Valeur limite annuelle : 25 µg/m ³
Valeur limite journalière : 50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 fois/an	Objectif de qualité : 10 µg/m ³
Objectif de qualité : 30 µg/m ³	

Dans la réglementation, une distinction est faite entre les particules PM₁₀, de diamètre inférieur à 10 µm, et les PM_{2.5}, de diamètre inférieur à 2.5 µm, qui pénètrent plus profondément dans l'appareil respiratoire.

PM₁₀

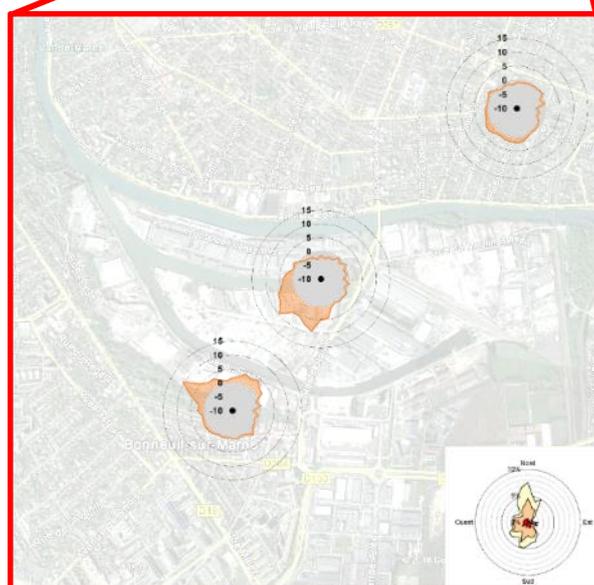
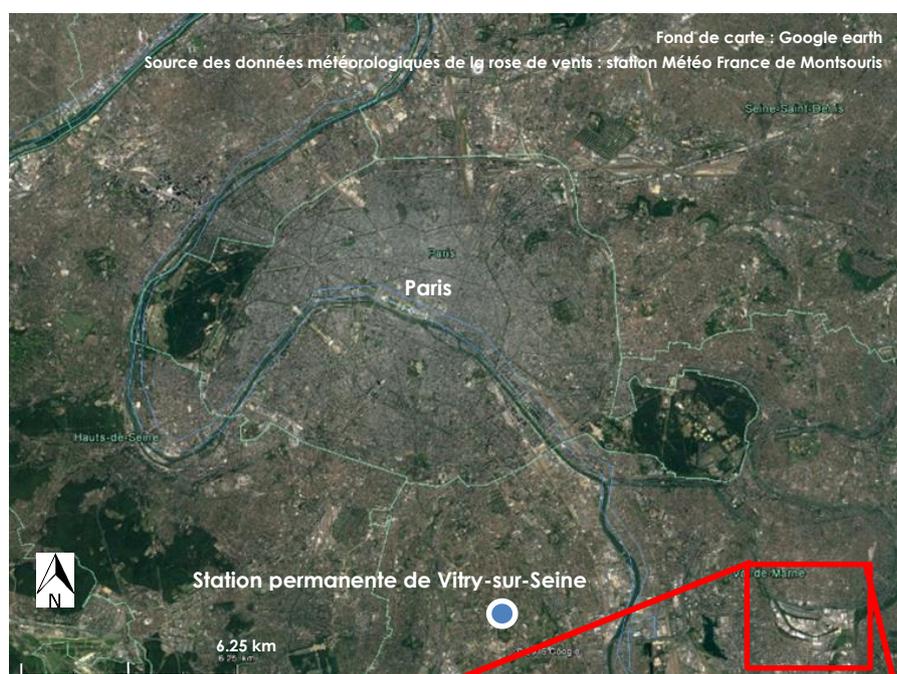
Un impact certain des activités du port de Bonneuil-sur-Marne est observé pour les PM₁₀ jusqu'à au moins 700m autour du port. Des niveaux plus élevés sont observés à Bonneuil-sur-Marne par vent de secteur nord et sur le port par vent de secteur sud et seulement lors des jours ouvrés. Les impacts mesurés sur le site de mesure de Saint-Maur-des-Fossés par vent de secteur sud sont présents mais plus faibles, ce site étant plus loin du port que celui de Bonneuil-sur-Marne (700 m contre 300m à partir de la bordure de la zone d'activité du port).

Les activités situées dans la zone sud du port sont effectivement susceptibles d'émettre des particules de cette taille, par le stockage et la manutention de matériaux pulvérulents, le recyclage de déchets, etc.



A chaque heure de la campagne, sont associées des concentrations mesurées aux trois points d'étude et au site de référence de Vitry-sur-Seine d'Airparif, ainsi qu'une direction de vent mesurée à la station Météo France de Montsouris. Afin de visualiser les impacts dans la zone, **une rose d'impact** est déterminée en calculant les différences, pour chaque heure, entre les niveaux de pollution à un point d'étude et ceux mesurés à Vitry-sur-Seine, puis moyennées par secteur de vent (1/10 de degrés). Elle permet de mettre en relief l'impact potentiel des activités locales.

Les roses d'impact illustrent le phénomène décrit précédemment par les profils journaliers, indiquant un impact moyen des activités du port jusqu'à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site de mesure du port (par vents de sud-ouest) et sur le site de mesure de Bonneuil-sur-Marne (par vents de nord-ouest), et de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site de Saint-Maur-des-Fossés (par vents de sud-ouest). Dans la commune de Saint-Maur-des-Fossés à proximité du port, les niveaux de PM_{10} sont susceptibles d'atteindre des niveaux compris entre ceux observés sur les sites de mesures du port et de Saint-Maur-Fossés, soit un impact du port compris entre 3 et $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par vent de sud-ouest.



Roses d'impact des PM_{10} (résolution horaire, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

D'après les estimations des moyennes annuelles en PM_{10} , les valeurs limites annuelle et journalière ne sont pas dépassées en situation de fond dans la zone du port de Bonneuil-sur-Marne sous les conditions météorologiques habituellement rencontrées.

$PM_{2.5}$

Les $PM_{2.5}$ ne présentent pas de particularité sur la zone du port, les niveaux mesurés sont équivalents à ceux enregistrés à Paris et légèrement supérieurs à ceux mesurés à Vitry-sur-Seine sans qu'un impact des activités du port n'ait été déterminé. L'objectif de qualité des $PM_{2.5}$ est dépassé de façon certaine sur toute la zone, comme sur la presque totalité de l'Ile-de-France.

L'impact du port sur les niveaux de PM_{10} ne s'observe pas sur les niveaux de $PM_{2.5}$ de par la nature des phénomènes émetteurs de particules. Les sources de $PM_{2.5}$ sont plutôt des processus de combustion.

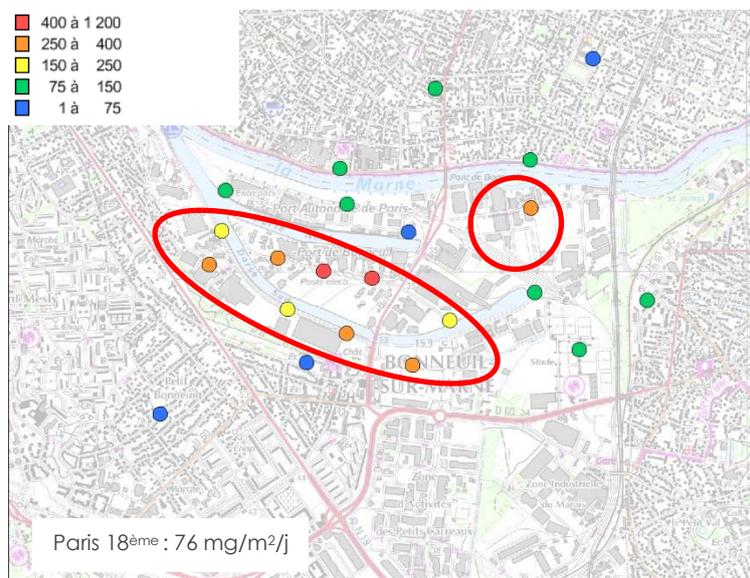
Les dépôts de poussières

Les poussières sédimentables émises dans l'atmosphère sont d'origine naturelle ou anthropique, et tombent sous l'effet de leur poids. Ces particules peuvent être issues de l'envol de matériaux pulvérulents. Les niveaux de poussières ne sont pas réglementés dans l'air ambiant et donnent une information sur le niveau d'empoussièrément.

Les niveaux de poussières mesurés les plus forts sont localisés autour des activités industrielles, dans la zone sud du port essentiellement : comme précisé pour les PM₁₀, les activités dans cette zone sont susceptibles d'émettre des poussières par le stockage et la manutention de matériaux pulvérulents, le recyclage de déchets, etc.

De manière générale sur l'ensemble de la campagne, les niveaux d'empoussièrément en-dehors du port sont plus faibles que dans le port, et comparables à ceux mesurés dans Paris durant la campagne.

Moyennes des mesures de poussières sédimentables sur toute la campagne (mg/m²/j)



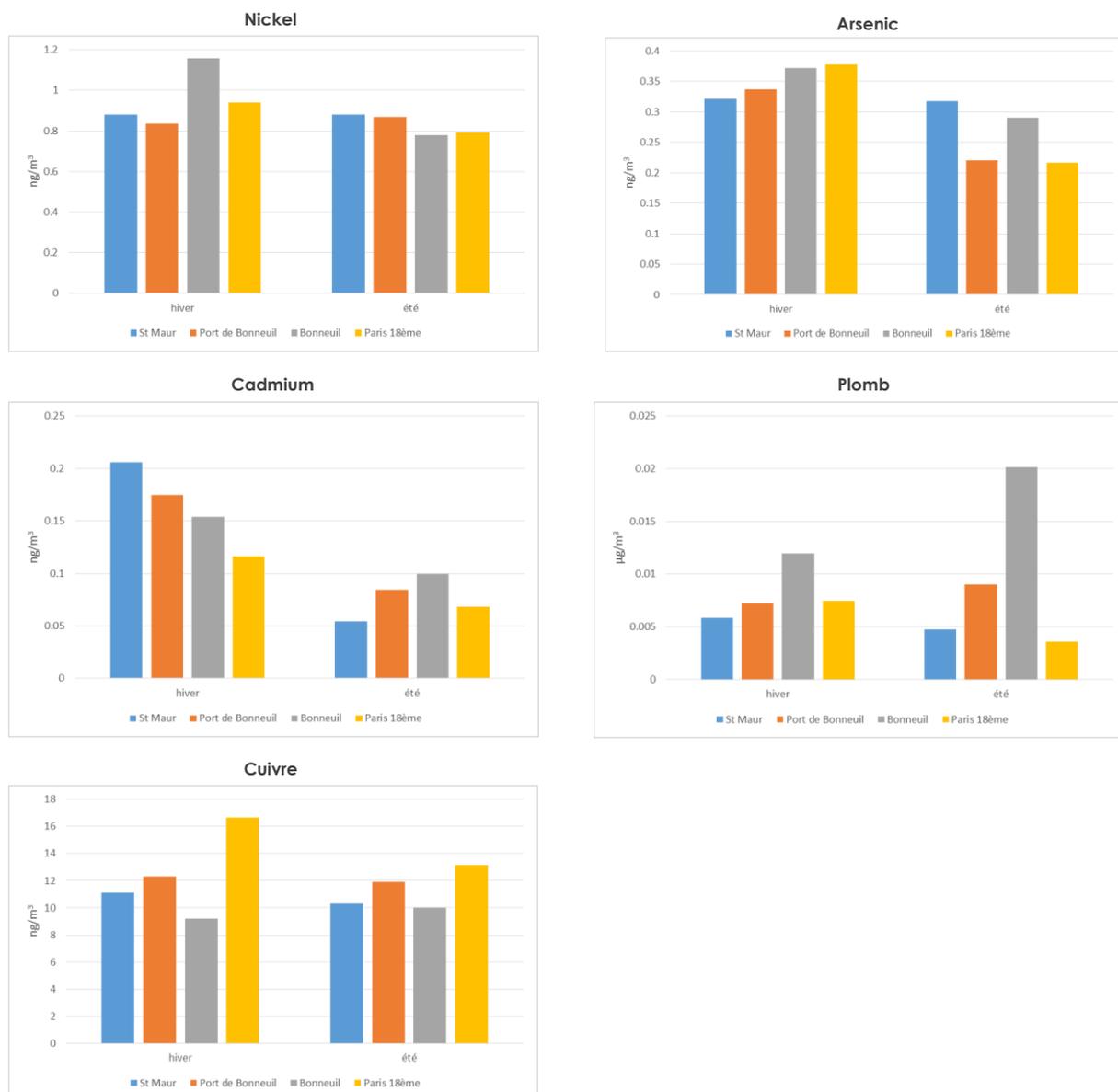
Les métaux

Les niveaux des métaux mesurés (nickel, arsenic, cadmium, plomb et cuivre) respectent les normes : **les estimations des moyennes annuelles restent largement inférieures à la valeur limite annuelle ainsi qu'à l'objectif de qualité pour le plomb, et largement inférieures aux valeurs cibles annuelles pour le nickel, l'arsenic et le cadmium**, au niveau des sites de mesure. Les niveaux de cuivre ne sont pas réglementés dans l'air ambiant.

Nickel Valeur cible annuelle : 20 ng/m ³
Arsenic Valeur cible annuelle : 6 ng/m ³
Cadmium Valeur cible annuelle : 5 ng/m ³
Plomb Valeur limite annuelle : 0,5 µg/m ³ Objectif de qualité : 0,25 µg/m ³
Cuivre Non réglementé

Les concentrations de plomb, de nickel et d'arsenic mesurées dans la zone sont influencées par les activités du port de manière ponctuelle, surtout au site de Bonneuil-sur-Marne pour le plomb qui atteint pour certaines semaines de mesure des concentrations 10 fois plus élevées qu'ailleurs, mais qui restent au moins 10 fois inférieures à la valeur limite. L'analyse des niveaux de cuivre et de cadmium n'a montré aucun impact du port pour ces métaux.

Moyennes des niveaux de métaux sur les campagnes hivernale et estivale



Les HAP

Benzo(a)pyrène

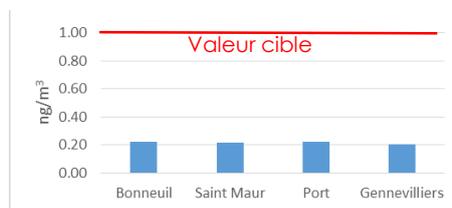
Valeur cible annuelle : 1 ng/m³

Les niveaux de HAP ne constituent pas une problématique spécifique dans la zone du port : **la moyenne annuelle estimée du benzo(a)pyrène, seul HAP réglementé dans l'air ambiant, reste largement inférieure à la valeur cible** au niveau des sites de mesure.

Les autres HAP n'étant pas réglementés, leurs niveaux ne peuvent pas être comparés à une valeur de référence ; les échelles choisies dans les graphiques sont relatives aux niveaux mesurés, permettant de mettre en relief les variations inter-sites. Les niveaux atteints diffèrent aussi selon les espèces considérées (ils ne sont pas comparables à ceux du BaP).

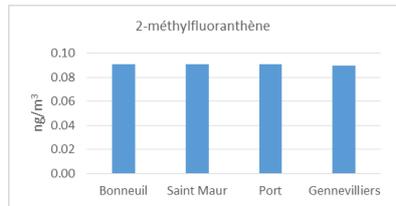
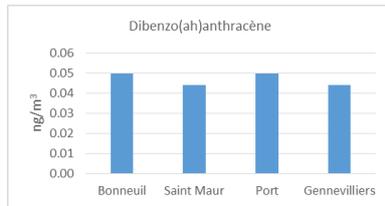
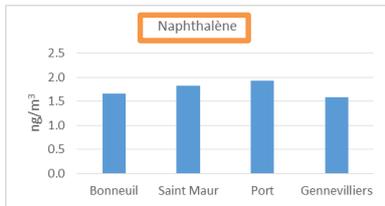
Il existe une possible source locale dans le port pour les composés encadrés en orange ci-dessous. Ces impacts n'ont été observés qu'à deux reprises ; la production d'enrobés bitumineux pourrait en être la source mais d'autres process industriels présents sur le port le pourraient également. **Ces impacts restent ponctuels et localisés et ne se retrouvent pas dans les zones riveraines.**

Moyennes sur la campagne des niveaux de benzo(a)pyrène



Moyennes sur la campagne des autres HAP





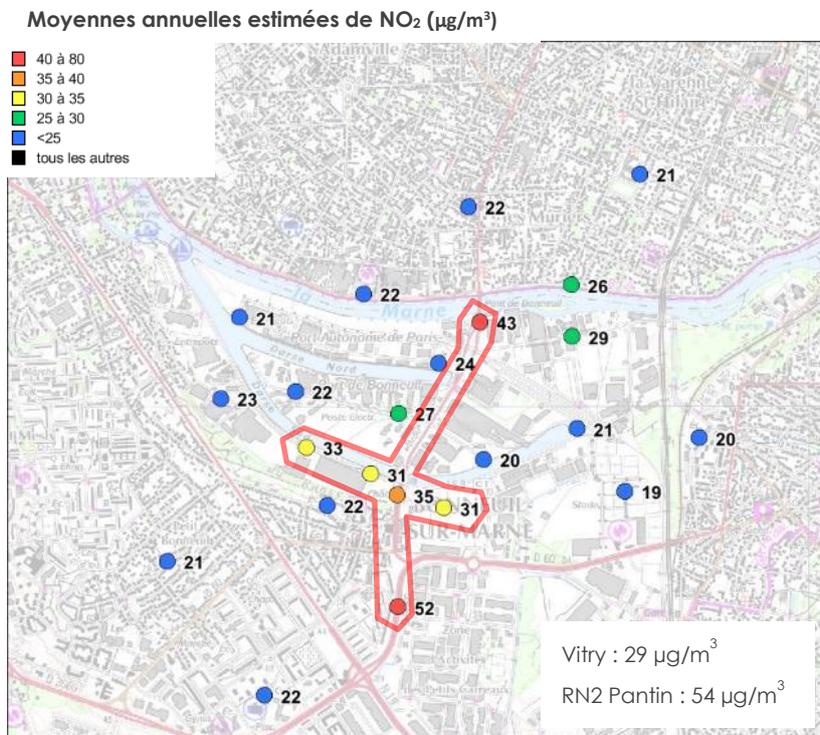
Le dioxyde d'azote

NO₂

Valeur limite annuelle : 40 µg/m³
 Valeur limite horaire : 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 fois/an
 Objectif de qualité : 40 µg/m³

Les niveaux de NO₂ de la zone sont principalement liés au niveau de fond de la région parisienne, aux axes de circulation majeurs de la zone et aux routes desservant le port (quai du Rancy, route du Moulin Bateau et route de l'Île Saint Julien) où les niveaux de NO₂ sont plus élevés. Ils sont alors liés directement au trafic routier sur la zone. Toutefois, les activités industrielles n'ont pas d'impact vis-à-vis du niveau de fond du secteur d'étude et des zones riveraines.

Les moyennes annuelles estimées en situation de fond restent largement inférieures à la valeur limite annuelle, alors que sur les sites à proximité de la RD130 et de la RD10 le risque de dépassement de la valeur limite annuelle est peu probable à certain en fonction du trafic relevé, ce qui est comparable à des stations trafic du réseau permanent d'Airparif comme celles proches de la RN2 à Pantin et de la RN6 à Melun. Par ailleurs, les niveaux sont restés très en dessous de la valeur limite horaire durant la campagne de mesure au niveau des trois laboratoires mobiles.



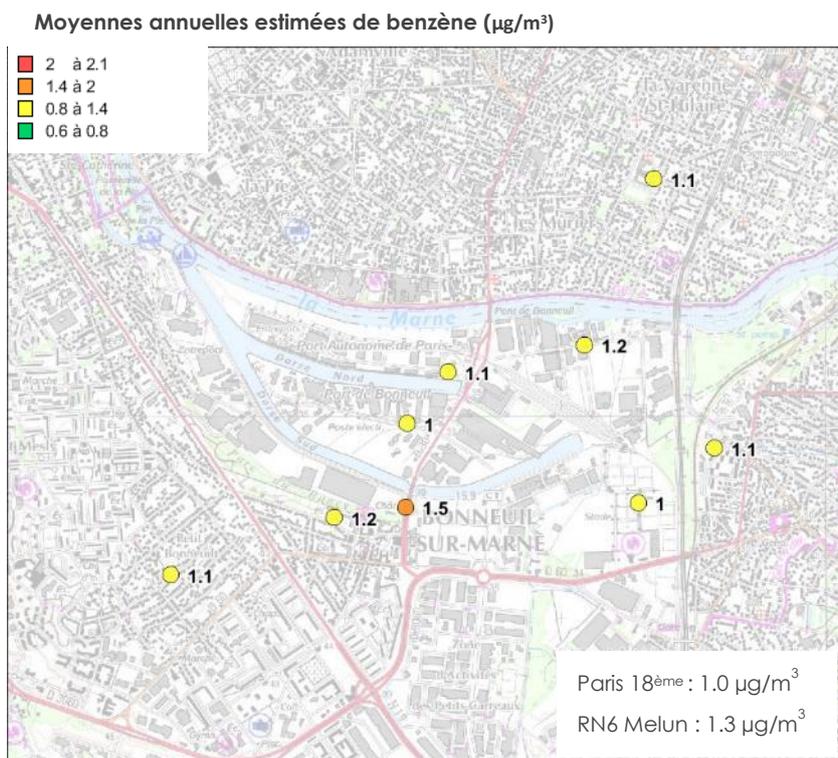
Les BTEX

Benzène

Valeur limite annuelle : $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Objectif de qualité : $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Les BTEX ne représentent pas de spécificité sur la zone d'étude : aucun impact des activités sur les teneurs de benzène n'a été détecté dans la zone du port de Bonneuil-sur-Marne. **Les moyennes annuelles estimées de benzène restent inférieures à la valeur limite annuelle ainsi qu'à l'objectif de qualité**, en situation de fond comme à proximité du trafic.

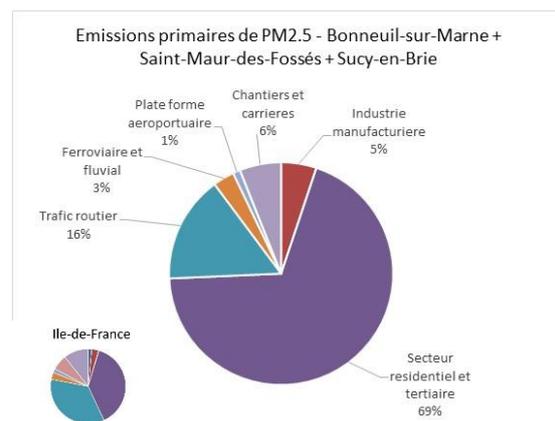
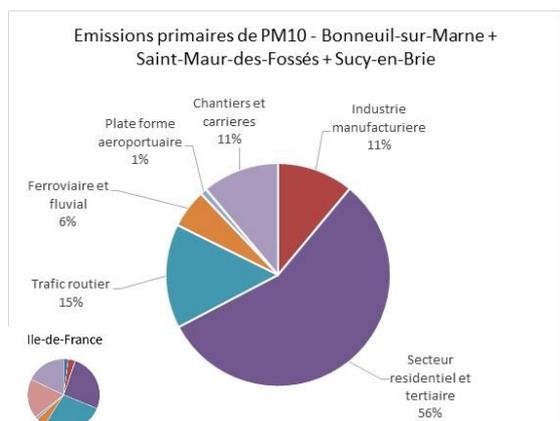
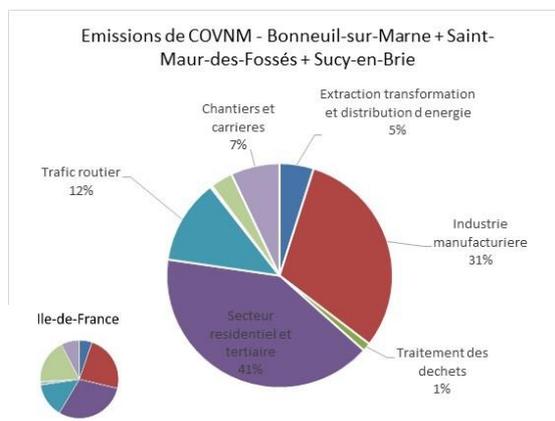
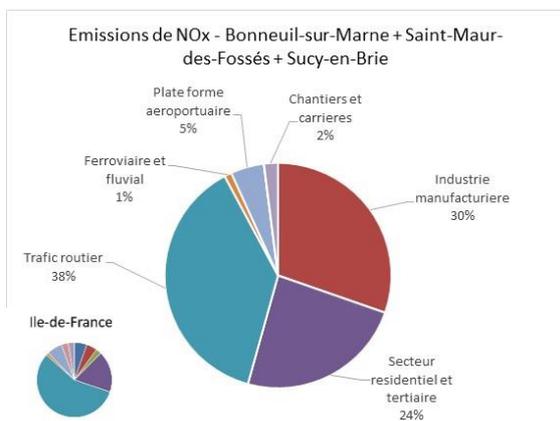


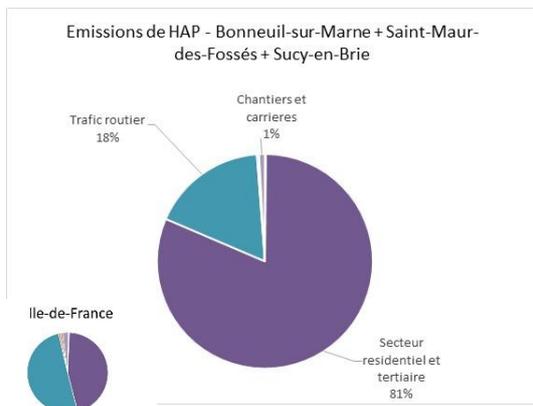
Inventaire des émissions

Autour de la zone du port de Bonneuil-sur-Marne, sur les communes de Bonneuil-sur-Marne, Saint-Maur-des-Fossés et Sucy-en-Brie, la densité urbaine importante explique que **le secteur résidentiel et tertiaire contribue pour une plus grande part qu'en Ile-de-France aux émissions de particules PM_{2.5} (69% contre 38%) et PM₁₀ (56% contre 26%), de NOx (24% contre 18%), de COVNM (41% contre 30%) et de HAP (81% contre 45%)**. Les sources de ces émissions sont la combustion liée au chauffage (au bois surtout), la cuisson, la production d'eau chaude, et l'utilisation de produits solvantés.

L'industrie représente aussi une plus grande part qu'à l'échelle régionale des émissions de particules PM₁₀ surtout (11% contre 3%), de COVNM (31% contre 24%), et de NOx (30% contre 5%), liées aux activités industrielles potentiellement émettrices de particules, à l'utilisation de produits solvantés, de produits chimiques, à la production de verre à Sucy-en-Brie...

Les émissions de NOx sont toujours dues principalement au trafic routier (véhicules diesels à 90%, camions et transports en commun notamment), mais pour une part plus faible qu'en Ile-de-France (38% contre 56%). Enfin, une part plus importante qu'en Ile-de-France des émissions de PM₁₀, bien que limitée, provient du secteur de transport ferroviaire et fluvial, en lien avec les activités du port.





Recensement des odeurs

Une démarche participative de recensement des odeurs est menée sur la zone pendant un an depuis mai 2016.

Une plate-forme de signalement des nuisances olfactives a été mise à disposition des riverains et des salariés du port afin d'associer la population. Elle est disponible à l'adresse suivante : <http://portdebonneuil.airparif.fr>.

L'objectif de cette démarche est d'objectiver la fréquence et l'intensité des éventuelles nuisances et d'étudier leur corrélation potentielle avec des activités spécifiques sur la zone. Cette étude n'est pas une étude d'odeurs au sens réglementaire et ne peut s'y substituer.

Les résultats seront fournis par période dans des fiches de synthèse sur le site d'Airparif. A la fin de cette période de un an, une synthèse de l'ensemble des données et des analyses sera également produite.

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte

Airparif est l'Observatoire indépendant de la qualité de l'air (association loi 1901) en Ile-de-France. Conformément à la Loi sur l'Air et l'utilisation rationnelle de l'Energie. Airparif rassemble les différents acteurs impliqués dans les enjeux atmosphériques et susceptibles d'agir pour son amélioration. Les quatre collègues qui la composent (Etat, collectivités, acteurs économiques, milieu associatif et personnalités qualifiées) assurent son interaction avec les attentes de la société et lui garantissent indépendance et transparence dans ses orientations et ses activités.

Ses activités sont déclinées suivant trois axes :

- ✓ **Surveiller** par une combinaison technologique : modélisation, stations, émissions permettant de renseigner 7 millions de points toutes les heures en Ile-de-France ;
- ✓ **Comprendre** la pollution atmosphérique et ses impacts en lien avec le climat, l'énergie et l'exposition des personnes ; prévoir la qualité de l'air au jour le jour, les épisodes de pollution et les évolutions futures ;
- ✓ **Accompagner** les décideurs dans l'amélioration de la qualité de l'air sur leur territoire, favoriser la concertation, informer les autorités, les médias et le public.

Airparif est agréé par le Ministère de l'Environnement. Pour garantir la qualité et la fiabilité de ses résultats, ses activités sont **certifiées ISO 9001 par l'AFAQ et accréditées ISO/CEI 17025 Section Laboratoires par l'AFNOR**.

Le Programme de Surveillance de la qualité de l'air 2016 – 2021 d'Airparif prévoit de faire des diagnostics approfondis de l'état de la qualité de l'air autour de zones franciliennes à enjeux particuliers et d'accompagner les acteurs pour faciliter la concertation et limiter la pollution atmosphérique en Ile de France.

Airparif a été sollicitée régulièrement sur des questions relatives à la qualité de l'air dans le secteur du port de Bonneuil-sur-Marne, exprimées par les communes de Bonneuil-sur-Marne, Saint-Maur-des-Fossés, Sucy-en-Brie et Ormesson-sur-Marne, l'Etat dans le cadre de l'enquête publique pour le prolongement de la RN 406 et par les riverains et leurs représentants.

Après avoir réuni l'ensemble des parties prenantes pour recueillir les attentes de chacun, **Airparif a proposé une étude**, dont le contenu a été validé par les instances de concertation du port de Bonneuil-sur-Marne. **Le but de cette étude est d'objectiver la situation atmosphérique sur le secteur, notamment pour des polluants spécifiques, et de faciliter la concertation et le dialogue autour d'un constat rigoureux de l'état de la qualité de l'air**. Cette étude a été soutenue financièrement par Ports de Paris, qui a adhéré à Airparif en 2015. Elle complète les informations cartographiques communales fournies tous les ans par Airparif sur les moyennes annuelles de dioxyde d'azote et de particules PM₁₀ et permettra de les affiner.

Les questions auxquelles cette étude répond sont les suivantes :

- ✓ **Caractériser l'état de la qualité de l'air** sur et autour du port de Bonneuil-sur-Marne au regard des seuils réglementaires ;

- ✓ **Evaluer l'impact des émissions de poussières** liées aux activités de recyclage, de manutention et à la remise en suspension sur l'emprise du port ;
- ✓ **Etudier l'impact des rejets industriels, du trafic routier et de la proportion élevée de camions** dans le secteur sur les concentrations respirées ;
- ✓ **Evaluer le lien entre les nuisances olfactives observées dans la zone et les activités de traitement des déchets et de production d'enrobés bitumineux** : objectiver la fréquence et l'intensité des nuisances olfactives et établir s'il y a un lien entre certaines plaintes de riverains et les activités du port, ce qui permettrait, le cas échéant, d'agir sur la source des nuisances.

1.2 Présentation du Port de Bonneuil-sur-Marne

La localisation du port est présentée Figure 1. Le port de Bonneuil-sur-Marne est situé à 8 km au sud-est de Paris, dans l'agglomération parisienne. Ses alentours immédiats sont des zones résidentielles regroupant Sucy-en-Brie à l'est, Saint-Maur-des-Fossés au nord et Bonneuil-sur-Marne au sud.

5^{ème} dans la hiérarchie des grands ports nord-européens, le GIE HAROPA réunit depuis 2012 les Ports de Paris et les Grands Ports Maritimes de Rouen et du Havre. Le Port de Bonneuil-sur-Marne en fait partie, 2^{ème} port fluvial d'Ile-de-France après Gennevilliers (représentant environ 1 million de tonnes transportées par voie fluviale¹). C'est une plateforme multimodale, permettant le transport fluvial, ferroviaire et routier, regroupant 200 entreprises et plus de 2000 emplois.

La zone géographique qui fait l'objet de la présente étude s'étend sur environ 12 km², et est représentée dans l'encart de la Figure 1. Les deux darses, darse sud et darse centrale, sont des bassins destinés à l'accostage des bateaux (voir Figure 1).

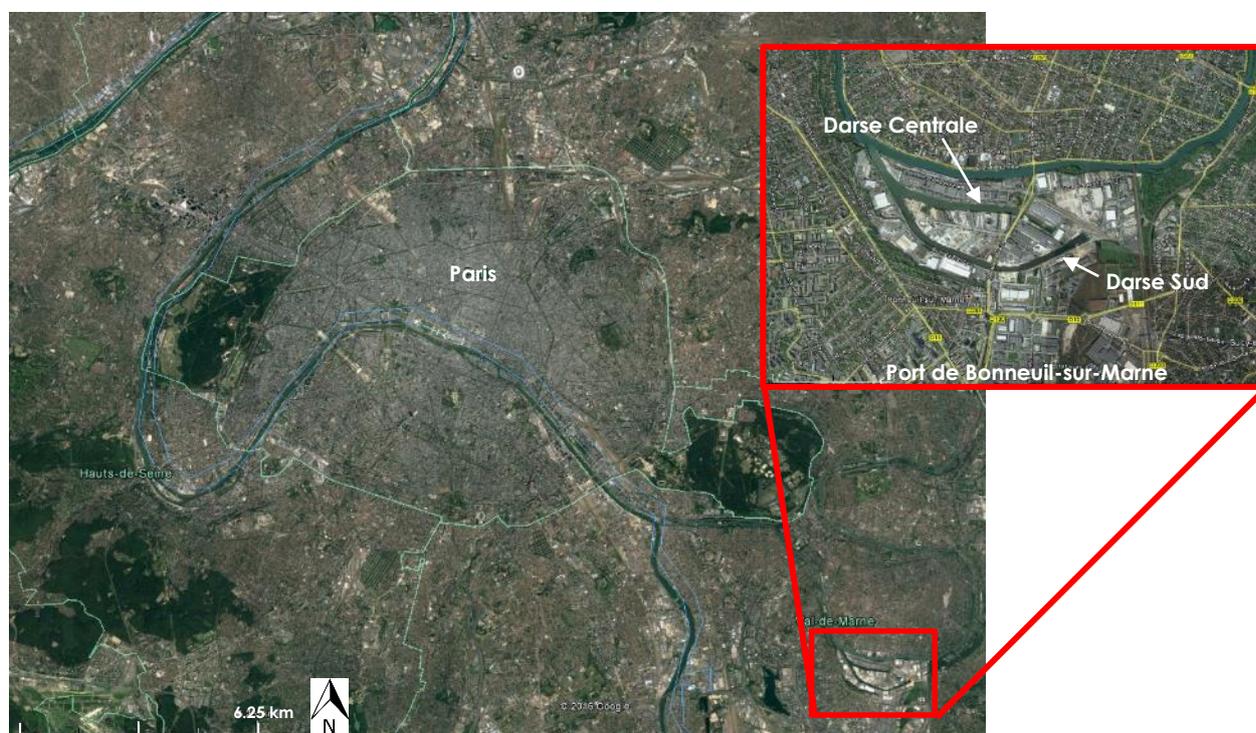


Figure 1 : Localisation du port de Bonneuil-sur-Marne [fond de carte : Google Earth]

Le port de Bonneuil accueille des activités industrielles et logistiques diverses : valorisation des métaux, production d'enrobés bitumineux, entreprises de travaux publics, production de béton, de sables industriels, centre de tri de déchets, fabrication de plâtre et agglomérés, fabrique de parpaings et entrepôts logistiques, entre autres (voir Figure 2).

¹ http://www.haropaports.com/sites/haropa/files/brochure_bonneuil_rectoverso_v7.pdf

1.3 Contenu de l'étude

Afin de caractériser la qualité de l'air dans le secteur du port de Bonneuil-sur-Marne, l'étude proposée s'est déroulée en trois phases complémentaires :

- **Deux campagnes de mesures** : une campagne hivernale de février à mars 2016, et une campagne estivale de mai à juin 2016, afin de prendre en compte la variabilité saisonnière des conditions de dispersion des polluants dans l'air. Airparif a mis en place trois laboratoires mobiles de mesures automatiques et plus d'une vingtaine de sites de mesures manuelles afin d'analyser un grand nombre de polluants atmosphériques : les oxydes d'azote, les particules (PM₁₀ et PM_{2.5}), les retombées de poussières sédimentables caractérisant l'empoussièrément, des métaux (arsenic, nickel, cadmium, plomb et cuivre), 19 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), et les BTEX (regroupant le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, le M-P-xylène et l'O-xylène) ;
- Une caractérisation fine **des émissions de polluants atmosphériques dans la zone** pour bien identifier les sources locales de pollution sur la zone d'étude et en dégager les spécificités.
- **Une démarche participative de recensement des odeurs** : une plate-forme mobile de signalement des nuisances olfactives a été mise à disposition des riverains et salariés du port le 02 mai 2016. Le but de cette démarche est d'objectiver la fréquence et l'intensité des nuisances ressenties et de déterminer une éventuelle corrélation avec des activités spécifiques sur la zone. Ce recensement des signalements ne constitue pas une étude d'odeurs au sens réglementaire du terme, qui pourrait le cas échéant être envisagée dans un second temps.

Ce rapport présente les résultats des deux premiers volets de l'étude. La démarche participative de recensement des odeurs étant prévue sur un an, seul le protocole est présenté en Partie 4. Cette partie de l'étude fera l'objet de fiches de synthèse périodiques et d'un bilan global au terme de l'année d'étude, laquelle devrait se conclure mi-2017.

2. CAMPAGNES DE MESURE

2.1 Mise en œuvre des campagnes de mesure

2.1.1 Choix des polluants mesurés

Afin d'établir un diagnostic de la qualité de l'air, compte-tenu des activités de la zone, les polluants suivants ont été mesurés (voir le GLOSSAIRE pour plus d'informations) :

- ✓ Particules en suspension PM₁₀ et PM_{2.5} potentiellement générées par les activités industrielles sur le port mais également par le trafic routier, induit ou non par les activités portuaires, ainsi que émises par le secteur résidentiel-tertiaire (phénomènes de combustion et d'abrasion) ;
- ✓ Poussières sédimentables (PSED) d'origine naturelle ou anthropique émises dans l'atmosphère, qui tombent sous l'effet de leur poids. Ces particules peuvent être issues de l'envol de matériaux pulvérulents. La mesure de ces poussières caractérise l'empoussièrement de la zone considérée ;
- ✓ 5 métaux (Arsenic, Nickel, Cadmium, Plomb, Cuivre), pouvant servir de traceurs d'activités industrielles (résultant des phénomènes d'abrasion par exemple), mais également du trafic routier ou ferroviaire ;
- ✓ 19 Hydrocarbures Aromatique Polycycliques (HAP) dont le benzo[a]pyrène, réglementé et reconnu comme traceur de la cancérogénicité des HAP. Les 18 autres sont le 2-méthylfluoranthène, le 2-méthylnaphthalène, l'acénaphthène, l'anthracène, le benzo(a)anthracène, le benzo(b)fluoranthène, le benzo(e)pyrène, le benzo(ghi)pérylène, le benzo(j)fluoranthène, le benzo(k)fluoranthène, le chrysène, le dibenzo(ah)anthracène, le fluoranthène, le fluorène, l'indéno(1,2,3-cd)pyrène, le naphthalène, le phénanthrène et le pyrène.
- ✓ Oxydes d'azote (NO et NO₂), dont la source principale est le trafic routier. Les oxydes d'azote proviennent également des installations de combustion, que ce soit le chauffage résidentiel et tertiaire ou des sources de combustion industrielles ;
- ✓ Benzène, composé organique volatil cancérogène émis par le trafic routier (motorisations essence) et les stockages et distributions de carburant ;

2.1.2 Localisation des sites de mesure

La caractérisation de la qualité de l'air sur la zone du port de Bonneuil s'appuie sur la mise en œuvre de différents moyens de mesures complémentaires : l'implantation de vingt-trois sites de mesures de particules sédimentables par plaquettes de dépôt, de NO₂ ou de BTEX par tubes passifs, positionnés sur l'emprise du port et dans les communes environnantes, l'installation de trois sites de mesure (laboratoire mobile) équipés d'analyseurs automatiques permettant la caractérisation heure par heure de l'évolution des concentrations en particules PM₁₀ et PM_{2.5} et en oxydes d'azote (NO et NO₂), et de préleveurs sur filtres afin de réaliser des analyses de métaux et de HAP.

Les moyens de mesure de la qualité de l'air utilisés sont décrits pour chaque polluant en Annexe 1 : Instrumentation de la campagne de mesure.

La Figure 4 présente le plan d'échantillonnage défini par Airparif et mis en œuvre lors des deux campagnes de mesures. Les flèches rouges indiquent le positionnement des trois laboratoires mobiles et les bulles de couleur le positionnement des autres sites de mesures. Une rose de vent indiquant les directions de vent à la station Météo France de Montsouris en moyenne de 2013 à

2015 est également présentée, les directions de vent attendues étant un des paramètres déterminants pour élaborer le plan d'échantillonnage.



Figure 4 : Localisation des sites de mesure selon les polluants et la méthode de mesure utilisée [fond de carte : Google Earth ; source des données météorologiques de la rose de vents : station Météo France de Montsouris]

Au regard des directions de vent attendues sur la zone, les trois laboratoires mobiles ont été placés selon un axe nord/sud, suivant les vents dominants moyens en Ile-de-France, et sont présentés dans la Figure 5. Sur ces laboratoires mobiles, l'ensemble des polluants étudiés sont mesurés.



**Site automatique n°26 :
Lycée Stendhal de Bonneuil-
sur-Marne situé au sud du
port de Bonneuil-sur-Marne**



**Site automatique n°25 : Port
de Bonneuil-sur-Marne**



**Site automatique n°24 :
Ecole primaire Les Muriers à
Saint-Maur-des-Fossés
située au nord du port de
Bonneuil-sur-Marne**

Figure 5 : Photographies des laboratoires mobiles mis en œuvre

Le positionnement des vingt-trois autres sites de mesures et le choix des paramètres mesurés ont été réalisés au regard des objectifs de l'étude, des activités sur la zone et des contraintes techniques :

- ✓ Les sites de mesures de dépôt de poussières sédimentables ont été positionnés selon un maillage de densité plus importante autour de la darse sud qui regroupe les industries potentiellement émettrices de poussières ;
- ✓ Trois sites (n°3, n°6 et n°17) de mesure du dioxyde d'azote ont été placés en situation de proximité au trafic routier afin de caractériser les niveaux au droit de la RD10 et de la RD130, axes majeurs de desserte du port ;
- ✓ Un site de mesure (n°4) a été placé sur le futur tracé du prolongement de la RN406 ;
- ✓ Deux sites de mesures (n°2 et n°18) ont été placés à proximité des centrales de production d'enrobés bitumineux afin de caractériser un éventuel impact sur les niveaux de BTEX ;
- ✓ De manière générale, des points de mesure de NO₂, BTEX et plaquette de dépôt ont été placés en situation dite de « fond urbain » dans les villes de Bonneuil-sur-Marne, Saint-Maur-des-Fossés et Sucy-en-Brie qui entourent le port de Bonneuil-sur-Marne.

Le plan d'échantillonnage proposé par Airparif a été présenté lors des instances de concertation du port de Bonneuil-sur-Marne, et a été validé par les représentants des communes voisines, qui n'ont pas exprimé de demande de site de mesure complémentaire.

Des **sites de référence**, correspondant aux stations permanentes du réseau Airparif, implantées dans l'agglomération parisienne (voir Figure 6), permettent de comparer les résultats des mesures sur le secteur d'étude à des niveaux de fond ou de proximité au trafic de la région. Ces sites de référence sont :

- ✓ Les stations situées à Paris dans le 4^{ème} et dans le 18^{ème} arrondissement pour les niveaux de fond de NO₂, PM₁₀ et PM_{2.5} ;
- ✓ La station située dans le 18^{ème} arrondissement pour les niveaux de fond en métaux. Une plaquette de mesure des dépôts de poussières a été installée sur cette station durant les campagnes de mesure afin de disposer d'une référence sur ce paramètre ;
- ✓ La station de Vitry-sur-Seine pour les niveaux de fond de NO₂, PM₁₀, PM_{2.5} et BTEX à proximité de la zone d'étude. Ce site est localisé au sein du Sud-Est de la petite couronne parisienne et suffisamment éloigné du port (8 km) pour considérer que celui-ci n'a pas d'influence sur cette station ;
- ✓ La station au bord de la RN2 à Pantin, référence des niveaux de NO₂ proches du trafic, avec un trafic moyen journalier d'environ 44000 véhicules par jour (contre 30000 environ sur la RD130 et la RD10) ;
- ✓ La station au bord de la RN6 à Melun, référence des niveaux de NO₂, PM₁₀, PM_{2.5} et benzène proches du trafic, avec un trafic moyen journalier d'environ 40800 véhicules par jour ;
- ✓ La station de Gennevilliers, référence francilienne pour la mesure des HAP gazeux et particulaires.

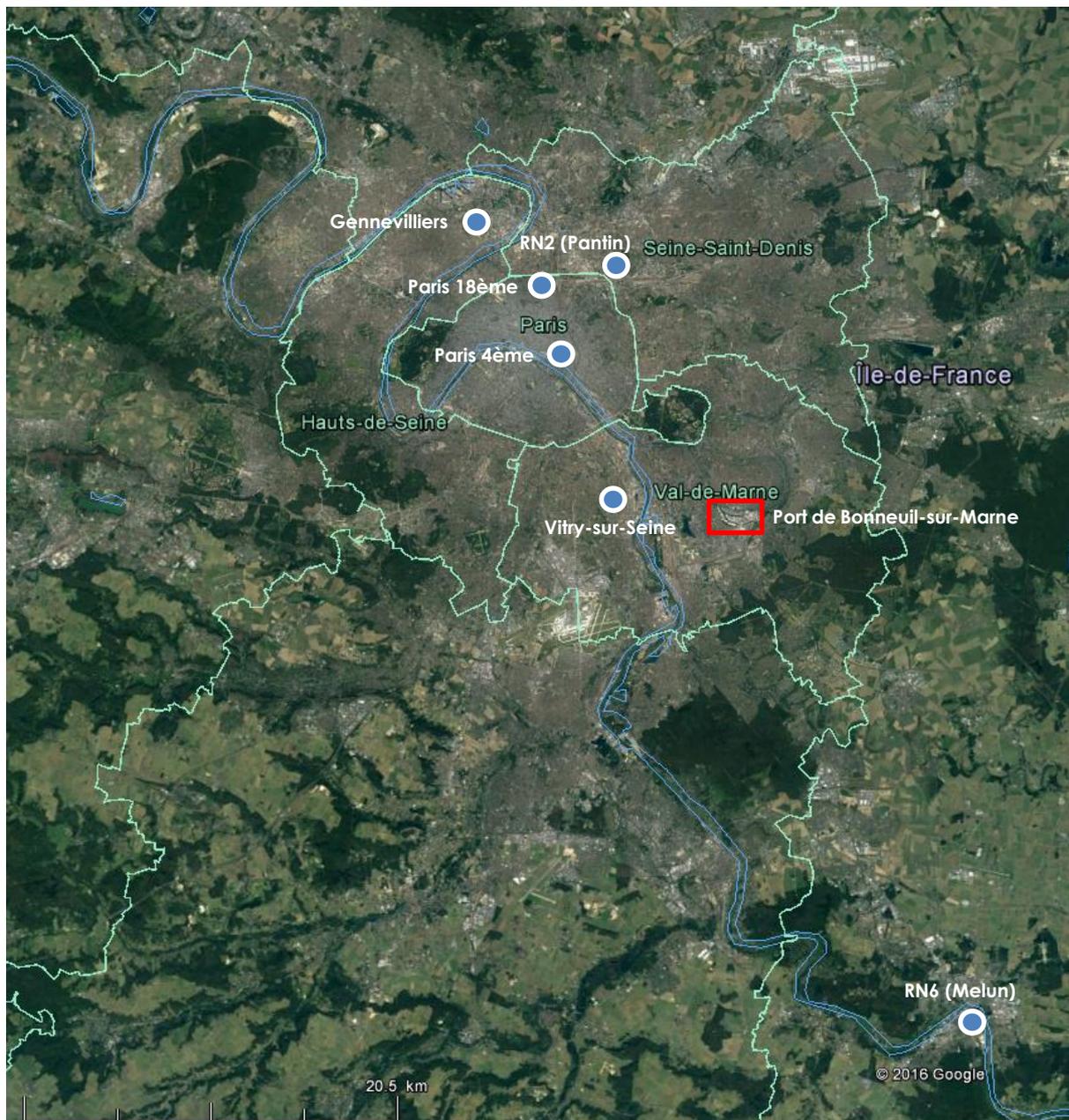


Figure 6 : Localisation des stations permanentes d'Airparif utilisées comme références dans cette étude [fond de carte: Google Earth]

2.1.3 Période de mesure

Les mesures de qualité de l'air ont été réalisées lors de deux campagnes de 5 à 6 semaines, l'une en hiver 2016 du 16 février au 22 mars, l'autre en période estivale 2016 du 24 mai au 5 juillet inclus. Les laboratoires mobiles (pour les particules seulement) ont produit des mesures continues du 15 février au 28 juin. La crue du mois de juin 2016 a cependant entraîné une coupure des mesures du vendredi soir (3 juin) au lundi matin (6 juin).

Les mesures par échantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote et le benzène ont été réalisées en deux campagnes de quatre séries consécutives d'une période d'une semaine chacune (cf. Tableau 1). Chaque tube à diffusion a été installé sur le site le premier jour et retiré le dernier jour de chaque série. Ainsi, après une analyse en laboratoire des tubes à diffusion, des concentrations moyennes hebdomadaires de dioxyde d'azote et de benzène sont obtenues sur la période d'exposition.

Les mesures de HAP donnent une moyenne journalière tous les trois jours, du 15 février au 22 mars et du 24 mai au 20 juin.

	Tubes à diffusion (BTEX et NO ₂)	Métaux	Plaquettes de dépôt	HAP	Laboratoire mobile – NO _x	Laboratoire mobile - Particules
Hiver Série 1	Du 16 février au 23 février	Du 15 février au 22 février	Du 16 février au 1 ^{er} mars	Du 15 février au 22 mars, 1 mesure tous les 3 jours	Du 15 février au 23 mars série horaire	Du 15 février au 28 juin Toute la campagne, série horaire
Hiver Série 2	Du 23 février au 1 ^{er} mars	Du 22 février au 29 février				
Hiver Série 3	Du 1 ^{er} mars au 8 mars	Du 29 février au 7 mars	Du 1 ^{er} mars au 15 mars			
Hiver Série 4	Du 8 mars au 15 mars	Du 7 mars au 14 mars				
Hiver Série 5	Du 15 mars au 22 mars	Du 14 mars au 21 mars				
Été Série 1	Du 24 mai au 31 mai	Du 23 mai au 30 mai	Du 24 mai au 7 juin	Du 24 mai au 20 juin, 1 mesure tous les 3 jours	Du 12 mai au 28 juin série horaire	
Été Série 2	Du 31 mai au 7 juin	Du 30 mai au 6 juin				
Été Série 3	Du 7 juin au 14 juin	Du 6 juin au 13 juin	Du 7 juin au 21 juin			
Été Série 4	Du 14 juin au 21 juin	Du 13 juin au 20 juin				
Été Série 5		Du 20 juin au 27 juin	Du 21 juin au 5 juillet			
Été Série 6						

Tableau 1 : Périodes de mesure selon les types d'instruments de mesure

2.1.4 Conditions météorologiques durant les campagnes de mesure

Une analyse préliminaire des conditions météorologiques rencontrées lors des campagnes de mesure permet de mieux appréhender les éventuelles particularités et leur influence sur les niveaux de pollution atmosphérique observés.

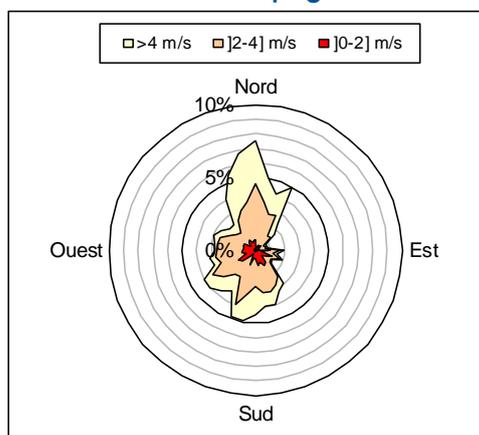
Vitesse et direction des vents permettent d'identifier les zones sous l'influence de sources spécifiques. L'humidité et les précipitations ont un rôle important sur la remise en suspension des particules et l'empoussièrément. La stabilité atmosphérique est un indicateur de la dispersion et/ou accumulation des polluants.

Les commentaires suivants s'appuient sur les observations de la station Météo-France de référence située à Montsouris, pour la vitesse et la direction de vent, l'humidité relative et les précipitations.

Roses des vents

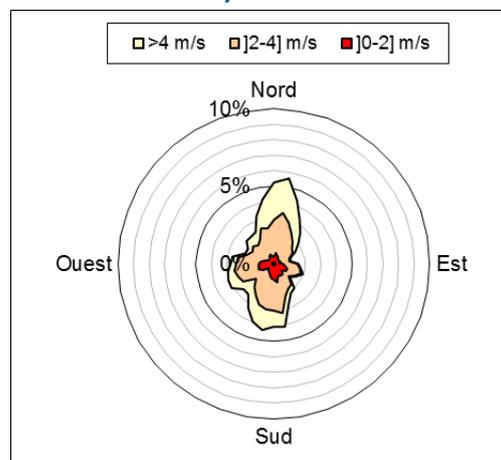
La Figure 7 représente, pour les campagnes de mesure et la période 2013 à 2015, la fréquence des régimes de vent ainsi que les vitesses de vent : les secteurs en rouge indiquent les vents les plus faibles (vitesses de vent inférieures à 2 m/s), en orangé les vents dont la vitesse est comprise entre 2 et 4 m/s et en jaune les régimes de vent les plus dispersifs (vitesses de vent supérieures ou égales à 4 m/s). La comparaison entre l'année 2016 et les années antérieures permet de vérifier si les données mesurées lors des campagnes sont bien représentatives de la situation habituelle en Ile-de-France, sans sous-estimer ou surestimer un secteur de vent donc l'influence sur une partie de la zone d'étude.

Conditions lors des campagnes de mesures

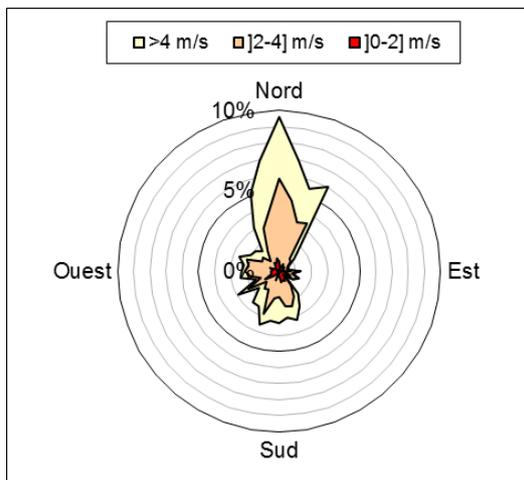


a) Mesures sur l'ensemble des deux campagnes de mesures et de l'inter campagnes, soit du 16/02 au 21/06/16

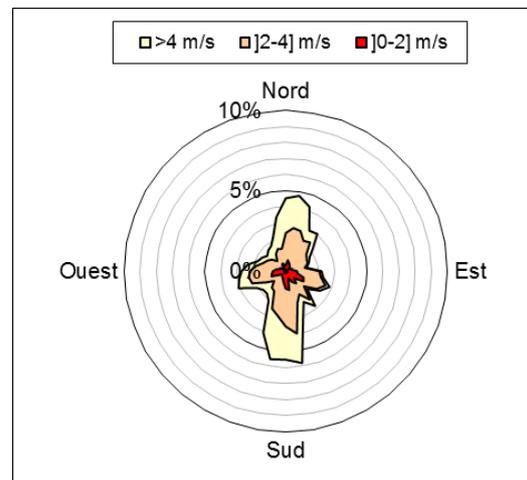
Conditions moyennes de 2013-2015



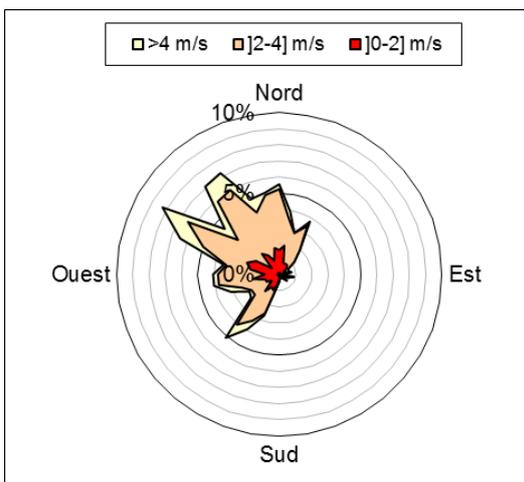
b) Mesures sur les périodes du 01/02 au 30/06 de chacune des trois années



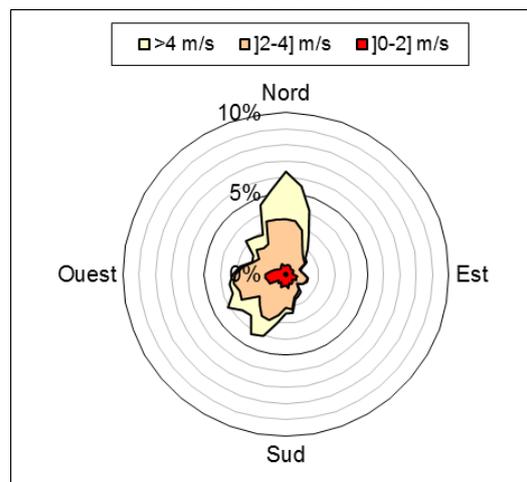
c) Mesures de la campagne d'hiver du 16/02 au 22/03/16



d) Mesures des périodes du 01/02 au 31/03 pour chacune des trois années



e) Mesures de la campagne d'été du 24/05 au 21/06/16



f) Mesures des périodes du 01/05 au 30/06 pour chacune des trois années

Figure 7 : Fréquence (en %) des vents observés en Ile-de-France lors des campagnes (à gauche) et en tendance sur les trois dernières années (à droite) [source : Météo France]

Les régimes de vents sont **essentiellement peu dispersifs** en été avec des vitesses de vent majoritairement inférieures à 4 m/s, mais **bien plus dispersifs en hiver**, période généralement moins favorable à la remise en suspension des particules. Durant la campagne hivernale 2016, les vents de secteurs nord étaient majoritaires et quelques vents de secteur sud ont été observés. Les vents de secteur nord-ouest ont dominé lors de la campagne estivale 2016, avec quelques jours présentant des vents provenant du sud-ouest. Il apparaît que très peu de vents d'est ont été enregistrés durant l'ensemble des campagnes de mesures en 2016.

Par ailleurs, la comparaison entre les vents mesurés lors de la campagne et ceux des trois dernières années montre que les vents de sud ont été sous-représentés en hiver et en été 2016 et les vents de nord-ouest ont été sur-représentés en été 2016 au détriment des vents de secteurs nord et sud-ouest habituellement. De manière générale, les vents de secteur nord ont dominé durant les deux campagnes de mesures et peu de journées présentant des vents de secteurs sud ont été enregistrées.

Les roses de vent associées aux périodes instrumentées de tubes à diffusion à l'échelle hebdomadaire et pour les mesures d'empoussièremet à l'échelle bimensuelle ont également été construites et sont présentées par la suite en parallèle des résultats de mesure de pollution.

Taux d'humidité moyen et précipitation

Le taux d'humidité relative moyen rencontré lors des campagnes hiver et été 2016 est de 72%, avec un été plus humide que l'hiver (respectivement 76% et 68% d'humidité). Les heures de précipitations ont représenté 16% des heures de campagne pour l'été, 8% pour l'hiver (12% en moyenne sur les deux campagnes), avec un total de précipitations pour l'été de 135 mm contre 45 mm en hiver. Ces différences s'expliquent par la période de fortes précipitations en juin 2016 lors desquelles des inondations se sont déclarées dans la région parisienne. La période est donc marquée par une humidité forte en été et des précipitations importantes, soit une **situation favorable à une bonne qualité de l'air notamment en limitant la remise en suspension des particules**. Pour cette raison, une cinquième série de mesure d'empoussièrément a été réalisée du 21 juin au 5 juillet afin de disposer d'une mesure de ce paramètre durant des conditions estivales sèches.

Indicateur de stabilité atmosphérique

Afin de caractériser au mieux la dispersion des polluants atmosphériques, Météo France a développé un indicateur régional journalier de stabilité atmosphérique qui dépend non seulement des vitesses de vent mais également d'autres paramètres comme les variations thermiques suivant l'altitude ainsi que la température minimale de la journée. Cet indicateur varie de -7 à 7. Plus il est fort, plus les phénomènes de stabilité et d'accumulation sont forts et donc la dispersion des polluants est faible.

L'évolution et la répartition de cet indicateur sont illustrées Figure 8 et Figure 9, et les moyennes de cet indicateur par série de mesure pour les différents polluants mesurés sont illustrées Figure 10.

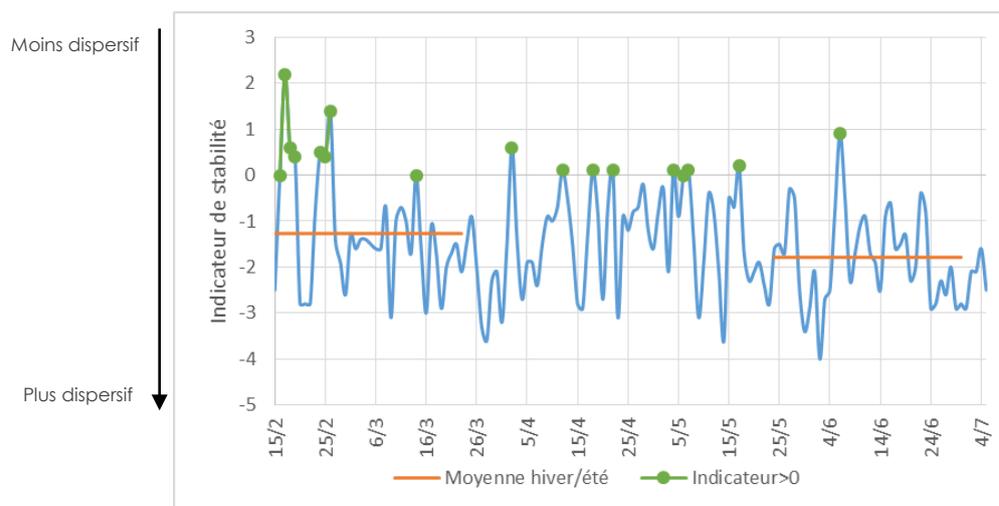


Figure 8 : Evolution de l'indicateur de stabilité atmosphérique sur la campagne [source : Météo France]

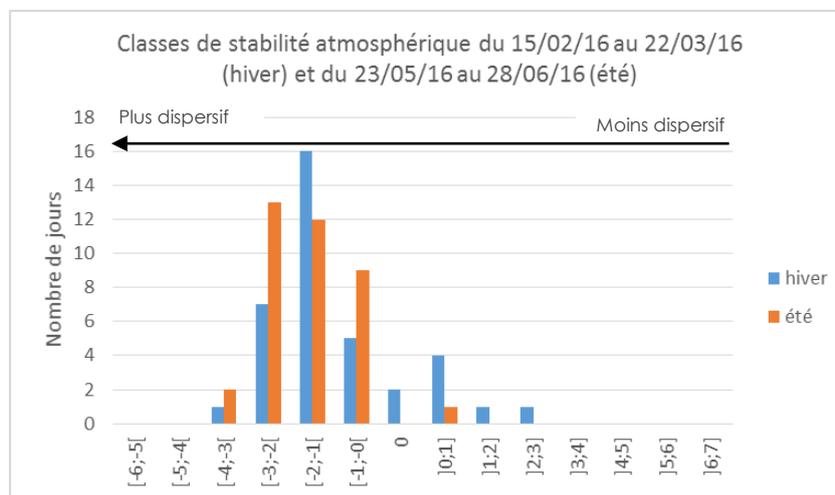


Figure 9 : Répartition des classes de stabilité atmosphérique lors des campagnes été et hiver [source : Météo France]

La campagne de mesure estivale présente, comme attendu, des conditions plus dispersives par rapport à l'hiver avec une prépondérance de journées associées à un indice de stabilité atmosphérique compris entre -2 et -3. En hiver, un indice de stabilité supérieur à 1 a été enregistré huit jours contre seulement un jour en été.

La Figure 10 présente les moyennes de cet indicateur par séries, sur des périodes différentes selon les polluants mesurés (hebdomadaires ou bimensuelles).

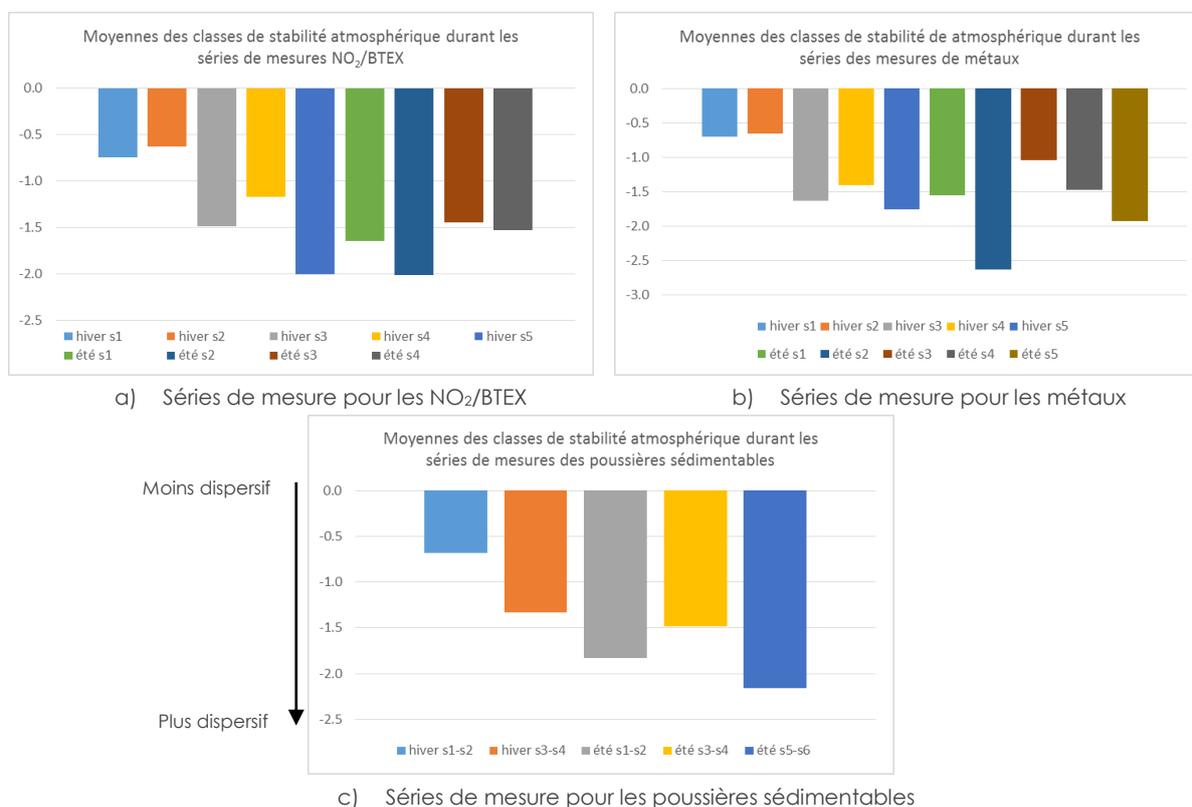


Figure 10 : Moyennes de l'indicateur de stabilité atmosphérique par série (différentes séries selon le polluant mesuré) [source : Météo France]

En hiver, la série 5 (et 3 dans une moindre mesure) présente des conditions plus dispersives, contrairement aux séries 1 et 2. En été, les séries 1 et 2 se démarquent particulièrement par des conditions dispersives, ainsi que la série 5 de mesure des métaux (Figure 10-b).

Enfin, en termes de moyennes sur 2 semaines pour les mesures de poussières, les séries aux conditions les plus dispersives sont en été (série 1-2 et 5-6) et les moins dispersives en hiver (série 1-2).

Ces observations seront rappelées par la suite lors de l'analyse des résultats des mesures de polluants.

Synthèse sur les conditions météorologiques

Les conditions météorologiques rencontrées lors des campagnes de mesure estivale et hivernale présentent quelques spécificités : vents de secteur sud sous-représentés lors de la campagne hiver, et vents de nord-ouest sur-représentés lors de la campagne estivale. Malgré cela, les conditions ont été plus dispersives en été qu'en hiver, comme à l'accoutumée, et l'ensemble des secteurs de vents dominants en Ile-de-France ont été couverts. Les fortes pluies observées lors de la campagne estivale ont entraîné un prolongement des mesures afin de disposer d'une situation estivale plus sèche. Par ailleurs, les mesures de particules fines, particulièrement sensibles à la stabilité de l'atmosphère et à l'humidité, ont été réalisées en continu entre février et juin, ce qui a permis de

caractériser finement et selon l'ensemble des secteurs de vent l'impact des activités du port sur ces polluants.

2.2 Analyse des résultats

Les résultats obtenus lors des campagnes de mesure ont permis de comparer les niveaux de qualité de l'air aux alentours du port de Bonneuil-sur-Marne à d'autres niveaux de la région parisienne, de les cartographier et d'évaluer l'impact des activités industrielles notamment sur les zones urbaines les plus proches du domaine d'étude. Cette partie présente les résultats par polluant étudié.

L'analyse des résultats de la campagne de mesure prend en compte la localisation des sources d'émissions locales (industrie, trafic routier, chauffage résidentiel...) couplée à la direction et à la vitesse du vent, trois paramètres importants pour expliquer les niveaux de pollution. Les concentrations en polluants atmosphériques sont analysées en mettant en parallèle l'activité industrielle, la direction du vent (favorable ou non à la diffusion des polluants vers les instruments de mesure) et la vitesse du vent (faible impliquant une stagnation des polluants donc a priori des concentrations plus hautes, forte impliquant à la fois plus de dispersion mais aussi davantage de remise en suspension des particules, ce qui peut donc avoir deux effets inverses).

Les niveaux annuels de dioxyde d'azote, de particules et de benzène qui auraient été observés à l'aide d'une surveillance continue ont été estimés pour les situer au regard de la réglementation, qui porte sur des moyennes annuelles. L'année de référence considérée correspond à la période du 1^{er} septembre 2015 au 31 août 2016 afin d'inclure la période de la campagne de mesure. Cette estimation est présentée dans la continuité de l'analyse de chaque polluant.

2.2.1 Synthèse des résultats

Particules PM₁₀

Pas de dépassement des valeurs limites aux alentours du port.

Impacts des activités du port lorsque les sites sont sous leur vent : de +10 µg/m³ sur et proche du port (300m), +2 µg/m³ plus loin (700m).



Particules PM_{2.5}

Pas de dépassement des valeurs limites aux alentours du port.

Dépassement de l'objectif de qualité comme dans le reste de l'Ile-de-France.
Pas d'impact détecté.

Poussières sédimentables



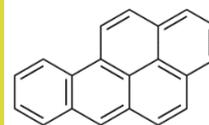
Empoussièremement élevé localisé près des activités industrielles, impacts ponctuels par vents de sud à Saint-Maur-des-Fossés en bord de Marne. Pas d'impact au-delà des berges dans les zones riveraines.

Métaux

Pas d'impact détecté pour le cadmium et le cuivre.
Quelques impacts ponctuels et locaux ont été relevés sur ou à proximité immédiate du port pour le plomb, le nickel et l'arsenic mais avec des niveaux largement inférieurs aux seuils réglementaires.

HAP

Niveaux de Benzo(a)pyrène largement inférieurs aux seuils réglementaires.
Impacts ponctuels et locaux au niveau du port pour certains HAP (acénaphthène, anthracène, fluoranthène, fluorène, phénanthrène, pyrène, 2-méthyl-naphthalène naphthalène) mais pas d'impact pour les zones riveraines.



NO₂

Dépassement peu probable à certain de la valeur limite proche de la RD130 et de la RD10 (habituel pour un site trafic). Pas de dépassement des valeurs limites en situation de fond (éloignée des axes routiers).

Pas d'impact direct des activités du port détecté.



Benzène

Pas de dépassement de l'objectif de qualité, même proche de la RD130.
Pas d'impact direct des activités du port détecté.

2.2.2 Niveaux de PM₁₀ et PM_{2.5}

PM ₁₀
Valeur limite annuelle : 40 µg/m ³
Valeur limite journalière : 50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 fois/an
Objectif de qualité annuel : 30 µg/m ³

PM _{2.5}
Valeur limite annuelle : 25 µg/m ³
Objectif de qualité annuel : 10 µg/m ³

Les particules sont constituées d'un mélange de différents composés chimiques et de différentes tailles. Dans la réglementation, une distinction est faite entre les particules PM₁₀, de diamètre inférieur à 10 µm, et les PM_{2.5}, de diamètre inférieur à 2.5 µm, qui pénètrent plus profondément dans l'appareil respiratoire. En Ile-de-France, les particules PM₁₀ sont majoritairement formées de particules PM_{2.5} : en moyenne annuelle, les PM_{2.5} représentent environ 60 à 70 % des PM₁₀ (cf. Annexe 3 : Fiches polluants).

Moyennes

La Figure 11 présente les concentrations moyennes de particules mesurées sur la zone d'étude durant l'ensemble de la campagne de mesure, comparées à celles de deux sites de référence d'Airparif : Vitry-sur-Seine, proche de la zone d'étude, et Paris (moyenne des stations Paris 4^{ème} (Paris Centre) et Paris 18^{ème} pour les PM₁₀).

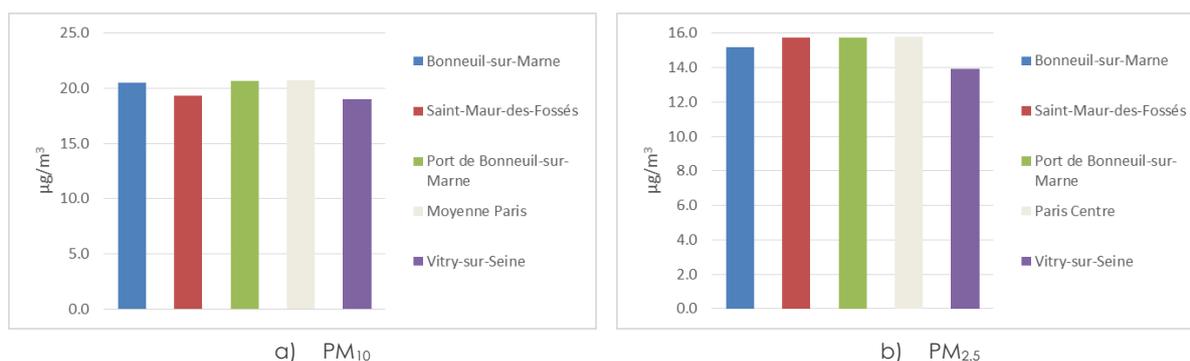


Figure 11 : Moyennes des concentrations en particules sur l'ensemble de la campagne

Pour le site de Saint-Maur-des-Fossés, les teneurs en PM₁₀ observées, autour de 20 µg/m³, sont équivalentes en moyenne sur les campagnes à celles mesurées dans la commune voisine de Vitry-sur-Seine. Celles des sites temporaires de Bonneuil-sur-Marne et du port sont équivalentes à celles de Paris (fond urbain, c'est-à-dire éloignées des sources directes de pollution comme les axes routiers).

Les teneurs en PM_{2.5} sont similaires, pour les trois sites de l'étude, à celles mesurées en fond dans Paris. Les concentrations à Vitry-sur-Seine sont inférieures en moyenne de moins de 2 µg/m³.

Séries temporelles

La Figure 12 et la Figure 13 illustrent l'évolution des concentrations moyennes journalières sur la campagne pour les particules. De manière générale, les tendances entre les mesures aux trois laboratoires mobiles et Vitry-sur-Seine sont similaires.

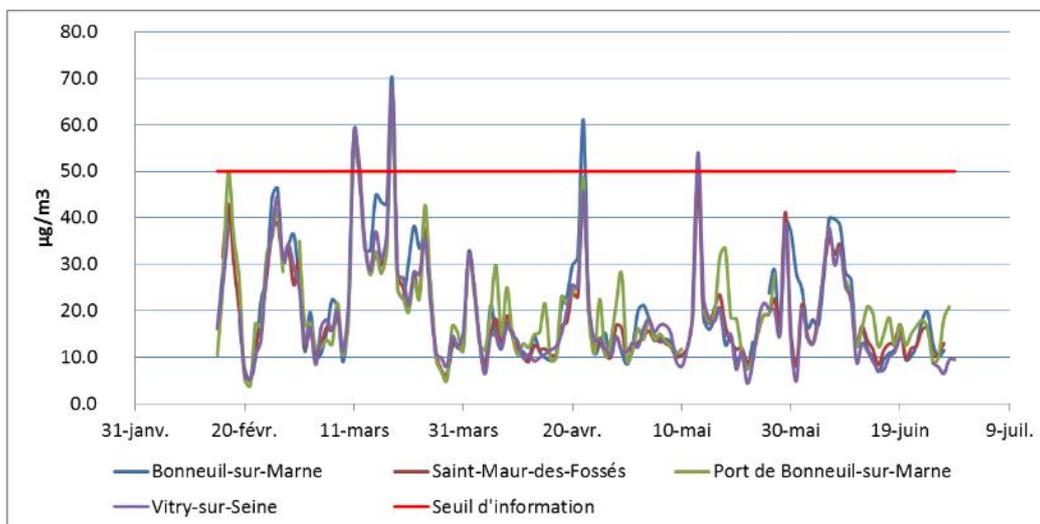


Figure 12 : Concentrations moyennes journalières en PM₁₀, pour la période du 15/02/16 au 28/06/16

Les concentrations mesurées sur le port et à Bonneuil-sur-Marne sont ponctuellement plus hautes qu'à Vitry-sur-Seine, ce qui s'explique par l'influence des activités du port en fonction des régimes de vent, comme cela sera détaillé dans les paragraphes suivants.

Deux à trois dépassements de la valeur limite journalière pour les PM₁₀ (50 µg/m³) sont observés pour les sites de Port de Bonneuil-sur-Marne (11 mars, 18 mars et 22 avril), de Saint-Maur-des-Fossés (11 mars, 12 mars et 18 mars) et de Bonneuil-sur-Marne (11 mars et 18 mars). Ces dépassements se retrouvent aussi à Vitry-sur-Seine et/ou à Paris (voir Tableau 2) : en effet, l'Île-de-France a connu des épisodes de pollution avec des dépassements de ce seuil le 11 mars, le 12 mars, le 18 mars et le 13 mai. Les dépassements aux trois sites temporaires sont dus pour la majorité d'entre eux à des niveaux de fond élevés sur l'Île-de-France et à une météorologie défavorable conduisant à des niveaux élevés de particules. Cependant, si le 22 avril un dépassement est observé sur le site de Bonneuil-sur-Marne, il n'a pas été observé sur les stations de fond d'Airparif de la région même si les niveaux étaient élevés. Cette journée est caractérisée par un vent majoritairement de secteur nord-ouest, sous lequel le site de Bonneuil-sur-Marne est sous l'influence de certaines activités au sud du port (voir Figure 2), couplée à celle des hauts niveaux rencontrés dans l'agglomération parisienne.

Date	Bonneuil-sur-Marne	Saint-Maur-des-Fossés	Port de Bonneuil-sur-Marne	Moyenne Paris	Vitry-sur-seine	Indicateur de stabilité atmosphérique
11/03/2016	58	59	55	60	58	-0.7
12/03/2016	49	51	49	54	48	-1
18/03/2016	70	65	63	66	68	-1.7
22/04/2016	61	46	49	48	46	0.1
13/05/2016	50	49		54	54	-2.1
Nombre de dépassements	3	3	2	4	3	

Tableau 2 : Concentrations moyennes journalières en PM₁₀ lors des jours de dépassements de la valeur limite journalière (en µg/m³)

Les concentrations en PM_{2.5} mesurées sur les trois sites temporaires (voir Figure 13) ne présentent pas d'événements particuliers différents de ceux observés dans la commune voisine de Vitry-sur-Seine (site de référence). Comme pour les PM₁₀, les niveaux les plus élevés correspondent à des jours où les concentrations ont été plus élevées sur l'Île-de-France, compte-tenu des émissions quotidiennes et de conditions météorologiques défavorables.

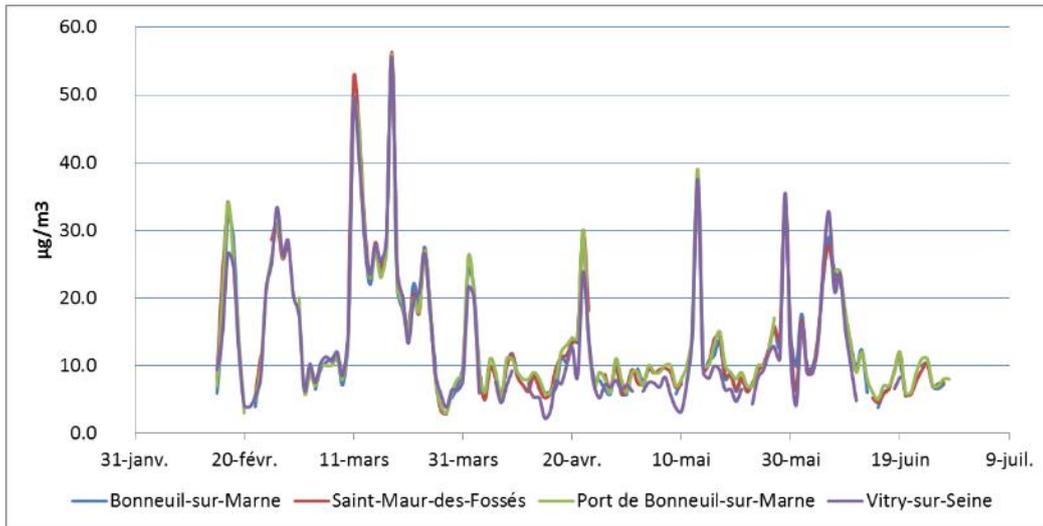
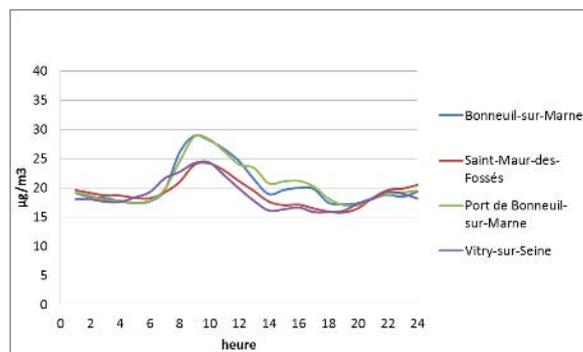


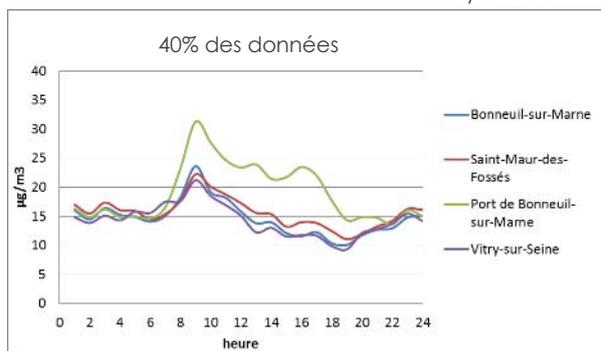
Figure 13 : Concentrations moyennes journalières en PM_{2.5}, pour la période du 15/02/16 au 28/06/16

Profils journaliers

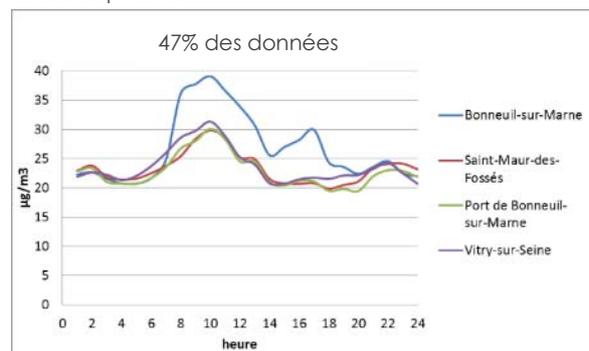
Les profils moyens journaliers des concentrations en particules PM₁₀ et PM_{2.5} (Figure 14 et Figure 15) permettent d'étudier les variations des niveaux au cours de la journée sur la période de mesure. Ces profils moyens journaliers sont présentés sur l'ensemble des campagnes et déclinés ensuite par secteur de vent puis par type de jour (jours ouvrés/week-end).



a) Sur l'ensemble de la période



b) Par vent de sud



c) Par vent de nord

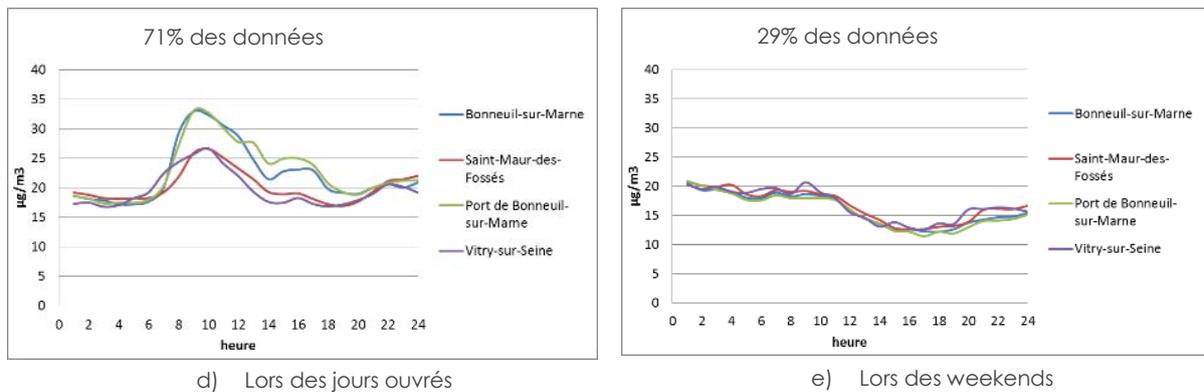
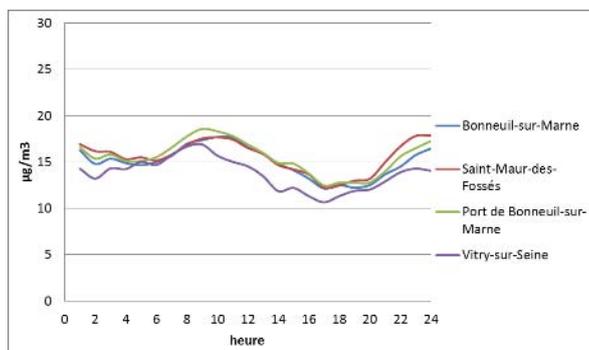


Figure 14 : Profils moyens journaliers des concentrations en particules PM₁₀ autour du port de Bonneuil-sur-Marne et à Vitry sur Seine – du 15/02/16 au 28/06/16, en heure locale [source des données de vent : Météo France]

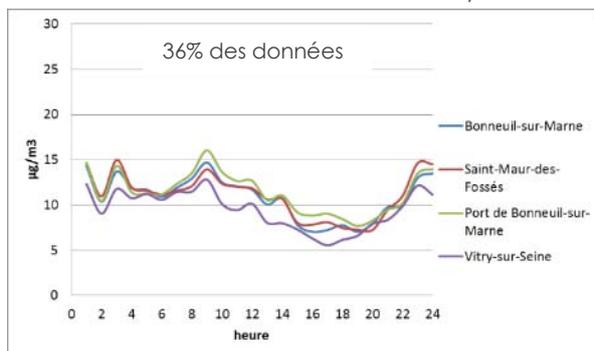
D'après ces profils, les activités du port ont un impact clair sur les concentrations en PM₁₀ de la zone, sur toute la période des campagnes : la Figure 14-a montre des niveaux moyens de PM₁₀ supérieurs de 5 µg/m³ au niveau des sites temporaires de Bonneuil-sur-Marne et du port, par rapport à celui de Saint-Maur-des-Fossés et au site fixe de Vitry-sur-Seine entre 8h et 19h, heures durant lesquelles les entreprises du port sont le plus en activité.

La distinction par secteur de vent est concluante : par vent de sud (Figure 14-b), le site situé sur le port, alors sous le vent des activités, est impacté entre 8 et 19h (les concentrations horaires atteignant 10 µg/m³ de plus qu'aux autres sites). Par ailleurs, au site de Saint-Maur-des-Fossés s'observent des concentrations plus élevées qu'à Bonneuil-sur-Marne (plus 2 µg/m³), mais ce site est moins impacté que les deux autres car plus éloigné du port. Par vent de nord (Figure 14-c), le site de la ville de Bonneuil-sur-Marne est sous le vent des activités du port et les niveaux de PM₁₀ sur ce site s'élèvent à près de 10 µg/m³ de plus par rapport aux autres sites de la zone, tandis que le site du port et de Saint-Maur-des-Fossés ne sont pas impactés.

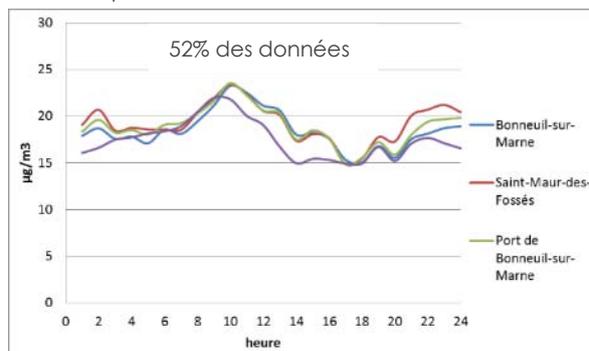
Les comportements sont différents en semaine et le weekend. L'impact tous secteurs de vents confondus se retrouve les jours ouvrés (Figure 14-d), où les concentrations mesurées aux sites proches du port (Bonneuil-sur-Marne et port de Bonneuil-sur-Marne) atteignent près de 5 µg/m³ de plus que celles rencontrées à Vitry-sur-Seine entre 8h et 19h. Un impact de 2 µg/m³ s'observe sur le site de Saint-Maur-des-Fossés, par tous secteurs de vent, lors des jours ouvrés. La zone riveraine de Saint-Maur-des-Fossés est donc aussi impactée pour les PM₁₀ par les activités du port, même si cet impact est atténué par la distance au port. Ces tendances ne se retrouvent pas le weekend (Figure 14-e) où tous les niveaux de PM₁₀ sont similaires.



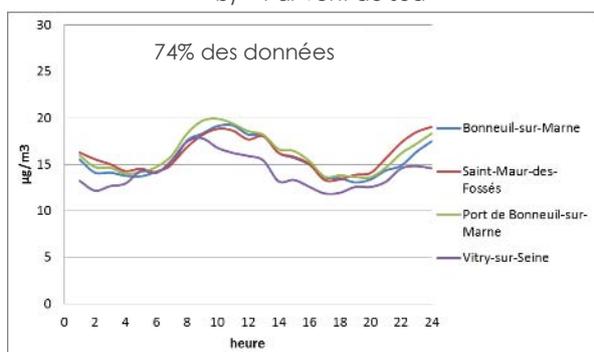
a) Sur l'ensemble de la période



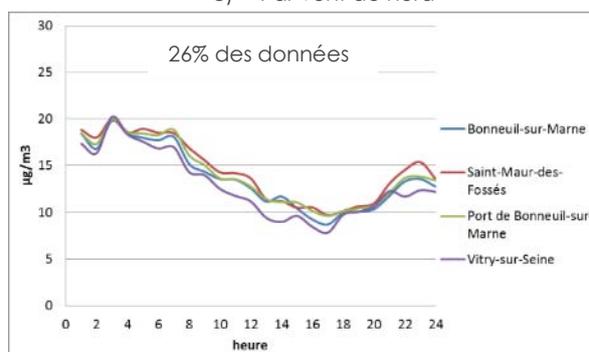
b) Par vent de sud



c) Par vent de nord



d) Lors des jours ouvrés

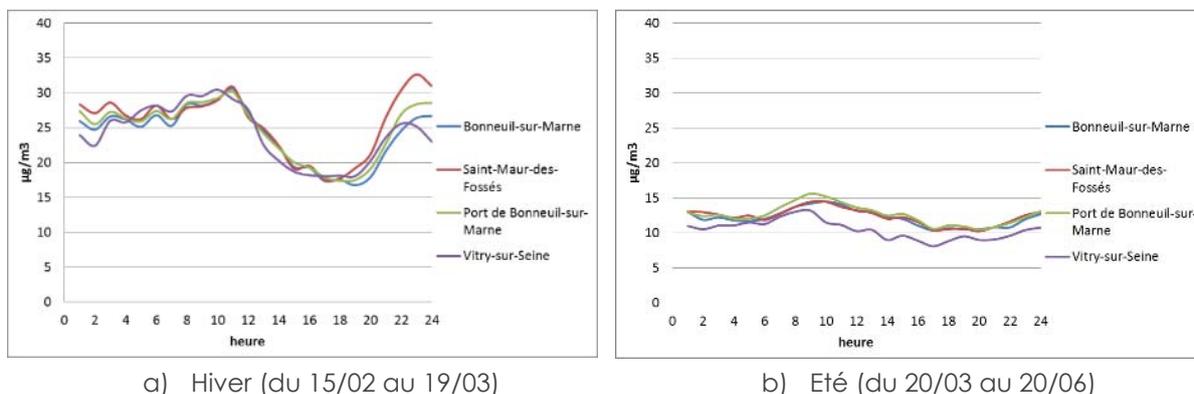


e) Lors des weekends

Figure 15 : Profils moyens journaliers des concentrations en particules $PM_{2.5}$ autour du port de Bonneuil-sur-Marne et à Vitry sur Seine – du 15/02/16 au 28/06/16 [source des données de vent : Météo France]

Les $PM_{2.5}$ émanant surtout des processus de combustion, ce ne sont pas les polluants majeurs des activités portuaires. Les résultats de la Figure 15 l'illustrent car les impacts relevés pour les PM_{10} ne s'y retrouvent pas. De manière générale cependant, les niveaux de $PM_{2.5}$ sont plus élevés qu'à Vitry-sur-Seine (+2 $\mu g/m^3$) pour les trois sites de mesure, quel que soit le secteur de vent et quel que soit le type de journée.

Ceci peut être lié au chauffage résidentiel, comme le suggère la Figure 16 différenciant les profils journaliers d'hiver et d'été : les niveaux d'hiver sont deux fois plus élevés que ceux d'été et plus marqués en soirée après 20h, contrairement à ceux d'été, homogènes sur l'ensemble de la journée.



a) Hiver (du 15/02 au 19/03)

b) Été (du 20/03 au 20/06)

Figure 16 : Profils moyens journaliers des concentrations en particules $PM_{2.5}$ autour du port de Bonneuil-sur-Marne et à Vitry sur Seine – différence entre hiver et en été

Roses de pollution et roses d'impact

Une rose de pollution permet de visualiser, à un point d'étude (un laboratoire mobile par exemple), les niveaux de pollution moyens mesurés en ce point selon de la direction du vent. Elle donne les niveaux absolus en fonction des secteurs de vent. Elle ne permet pas d'identifier des influences différentes suivant les secteurs de vent, comme l'influence de l'agglomération.

Une rose d'impact met en relief l'impact potentiel des activités locales. La différence, pour chaque heure, entre les niveaux de pollution à un point d'étude et ceux mesurés sur un site urbain de fond de référence du réseau Airparif est calculée et représentée sous forme de « rose d'impact de pollution ». Elle permet de visualiser la surconcentration en particules par rapport au niveau de fond en fonction de l'origine des vents. La direction du vent est renseignée selon 36 secteurs de 10° . La partie colorée de la rose d'impact (écart positif) représente un surcroît de pollution sur les sites temporaires par rapport aux teneurs mesurées sur la station urbaine de fond de référence. A l'inverse, la partie claire (écart négatif) traduit des niveaux plus faibles que ceux mesurés à la station de référence. De plus, un impact de zéro signifie que pour le secteur de vent considéré, en moyenne le niveau de particules dans l'air ambiant sur le laboratoire mobile instrumenté dans le cadre de l'étude est similaire à celui relevé sur le site de référence. Les roses de pollution et roses d'impact déterminées permettent de mettre en relief les régimes de vent pour lesquels les sites de mesures peuvent être impactés par les activités industrielles.

La rose de pollution de la station de Vitry-sur-Seine représentative des niveaux de fond dans la zone est présentée à titre de comparaison pour les roses de pollution et utilisée comme référence pour le calcul des roses d'impact. Ces roses sont situées sur leur point géographique sur les cartes de la Figure 17.

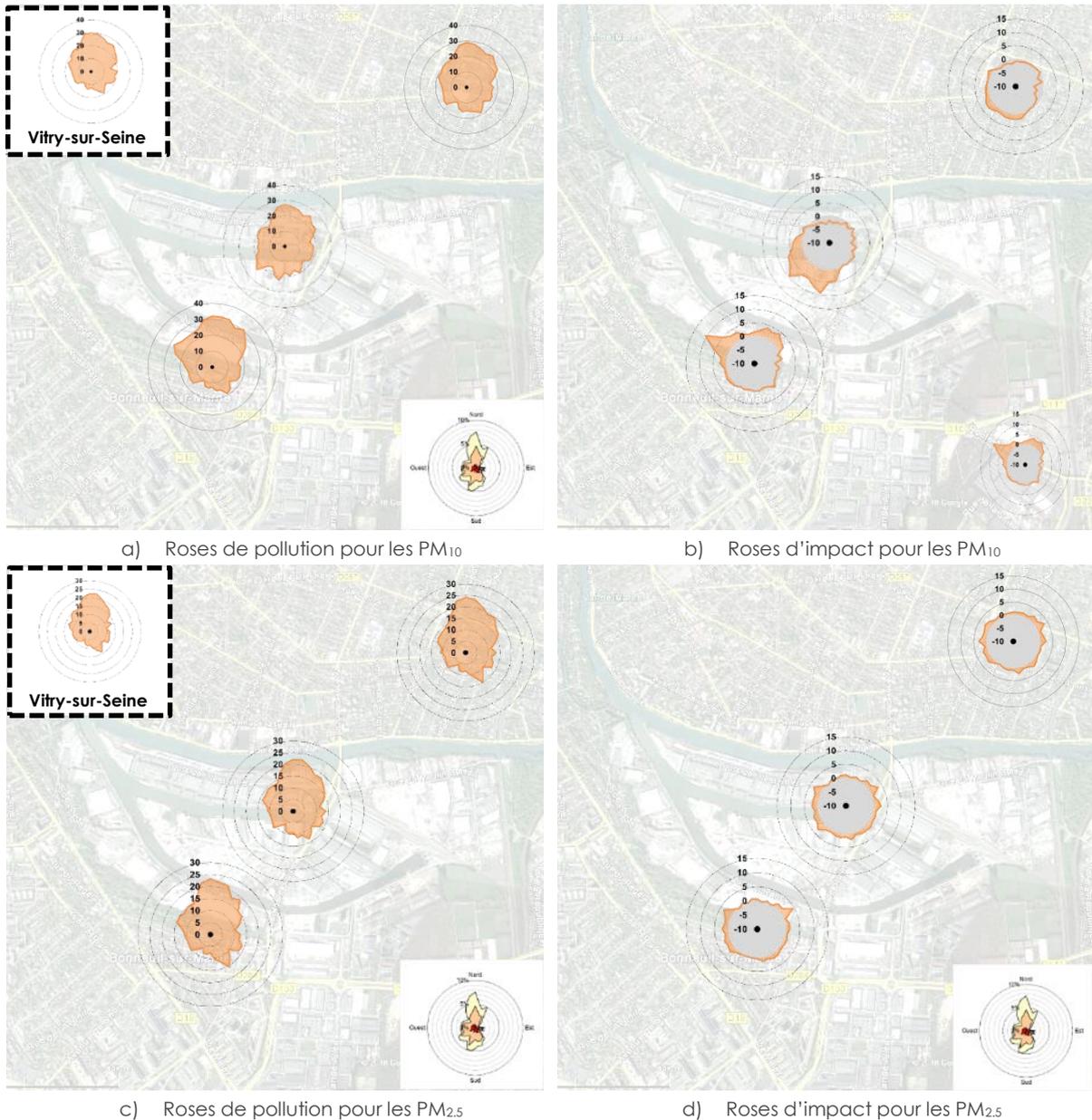


Figure 17 : Roses de pollution et d'impact pour les PM₁₀ et les PM_{2.5}, roses de pollution de la station de référence Vitry-sur-Seine, et rose des vents pour la période du 15/02/16 au 28/06/16 (résolution horaire, en µg/m³) [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : Google Earth]

Les roses de pollution des PM₁₀ dans la zone sont similaires à la rose de référence de Vitry-sur-Seine, dénotant un impact généralisé à l'échelle de toute la zone et au-delà pour les PM₁₀ par vent de secteur nord. Cet impact peut provenir de plusieurs facteurs comme l'influence du cœur de l'agglomération parisienne ou encore les conditions météorologiques associées à ces vents de nord.

Cependant, les niveaux sont légèrement différents par secteur de nord-ouest à Bonneuil-sur-Marne et par secteur de sud-ouest sur le port : un impact des activités du port sur le site du port de Bonneuil-sur-Marne et de la ville de Bonneuil-sur-Marne est mis en relief sur les roses d'impact. Des niveaux plus élevés sont relevés à Bonneuil-sur-Marne par vent de secteur nord et sur le port par vent de secteur sud et seulement lors des jours ouvrés. Les impacts mesurés sur le site de mesure de Saint-Maur-des-Fossés par vent de secteur sud sont présents mais plus faibles, ce site étant plus loin du port que celui de Bonneuil-sur-Marne (700 m contre 300m).

Les roses de pollution et d'impact pour les PM_{2.5} ci-dessus ne relèvent pas d'impact du port mais permettent de noter, comme pour les profils moyens journaliers, que les niveaux de PM_{2.5} sont

légèrement plus élevés par n'importe quel secteur de vent au niveau des trois laboratoires mobiles par rapport à la station de Vitry-sur-Seine.

Un impact certain des activités du port de Bonneuil-sur-Marne sur la zone port et ses alentours est observé pour les PM₁₀ et pas pour les PM_{2.5} de par la nature des phénomènes émetteurs de particules. La fraction grossière des PM₁₀ (fraction entre 2.5 et 10 µm) est liée à des phénomènes d'abrasion mécanique et de remise en suspension de poussières. Les activités situées dans la zone sud du port sont effectivement susceptibles d'émettre des particules dans cette fraction, par le stockage et la manutention de matériaux pulvérulents, le recyclage de déchets, etc.

Cet impact sur les niveaux de PM₁₀ est relativement important, augmentant parfois les concentrations de 10 µg/m³ par rapport aux niveaux de fond de la commune voisine, Vitry-sur-Seine. L'impact s'observe surtout au niveau du port même, à Bonneuil-sur-Marne proche du port et de manière plus modérée à Saint-Maur-des-Fossés (du fait de la distance entre le site de mesure et le port), lorsque ces sites sont sous le vent des activités du port. Dans la commune de Saint-Maur-des-Fossés à proximité du port, en berge de Marne, les niveaux de PM₁₀ sont susceptibles d'atteindre des niveaux compris entre ceux observés sur les sites de mesures du port et de Saint-Maur-Fossés, soit un impact du port compris entre 2 et 10 µg/m³ par vent de sud-ouest.

La situation de la zone vis-à-vis des normes est exposée dans la section suivante.

		Moyenne campagne en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne annuelle estimée (du 01/09/15 au 31/08/16) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Intervalle incertitude	
				Min	Max
PM ₁₀	Site N°24 - Saint-Maur-des-Fossés	19	18	17	20
	Site N°25 - Port de Bonneuil	20	20	18	21
	Site N°26 - Bonneuil	20	20	18	21
	Paris Centre	21	20	/	/
	Vitry-sur-Seine	19	18	/	/
PM _{2.5}	Site N°24 - Saint-Maur-des-Fossés	14	12	12	13
	Site N°25 - Port de Bonneuil	14	12	12	13
	Site N°26 - Bonneuil	14	12	11	12
	Paris Centre	15	12	/	/
	Vitry-sur-Seine	14	12	/	/

Tableau 5 : Estimation de la concentration moyenne annuelle en particules PM₁₀ et PM_{2.5} sur les sites de mesure temporaires instrumentés lors de la campagne, et moyennes annuelles et sur la période de campagne sur les sites de référence de Paris Centre et de Vitry-sur-Seine.

D'après les concentrations moyennes annuelles estimées en PM₁₀, les trois sites instrumentés ne présentent pas de risque de dépassement de l'objectif de qualité et donc pas de risque non plus de dépassement de la valeur limite.

Concernant les particules PM_{2.5} sur les trois sites temporaires, les moyennes annuelles estimées sont de 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et oscillent entre 11 et 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en prenant en compte l'incertitude de reconstitution de ces moyennes annuelles. Ces teneurs sont comparables à ce qui est mesuré au cœur de Paris et en Petite Couronne, avec 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La valeur cible (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et la valeur limite (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2015) sont respectées. Cependant, **ces teneurs sont supérieures à l'objectif de qualité et la recommandation de l'OMS fixés à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme cela est le cas sur la quasi-totalité de l'Île-de-France.** Les roses d'impact expliquées plus haut n'ont en effet pas déterminé d'impact du port sur les mesures de ces particules (les activités du port ne sont pas spécifiquement émettrices de cette fraction des particules).

A l'échelle journalière (PM₁₀ uniquement)

La campagne de mesure a été marquée par plusieurs jours au cours desquels les teneurs moyennes de particules PM₁₀ ont été supérieures à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (voir Figure 12) :

- ✓ Le site de Bonneuil-sur-Marne : trois jours (11 mars, 18 mars et 22 avril 2016) ;
- ✓ Le site de Saint-Maur-des-Fossés : trois jours (11 mars, 12 mars et 18 mars) ;
- ✓ Le site du port : deux jours (11 mars et 18 mars).

Ces dépassements sont dus à un phénomène de grande ampleur car ils s'observent aussi à Vitry-sur-Seine et à Paris, sauf le 22 avril où seul le site de Bonneuil-sur-Marne présente un dépassement, même si les niveaux dans l'agglomération parisienne étaient élevés. Ce dernier dépassement résulte du cumul d'une source locale à l'ouest du site et de l'influence de l'agglomération parisienne.

Le Tableau 6 présente les statistiques de la station de Vitry-sur-Seine en termes de dépassements lors des trois dernières années. La valeur limite établie pour la moyenne journalière fixe un maximum de 35 jours de dépassement des 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	2013	2014	2015	Période de référence (01/02/2015-31/08/2016)
Nombre de dépassements de la valeur limite journalière	21	10	7	4

Tableau 6 : Nombre de dépassements journaliers en PM₁₀ à la station de Vitry-sur-Seine.

La tendance du nombre de dépassements est à la baisse pour la station de Vitry-sur-Seine. La valeur limite (de 35 jours) n'est pas dépassée depuis 2013 puisqu'au maximum 21 jours de dépassement du seuil de 50 µg/m³ ont été mesurés. Sur l'ensemble de l'Île-de-France pour les sites de fond, il n'y a pas eu de dépassement depuis l'établissement de la norme, excepté en 2007 aux stations de La Défense (38 jours de dépassement) et de Gennevilliers (39 jours). Sur les 10 dernières années, ce sont les seuls dépassements de la valeur limite journalière enregistrés en situation de fond.

Le constat autour de la zone du port de Bonneuil-sur-Marne est que les niveaux sont généralement comparables à ceux de Vitry-sur-Seine mais peuvent être supérieurs ponctuellement, comme lors du dépassement du seuil d'information du 22 avril sur le site de Bonneuil. Donc le nombre de dépassements peut être supérieur au nombre de dépassements de Vitry-sur-Seine, mais restera probablement loin des 35.

Au regard des concentrations journalières mesurées lors de la campagne sur les sites temporaires et la station fixe de Vitry-sur-Seine, et selon l'historique du nombre de dépassements journaliers du seuil de 50 µg/m³, la valeur limite journalière est respectée sur les sites dans la zone du port de Bonneuil-sur-Marne sous les conditions météorologiques habituellement rencontrées ces dernières années.

SYNTHESE DES RESULTATS

Les mesures de particules sur les mois d'hiver et d'été ont permis d'estimer les concentrations annuelles sur les sites temporaires : leur comparaison par rapport aux normes en vigueur montre que **les valeurs limites annuelle et journalière sont respectées en situation de fond dans la zone du port de Bonneuil-sur-Marne sous les conditions météorologiques habituellement rencontrées.** L'objectif de qualité des PM_{2.5} est dépassé de façon certaine sur toute la zone, comme sur la presque totalité de l'Île-de-France.

Un impact certain des activités du port sur les alentours est observé pour les PM₁₀, avec des niveaux en hausse de + 10 µg/m³ à Bonneuil-sur-Marne par vent de nord et sur la zone nord du port par vent de sud, et seulement lors des jours ouvrés. Les impacts mesurés à Saint-Maur-des-Fossés par vent de sud sont présents mais plus faibles, le site de mesure étant plus loin du port que celui de Bonneuil-sur-Marne. Les impacts dans cette commune dans la zone plus proche du port sont susceptibles d'être compris entre ceux observés sur les sites de mesures du port et de Saint-Maur-Fossés, soit un impact du port compris entre 2 et 10 µg/m³ par vent de sud-ouest.

2.2.3 Dépôts de Poussières

Les poussières sédimentables émises dans l'atmosphère sont d'origine naturelle ou anthropique, et tombent sous l'effet de leur poids. Ces particules peuvent être issues de l'envol de matériaux pulvérulents. Les niveaux de poussières totales ne sont pas réglementés dans l'air ambiant et donnent une information sur le niveau d'empoussièrément.

La méthode de mesure des dépôts de poussières permet d'estimer un niveau global d'empoussièrément, dans la zone d'étude, lors de cinq séries (moyennes de deux semaines d'exposition pour chacune des séries). La Figure 18 illustre les niveaux d'empoussièrément obtenus sur ces séries de mesure (moyennes sur l'ensemble de la campagne). Les conditions de vent pour cette période y sont précisées.

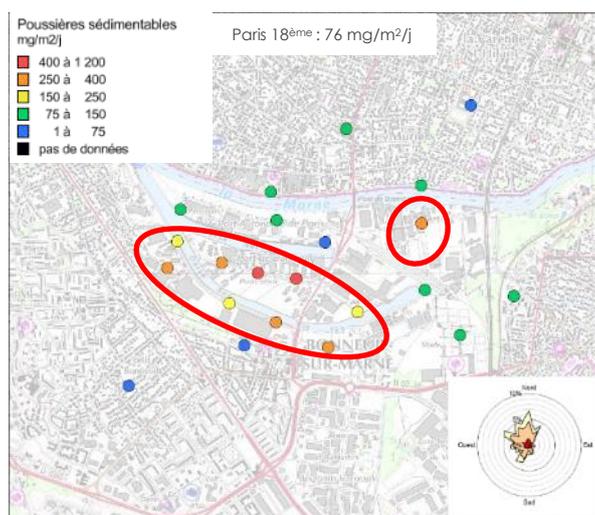


Figure 18 : Niveaux moyens de poussières sédimentables sur l'ensemble de la campagne (du 16/02 au 15/03 et du 24/05 au 21/06) [source des données de vent : Météo France]

De manière générale sur l'ensemble de la campagne, les niveaux de poussières sont plus élevés au niveau du port entre la darse centrale et la darse sud le long de la route de l'Île Saint-Julien : cette zone concentre un grand nombre d'entreprises, incluant des stockages de matériaux pulvérulents (centrale à béton, production d'enrobés) et des activités abrasives (recyclages de déchets).

La zone sud proche de la darse sud (route empruntée par des camions, sites n°5, 7, 8 et 10) présente aussi un empoussièrément plus important que ce qui est mesuré en-dehors du port : les entreprises de ce côté du port ont notamment des activités liées à la production d'abrasifs, de poudres, de sables spécifiques et de béton. Ceci explique les niveaux plus élevés mesurés dans ce secteur.

Le site sur le port dans la zone nord-est (site 18) se démarque de même par des niveaux plus hauts qu'autour du port. Ce point est au centre d'activités de travaux publics, de production d'enrobés (stockage de matériaux pulvérulents) et de recyclage causant un empoussièrément.

La remise en suspension de poussières liées au passage de véhicules routiers et notamment de camions dans les zones les plus empoussiérées du port peut accentuer cet empoussièrément le long des routes.

La Figure 19 illustre les niveaux de dépôts de poussières obtenus sur chacune des cinq séries de mesure, avec les conditions de vent associées.

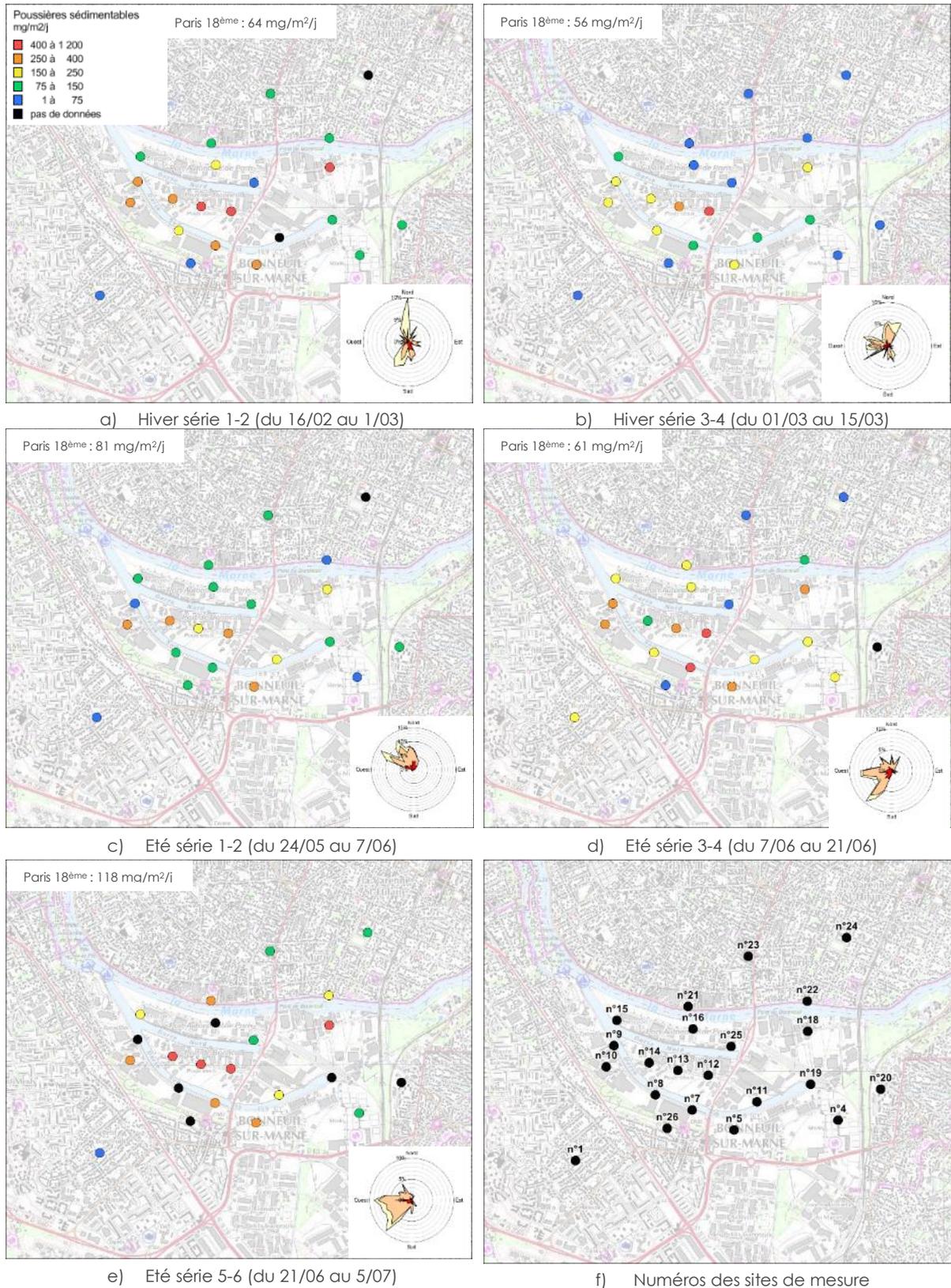


Figure 19 : Niveaux de poussières sédimentables en moyennes sur deux semaines pour la campagne d'hiver et la campagne d'été, et numéros des sites de mesure [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

Un impact du port lors de la campagne estivale, par vents d'ouest et sud-ouest (séries 3-4 et 5-6) est remarqué au niveau des sites situés le long de la route de l'Île Saint Julien (n°12, 13 et 14), les sites situés dans le sud-est du port (sites n°4, 11 et 19) et les sites situés au nord du port (sites n°15, 16 et 21), qui ont alors vu leurs niveaux de poussières augmenter, étant sous le vent de zones de stockage et de manutention des industries. La zone riveraine de Saint-Maur-des-Fossés proche du port en

bordure de Marne (sites n°21 et 22) peut aussi être soumise ponctuellement à des niveaux de poussières plus élevés que d'autres zones autour du port.

SYNTHESE DES RESULTATS

Les niveaux de poussières mesurés les plus forts sont localisés autour des activités industrielles, dans la zone sud du port essentiellement. De manière générale sur l'ensemble de la campagne, les niveaux d'empoussièrement sont plus faibles en-dehors du port, comparables à ceux mesurés dans Paris. Cependant, **la zone riveraine de Saint-Maur-des-Fossés peut être ponctuellement impactée par les niveaux d'empoussièrement du port au niveau des bords de Marne,** lors de vents de sud.

2.2.4 Niveaux de Métaux

Nickel Valeur cible annuelle : 20 ng/m ³
Arsenic Valeur cible annuelle : 6 ng/m ³
Cadmium Valeur cible annuelle : 5 ng/m ³
Plomb Valeur limite annuelle : 0,5 µg/m ³ Objectif de qualité : 0,25 µg/m ³

Les métaux proviennent majoritairement de la combustion des combustibles fossiles, de l'incinération des ordures ménagères, du trafic routier mais aussi de certains procédés industriels.

Le plomb (Pb) était principalement émis par le trafic routier jusqu'à l'interdiction totale de l'essence plombée en 2000. Les principales sources actuelles sont la combustion du bois et du fioul, l'industrie, ainsi que le trafic routier (abrasion des freins).

L'arsenic (As) provient de la combustion de combustibles minéraux solides et du fioul lourd ainsi que de l'utilisation de certaines matières premières notamment dans la production de verre, de métaux non ferreux ou la métallurgie des ferreux.

Le cadmium (Cd) est essentiellement émis par l'incinération de déchets, ainsi que la combustion des combustibles minéraux solides, du fioul lourd et de la biomasse.

Le nickel (Ni) est émis essentiellement par la combustion du fioul lourd (cf. Annexe 3 : Fiches polluants).

Le cuivre, mesuré lors de la campagne, n'est pas réglementé. Ce polluant est émis principalement par les phénomènes d'abrasion liés au trafic routier (freins) et du transport ferroviaire (caténaires).

Afin de comparer les niveaux mesurés dans la zone d'étude avec un niveau de référence, les métaux ont aussi été mesurés à la station fixe d'Airparif de Paris 18^{ème}. Les roses de vent des périodes considérées sont fournies sur les graphiques afin de pouvoir analyser les éventuels impacts du port.

La Figure 20 et la Figure 21 présentent les résultats obtenus pour le nickel en moyennes sur l'ensemble de la campagne, par saison et en moyennes hebdomadaires.

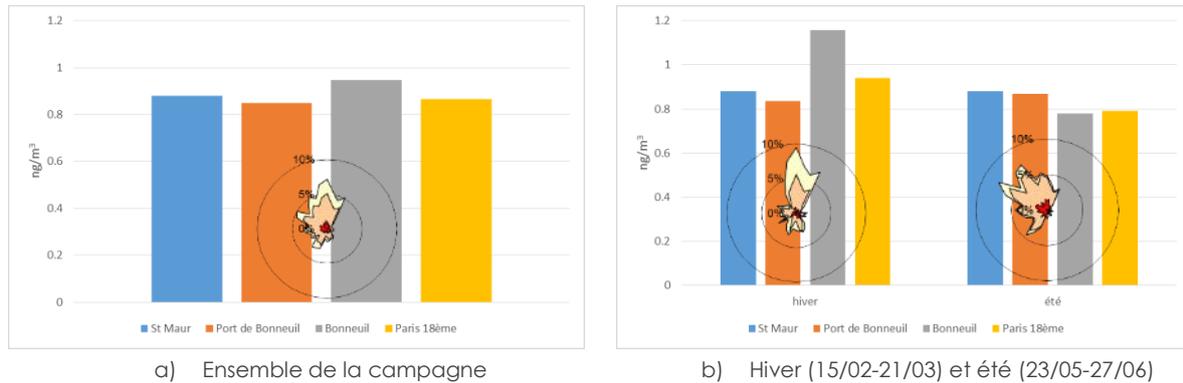


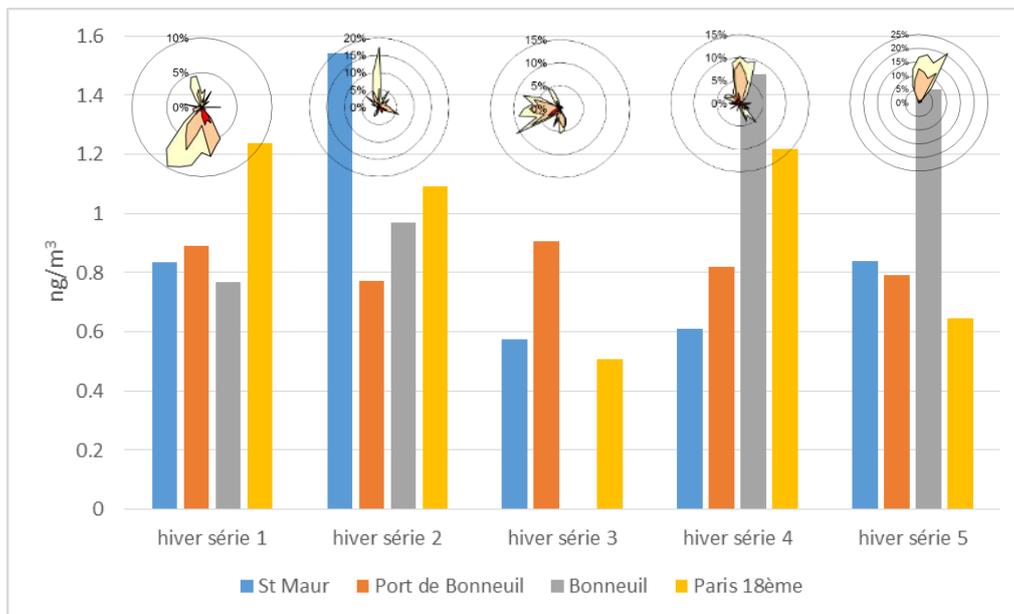
Figure 20 : Niveaux moyens de nickel sur la campagne [source des données de vent : Météo France]

En moyenne générale, les niveaux de nickel sont comparables entre les sites de la zone d'étude et Paris 18^{ème} et restent faibles au regard des valeurs réglementaires. Les niveaux observés en hiver sont plus élevés sur la station mobile de Bonneuil-sur-Marne ; le vent est alors majoritairement de nord, ce qui peut induire que les activités du port ont une influence sur les niveaux de nickel.

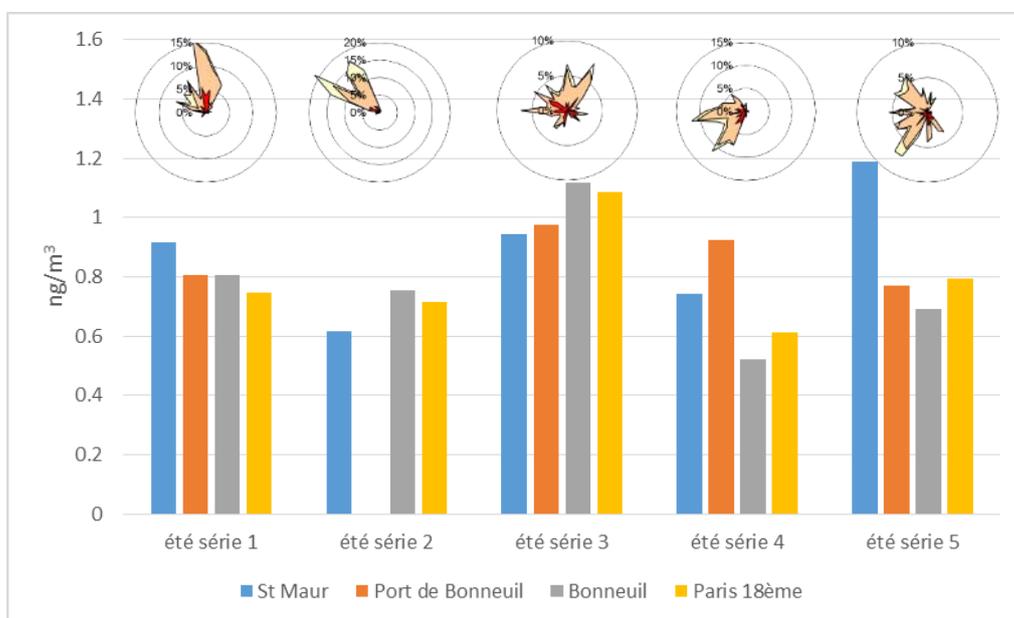
En regardant plus en détail les moyennes hebdomadaires en hiver, l'impact par vent de nord se remarque lors des séries 4 et 5, mais pas lors de la série 2 pourtant sujette à un vent de nord. Le site de Saint-Maur-des-Fossés en revanche voit ses concentrations augmenter de 0.7 ng/m³ lors de cette série 2, la source ne provenant donc pas du port.

Lors des mesures estivales, les niveaux de nickel sont plus proches de ceux de Paris 18^{ème} que durant la campagne hivernale. Des concentrations plus élevées se retrouvent à Saint-Maur-des-Fossés (série 5) avec des vents partagés entre le secteur nord-ouest et sud-ouest et de manière plus modérée sur la série 1 par vent de nord.

Les niveaux moyens de Nickel mesurés restent vingt fois inférieurs à la valeur cible annuelle. Il existe probablement une source locale d'émission de nickel dans la zone d'activité du port de Bonneuil-sur-Marne entraînant ponctuellement un impact à Bonneuil-sur-Marne (hiver séries 4 et 5) mais également une source locale au nord du domaine d'étude entraînant ponctuellement un impact à Saint-Maur-des-Fossés (hiver série 2, été séries 1 et 5).



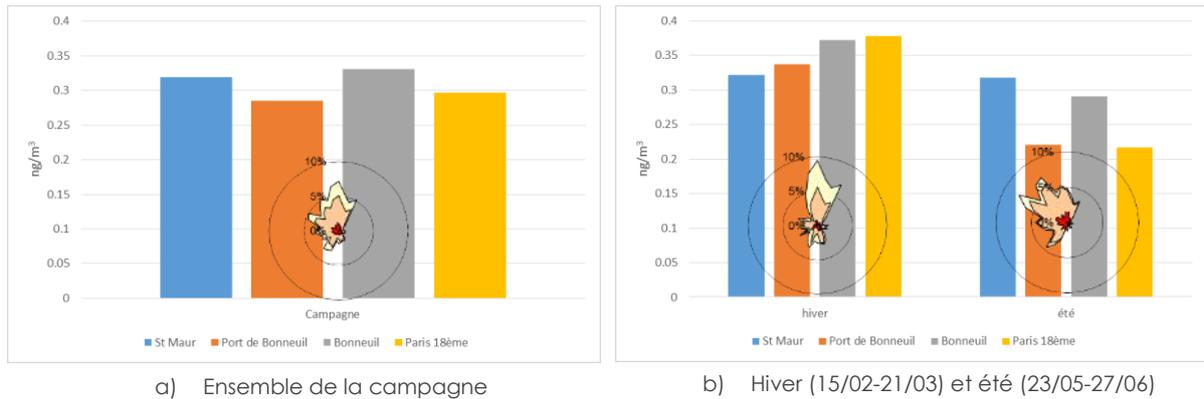
a) Hiver (du 15/02 au 21/03)



b) Été (du 23/05 au 27/06)

Figure 21 : Niveaux moyens de nickel en moyennes hebdomadaires [source des données de vent : Météo France]

La Figure 22 et la Figure 23 présentent les résultats obtenus pour l'arsenic en moyennes sur l'ensemble de la campagne, par saison et en moyennes hebdomadaires.

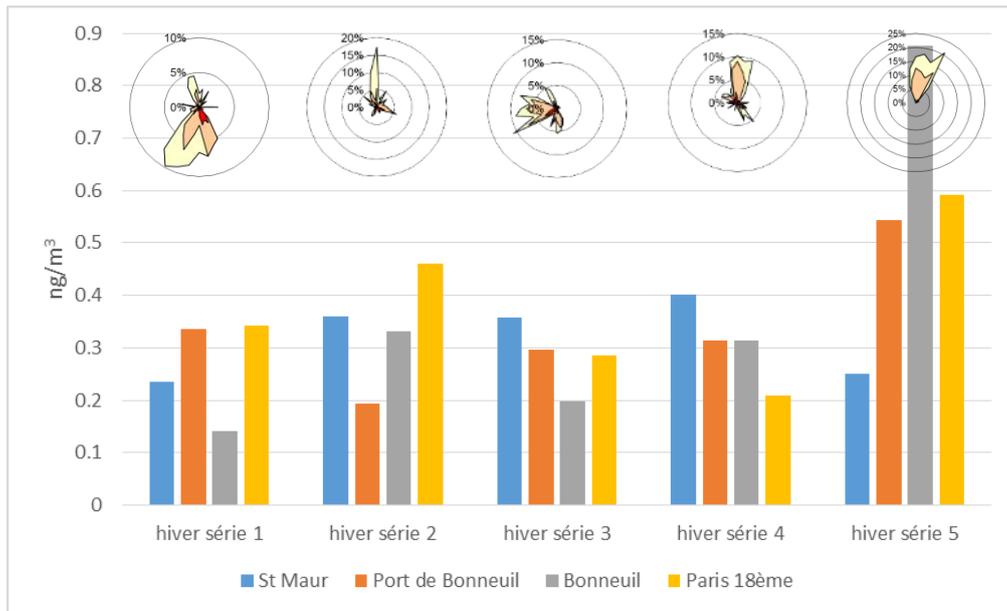


a) Ensemble de la campagne b) Hiver (15/02-21/03) et été (23/05-27/06)
 Figure 22 : Niveaux moyens d'arsenic sur la campagne [source des données de vent : Météo France]

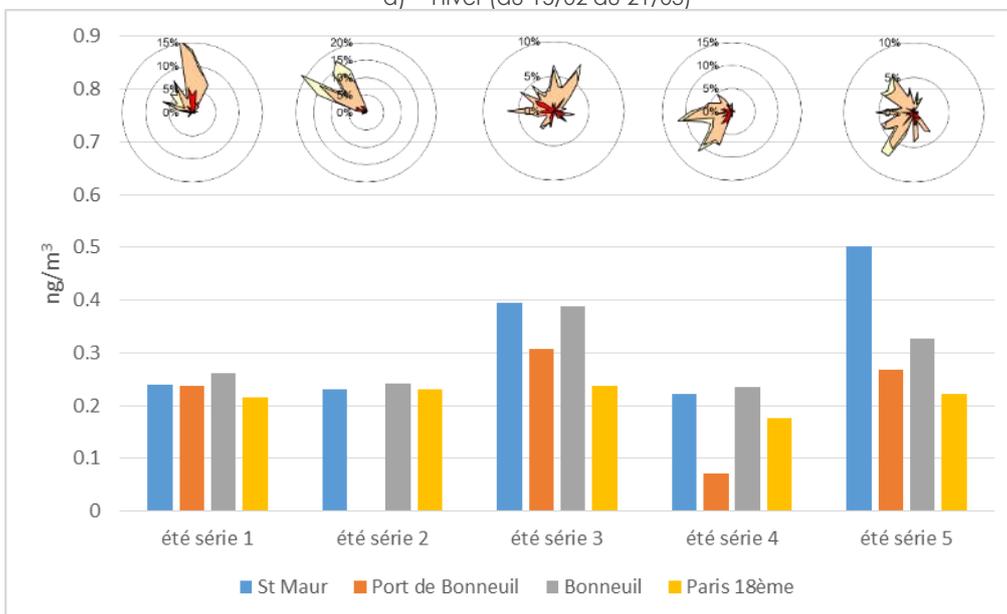
Les niveaux d'arsenic observés sont un peu plus élevés à Bonneuil-sur-Marne et à Saint-Maur-des-Fossés que sur le port. Lors de la campagne été, ces deux sites sont plus impactés qu'à la station de Paris 18^{ème}.

Les résultats par semaine montrent que le site de Bonneuil-sur-Marne a été impacté lors de la série 5 d'hiver par vent de nord ainsi que le site de Saint-Maur-des-Fossés lors de la série 5 d'été avec des vents partagés entre le secteur nord-ouest et sud-ouest. Ces niveaux peuvent correspondre à une activité ponctuelle du port mais cet impact potentiel reste modéré et ponctuel car il ne se retrouve pas systématiquement lorsque les sites sont sous le vent des activités. Il apparaît également que les niveaux mesurés sur le port sont peu impactés.

La présence d'une source locale d'émission d'arsenic dans la zone d'activité du port de Bonneuil-sur-Marne entraînant ponctuellement un impact par rapport au niveau de fond ne peut être exclue mais les niveaux moyens mesurés sont vingt fois inférieurs à la valeur cible annuelle.



a) Hiver (du 15/02 au 21/03)



b) Été (du 23/05 au 27/06)

Figure 23 : Niveaux moyens d'arsenic en moyennes hebdomadaires [source des données de vent : Météo France]

La Figure 24 et la Figure 25 présentent les résultats obtenus pour le cadmium en moyennes sur l'ensemble de la campagne, par saison et en moyennes hebdomadaires.

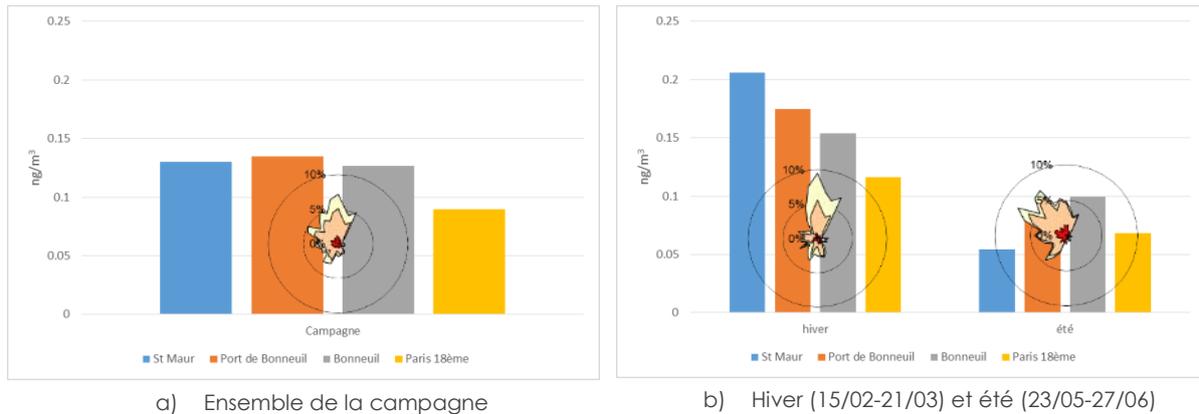


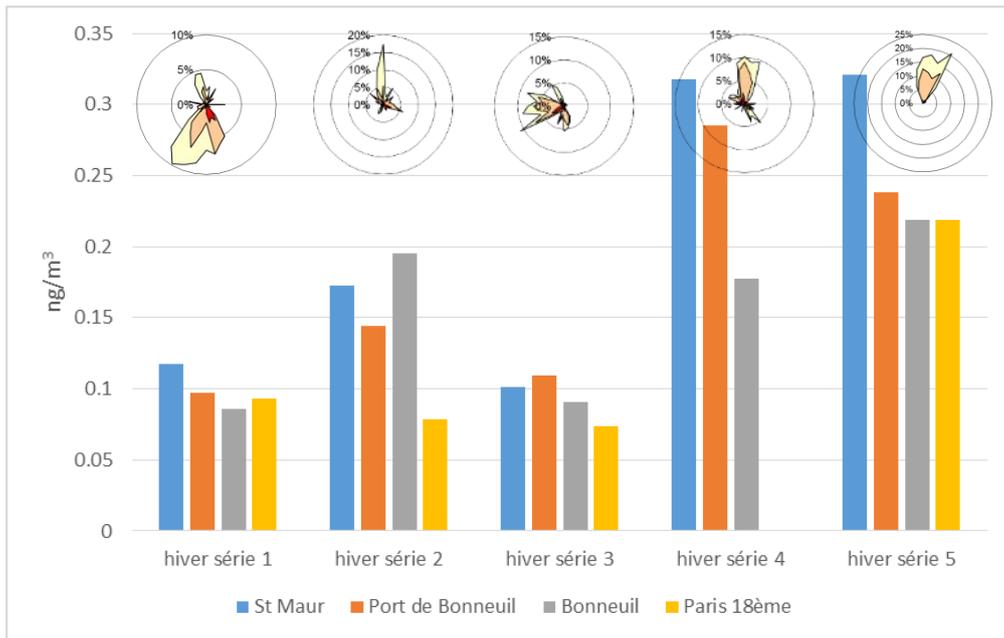
Figure 24 : Niveaux moyens de cadmium sur la campagne [source des données de vent : Météo France]

Il semble que les niveaux de cadmium dans la zone d'étude soient légèrement plus élevés globalement que dans la zone de la station Paris 18^{ème}, notamment en hiver.

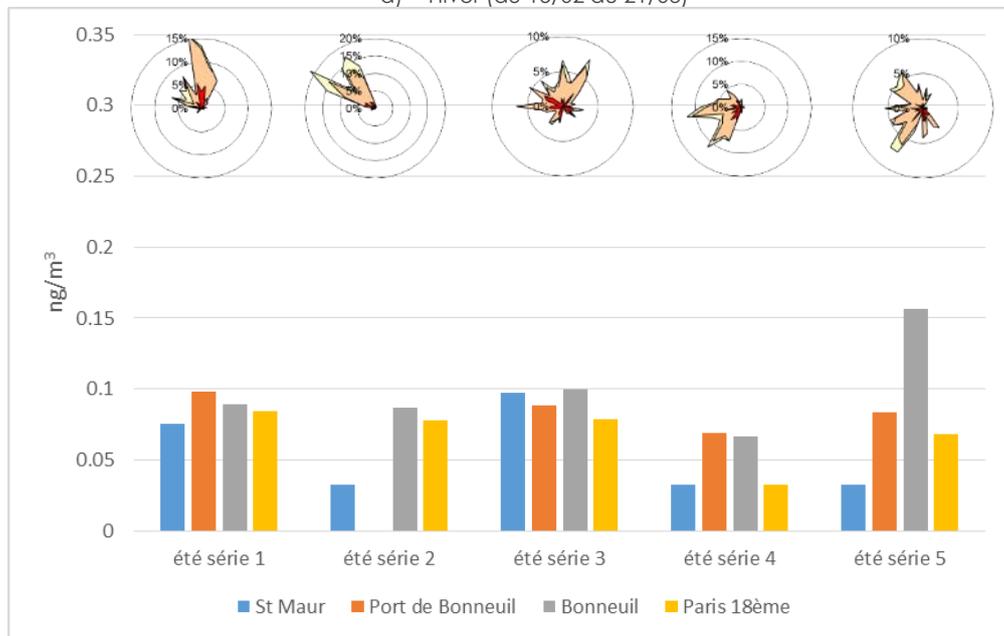
Les valeurs les plus élevées sont mesurées en hiver. Au cours des séries 4 et 5, les niveaux les plus élevés sont enregistrés à Saint-Maur-des-Fossés et dans une moindre de mesure sur le site du port alors que les vents observés durant ces séries sont essentiellement de secteur nord. La présence d'une source potentielle d'arsenic au nord de la zone d'étude est possible.

Lors de la série estivale 5, les niveaux mesurés à Bonneuil-sur-Marne sont plus élevés que sur les autres points de mesures mais les vents partagés entre le secteur nord-ouest et sud-ouest ne permettent pas de conclure sur l'origine de cet impact ponctuel.

Aucun n'impact de la zone d'activité du port de Bonneuil-sur-Marne n'a été détecté sur les concentrations de cadmium et les niveaux moyens mesurés sont quarante fois inférieurs à la valeur cible annuelle.



a) Hiver (du 15/02 au 21/03)



b) Été (du 23/05 au 27/06)

Figure 25 : Niveaux moyens de cadmium en moyennes hebdomadaires [source des données de vent : Météo France]

La Figure 26 et la Figure 27 présentent les résultats obtenus pour le plomb en moyennes sur l'ensemble de la campagne, par saison et en moyennes hebdomadaires.

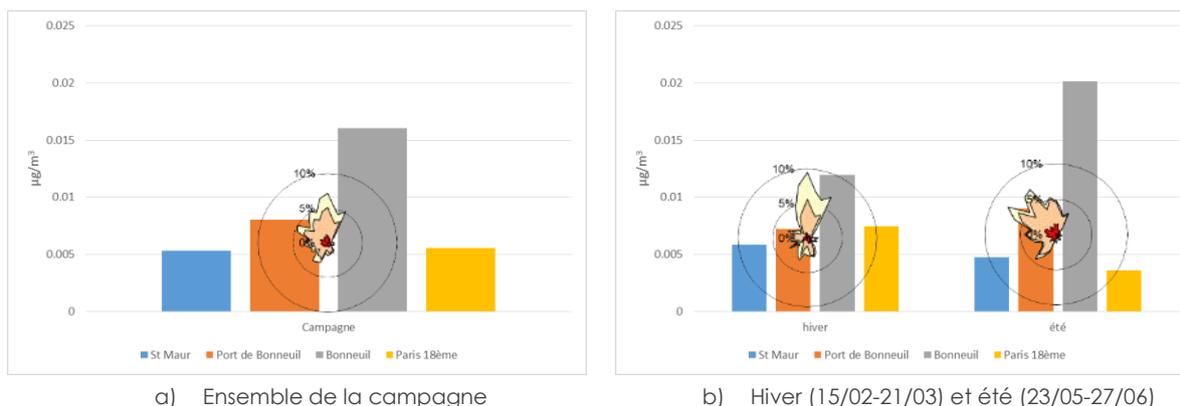
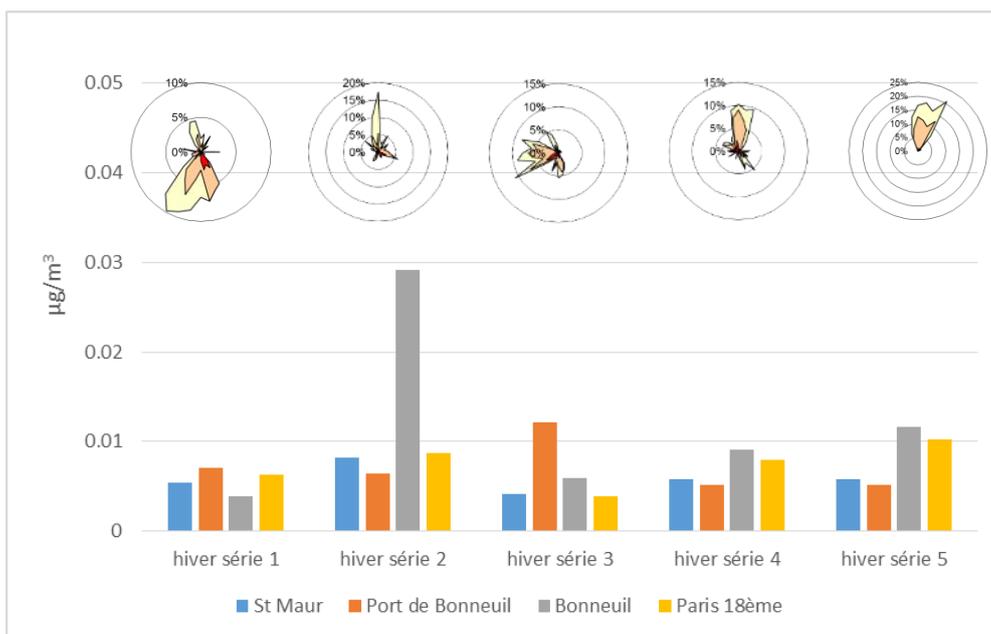


Figure 26 : Niveaux moyens de plomb sur la campagne [source des données de vent : Météo France]

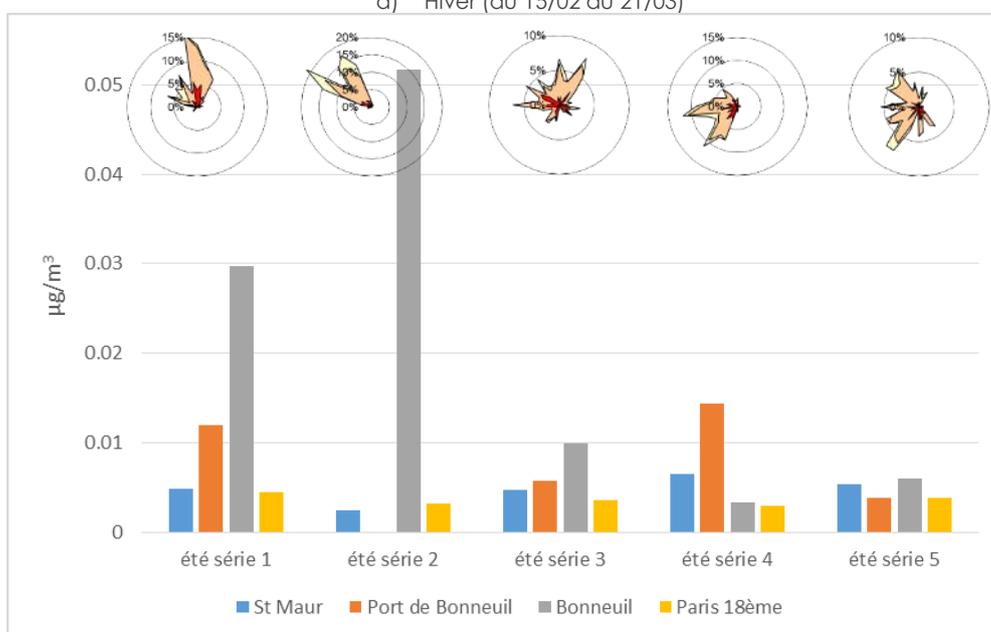
Les niveaux de plomb sont deux fois plus élevés à Bonneuil-sur-Marne que sur les autres sites considérés, et cet impact est plus important en été.

Un pic de plomb (concentrations 6 à 10 fois plus élevées qu'aux autres sites) est observé à Bonneuil-sur-Marne en hiver lors de la série 2, en été lors des séries 1 et 2, pour lesquelles le secteur de vent principal est de nord. Lors des séries d'hiver 4 et 5 et d'été 3, le secteur de vent principal est aussi de nord, et l'impact à Bonneuil-sur-Marne est toujours présent mais bien plus modéré. Par ailleurs, lors des séries d'hiver 3 et d'été 4, par vents de sud, un léger impact se retrouve au niveau du site du port. Un impact ponctuel des activités portuaires est ainsi détecté pour le plomb, et surtout au niveau du site de Bonneuil-sur-Marne lorsqu'il se situe sous le vent des industries du port.

Il existe probablement une source locale d'émission de plomb dans la zone d'activité du port de Bonneuil-sur-Marne entraînant ponctuellement un impact par rapport au niveau de fond mais les niveaux moyens mesurés sont trente fois inférieurs à la valeur cible annuelle et quinze fois inférieurs à l'objectif de qualité.



a) Hiver (du 15/02 au 21/03)



b) Été (du 23/05 au 27/06)

Figure 27 : Niveaux moyens de plomb en moyennes hebdomadaires [source des données de vent : Météo France]

La Figure 28 et la Figure 29 présentent les résultats obtenus pour le cuivre en moyennes sur l'ensemble de la campagne, par saison et en moyennes hebdomadaires.

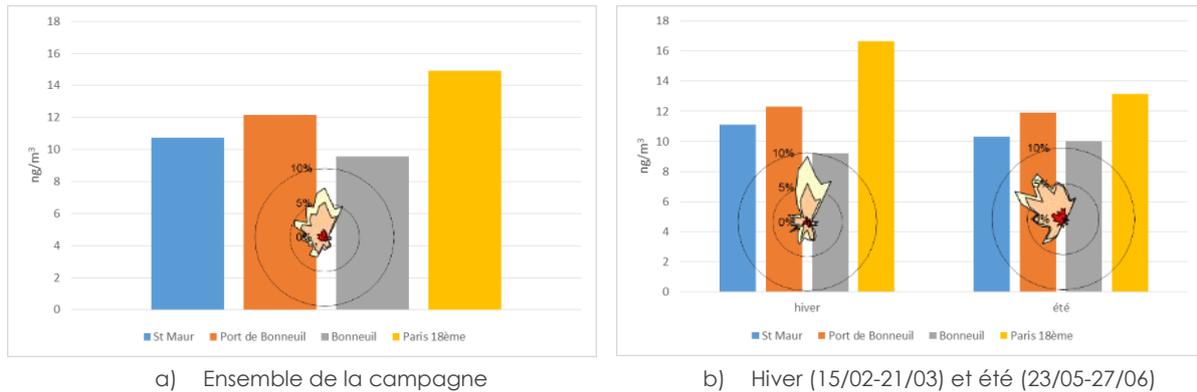
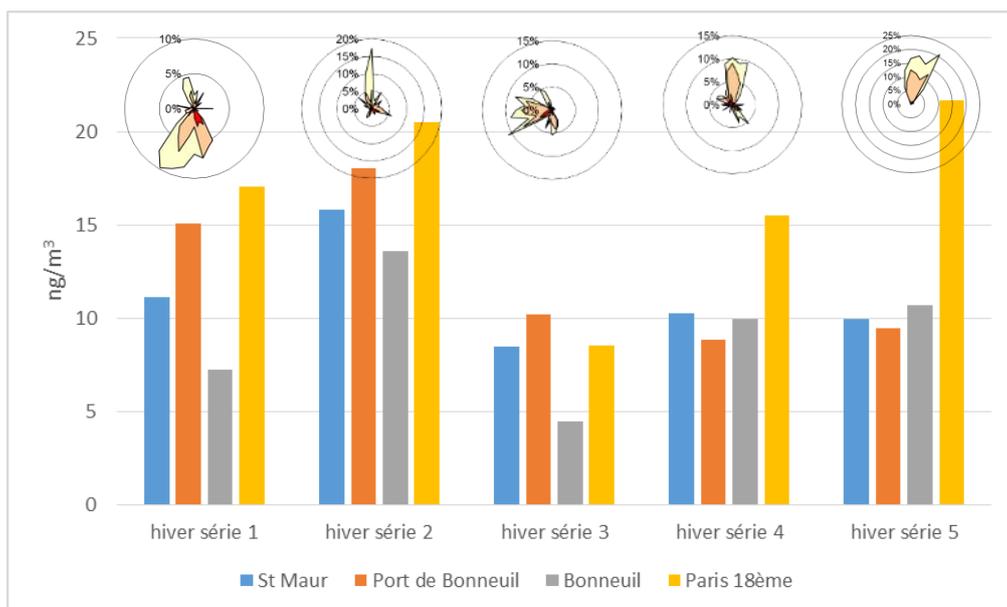


Figure 28 : Niveaux moyens de cuivre sur la campagne [source des données de vent : Météo France]

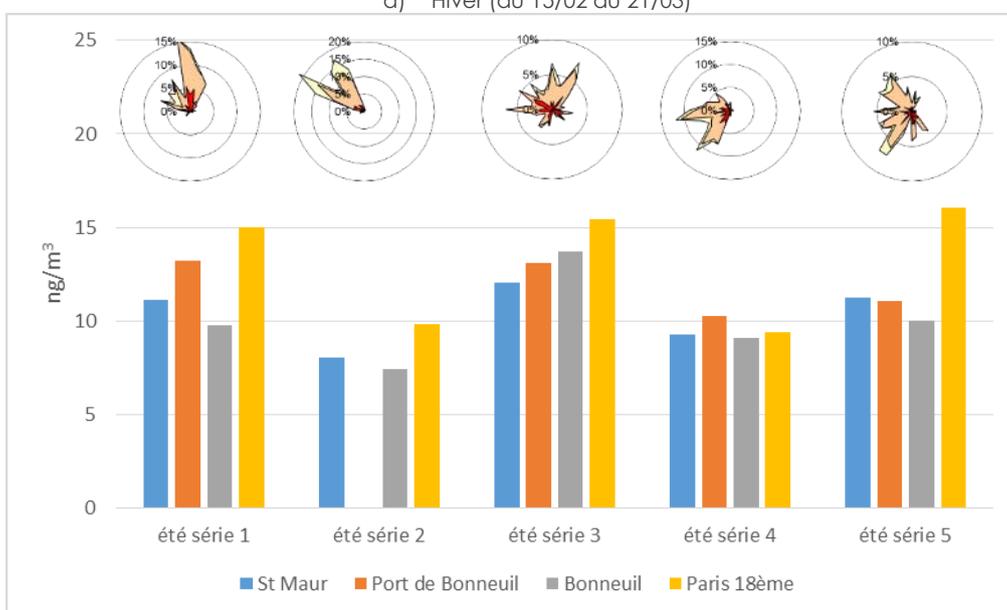
Les niveaux de cuivre dans la zone du port sont globalement inférieurs à ceux rencontrés à la station Paris 18^{ème} sur la campagne.

Les résultats par semaine de campagne ne permettent pas de conclure sur un impact du port sur les niveaux de cuivre dans la zone d'étude. Non seulement les concentrations en cuivre sont en général inférieures à celles de Paris 18^{ème}, mais elles évoluent aussi de la même manière au fil des séries sur les trois sites de mesure : elles sont alors probablement liées à un niveau général de la zone qui ne dépend pas des activités du port.

Aucun n'impact de la zone d'activité du port de Bonneuil-sur-Marne n'a été détecté sur les concentrations de cuivre.



a) Hiver (du 15/02 au 21/03)



b) Été (du 23/05 au 27/06)

Figure 29 : Niveaux moyens de cuivre en moyennes hebdomadaires [source des données de vent : Météo France]

Teneurs de métaux par rapport aux normes en vigueur

La méthodologie de l'estimation des concentrations moyennes annuelles à partir des mesures réalisées lors des campagnes de mesure est détaillée en Annexe 2 : Estimation de la concentration moyenne annuelle : méthodologie de calcul et incertitudes associée.

L'année considérée pour l'estimation des moyennes annuelles est comprise entre le 1er septembre 2015 et le 31 août 2016, intervalle incluant la période de mesure.

Les directives européennes et la réglementation française définissent pour le nickel une valeur cible annuelle de 20 ng/m³, pour l'arsenic de 6 ng/m³, et pour le cadmium de 5 ng/m³. Quant au plomb, une valeur limite annuelle est définie à 0.5 µg/m³ et un objectif de qualité à 0.25 µg/m³. Aucune norme n'est fixée pour le cuivre.

Les concentrations moyennes annuelles estimées en métaux sur les sites temporaires sont très proches entre les trois sites pour tous les métaux : aucun site ne présente de valeurs anormalement élevées comparées aux autres. Les niveaux sont largement inférieurs aux valeurs cibles pour le nickel, l'arsenic et le cadmium et à l'objectif de qualité pour le plomb, ce qui démontre une conformité vis-à-vis des normes de la zone du port pour ces métaux.

Le tableau des moyennes annuelles estimées est présenté en Annexe 4 : Résultats complémentaires de la campagne de mesure.

SYNTHESE DES RESULTATS

Les mesures de métaux sur les mois d'hiver et d'été ont permis d'estimer les concentrations annuelles sur les sites temporaires : leur comparaison par rapport aux normes en vigueur montre que **ces estimations restent largement inférieures à la valeur limite annuelle ainsi qu'à l'objectif de qualité pour le plomb, et largement inférieures aux valeurs cibles annuelles pour le nickel, l'arsenic et le cadmium, au niveau des trois sites de mesure.** L'analyse des niveaux de cuivre n'a montré aucun impact non plus pour ce polluant. Des impacts ponctuels des activités du port ont cependant été détectés, notamment au niveau du site de Bonneuil-sur-Marne, pour le nickel, l'arsenic et plus particulièrement le plomb.

2.2.5 Niveaux de HAP

Benzo(a)pyrène

Valeur cible annuelle : 1 ng/m³

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) appartiennent à la grande famille des hydrocarbures aromatiques. Ils sont formés d'atomes de carbone et d'hydrogène et leur structure comprend au moins deux cycles aromatiques. Les HAP forment une famille de plus de cent composés émis dans l'atmosphère par des sources diverses avec une durée de vie dans l'environnement qui varie fortement d'un composé à l'autre. Les HAP sont présents dans l'atmosphère sous forme gazeuse ou particulaire. Leurs sources sont principalement anthropiques et liées à des processus de combustion incomplète de matière organique (exemple de sources potentielles : chauffage au bois, trafic, utilisation industrielle du goudron, brûlage à l'air libre). En raison de leur toxicité ainsi que des propriétés mutagène et/ou cancérogène de certains d'entre eux, leurs émissions, leur production et leur utilisation sont réglementées. (cf. Annexe 3 : Fiches polluants). Les HAP contenus dans les bitumes, issus du pétrole et utilisés aujourd'hui dans la production d'enrobés routiers, sont dans des niveaux de concentration 1000 à 10 000 fois inférieurs à ceux mesurés dans les goudrons².

Afin de comparer les niveaux mesurés dans la zone d'étude avec un niveau de référence, les HAP ont aussi été mesurés à la station fixe d'Airparif de Gennevilliers. Cette station de référence pour la surveillance des niveaux de HAP en Ile-de-France caractérise les niveaux attendus en situation de fond, à distance de toute source spécifique. Comme sur le réseau permanent, les HAP sont mesurés 1 jour tous les 3 jours pendant la campagne, les résultats étant donnés sous forme de moyennes journalières.

En complément de l'analyse présentée dans cette partie, les résultats obtenus pour l'ensemble des HAP mesurés sont proposés dans l'Annexe 4 : Résultats complémentaires de la campagne de mesure.

Benzo(a)pyrène

Le benzo(a)pyrène (BaP) est considéré comme traceur de la pollution urbaine aux HAP et reconnu pour ses effets cancérogènes. **Il s'agit du seul HAP dont les concentrations dans l'air ambiant sont réglementées.**

La Figure 30 donne les moyennes de BaP à chaque emplacement des laboratoires mobiles sur l'ensemble de la campagne. Aucune influence directe du port n'est identifiée par ces résultats, qui restent équivalents à ceux de Gennevilliers et qui sont environ 5 fois inférieurs à la valeur cible.

² ANSES (2008). Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'«Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation professionnelle des produits bitumineux et de leurs additifs»

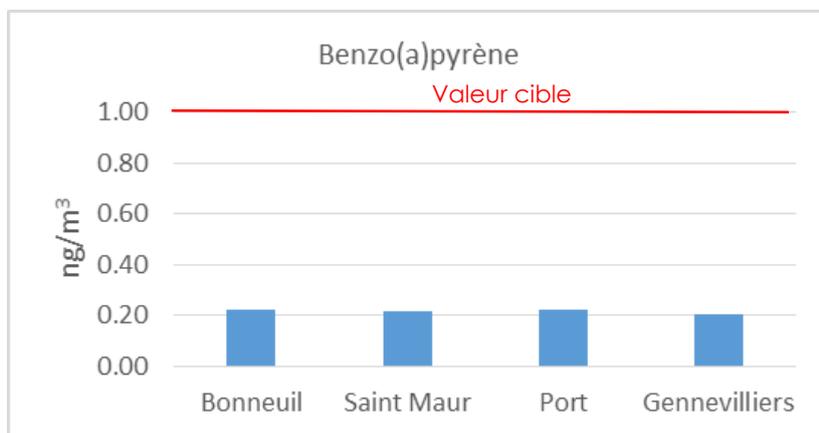


Figure 30 : Moyennes sur la campagne de BaP sur les trois sites temporaires autour du port de Bonneuil et à Gennevilliers

La Figure 31 illustre l'évolution des concentrations de BaP le long de la campagne de mesure, en moyennes journalières.

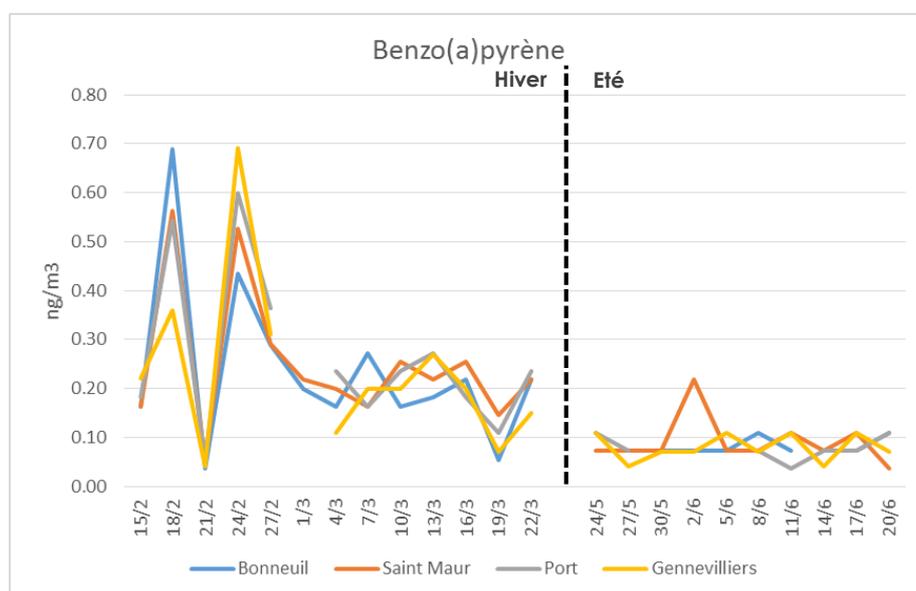


Figure 31 : Evolution des moyennes journalières en benzo(a)pyrène sur la campagne de mesure

En général, les concentrations de HAP sont maximales en hiver à cause des émissions du secteur résidentiel liées principalement au chauffage au bois.

Les concentrations de BaP sont plus fortes le 18 et le 24 février, et notamment le 18 où la zone d'étude présente des niveaux plus élevés qu'à Gennevilliers

La Figure 32 regroupe les niveaux moyens de BaP par secteur de vent pour chaque laboratoire mobile. L'hypothèse sous-jacente est qu'un site situé sous le vent des activités du port est considéré comme possiblement impacté par les émissions de BaP des activités. Les graphiques présentés font donc état, pour chaque site (barre orange pour le site concerné), des moyennes de BaP rencontrées lorsque le site est soit sous le vent des activités soit au vent. Une différence notable entre les deux moyennes, confrontée aux moyennes des autres sites, signifie un impact possible du port vis-à-vis du polluant.

Site représenté en gris sous le vent des activités

Site représenté en gris au vent des activités

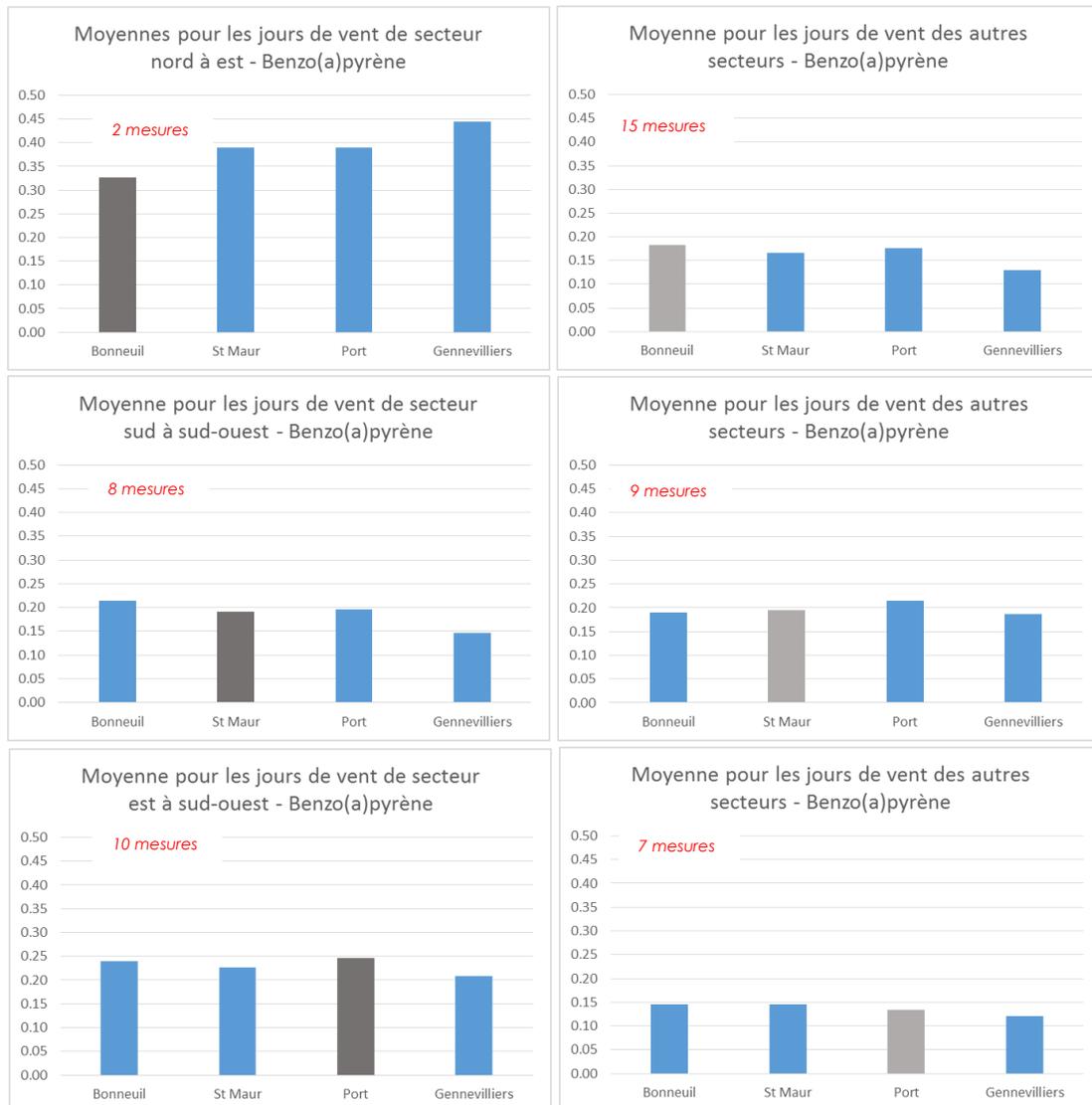


Figure 32 : Moyennes des niveaux de benzo(a)pyrène en prenant en compte les secteurs de vent plaçant le site considéré (barre grise) sous le vent ou au vent du port

Ces résultats ne montrent pas d'impact en BaP lors des régimes de vent plaçant les sites sous l'influence potentielle des activités. En effet, les niveaux de BaP sont homogènes sur les trois sites de mesures de la zone d'étude et à Gennevilliers sur l'ensemble des secteurs de vents.

Teneurs de benzo(a)pyrène par rapport aux normes en vigueur

La méthodologie de l'estimation des concentrations moyennes annuelles est détaillée en Annexe 2 : Estimation de la concentration moyenne annuelle : méthodologie de calcul et incertitudes associée.

L'année considérée pour l'estimation des moyennes annuelles est comprise entre le 1^{er} août 2015 et le 31 juillet 2016, intervalle incluant la période de mesure (période différente des autres estimations car les données HAP d'août 2016 des stations du réseau ne sont pas disponibles à l'heure de rédaction de ce rapport).

Les directives européennes et la réglementation française définissent pour le benzo(a)pyrène une valeur cible annuelle de 1 ng/m³.

Le Tableau 7 donne les codes couleur associés à la valeur cible, appliqués au Tableau 8. L'incertitude associée à l'estimation de la moyenne annuelle du BaP est de 7%.

Niveau de risque de dépassement	Pas de risque	Peu probable	Vraisemblable	Certain
Code couleur				

↑
↑
↑

0.9 ng/m³
1 ng/m³
1.1 ng/m³

Tableau 7 : Code couleur pour la concentration moyenne annuelle estimée en BaP, selon sa position vis-à-vis de la valeur cible.

Le Tableau 8 illustre, pour les trois sites de mesure temporaires instrumentés au sein du domaine d'étude, l'estimation des moyennes annuelles établies pour le BaP.

	Moyenne campagne en ng/m ³	Moyenne annuelle estimée (du 01/08/15 au 31/07/16) en ng/m ³	Intervalle incertitude	
			Min	Max
Site n°24 - Saint-Maur-des-Fossés	0.187	0.202	0.188	0.216
Site n°25 - Port de Bonneuil	0.201	0.216	0.201	0.231
Site n°26 - Bonneuil	0.185	0.200	0.186	0.214

Tableau 8 : Estimation de la concentration moyenne annuelle en BaP sur les sites de mesure temporaires instrumentés lors de la campagne.

Les niveaux estimés de BaP dans la zone du port de Bonneuil-sur-Marne sont largement inférieurs à la valeur cible.

Autres HAP

Les moyennes des autres HAP mesurés lors de la campagne sont regroupées Figure 33. Ces HAP n'étant pas réglementés, leurs niveaux ne peuvent pas être comparés à une valeur de référence ; les échelles choisies dans les graphiques sont relatives aux niveaux mesurés, permettant de mettre en relief les variations inter-sites. Les niveaux atteints diffèrent aussi selon les espèces considérées (ils ne sont pas comparables à ceux du BaP). Selon le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer), et parmi les HAP considérés dans cette étude, le dibenzo(ah)anthracène est classé probablement cancérigène (groupe 2A), et sont classés possiblement cancérigènes (groupe 2B) le benzo(a)anthracène, le benzo(b)fluoranthène, le benzo(j)fluoranthène, le benzo(k)fluoranthène, le chrysène et l'indéno(1,2,3-cd)pyrène. Le benzo(ghi)pérylène, l'anthracène, l'acénaphthène, le fluoranthène, le fluorène, le phénanthrène, le pyrène et le naphthalène sont inclassables quant à leur cancérigénité (groupe 3).

Les HAP dont les niveaux sont plus élevés qu'à Gennevilliers (principalement au niveau du laboratoire mobile installé sur le port) sont principalement l'acénaphthène, l'anthracène, le fluoranthène, le fluorène, le phénanthrène, le pyrène, et le 2-méthyl-naphthalène et le naphthalène (encadrés en orange dans la Figure 33). Leurs moyennes au niveau du laboratoire mobile du port atteignent 0.5 à 3 ng/m³ de plus qu'à Gennevilliers. Ces moyennes permettent de supposer qu'il y a une source de HAP locale mais présentant un impact modéré, les niveaux moyens de HAP restant malgré tout proches de ceux mesurés à Gennevilliers. Ces HAP sont ceux rencontrés principalement dans les goudrons et se retrouvent aussi dans les bitumes, mais à des concentrations 1000 à 10000 fois inférieures, pour la production d'enrobés bitumineux actuelle. La production d'enrobés bitumineux pourrait donc en être la source mais d'autres process industriels présents sur le port sont des sources potentielles.



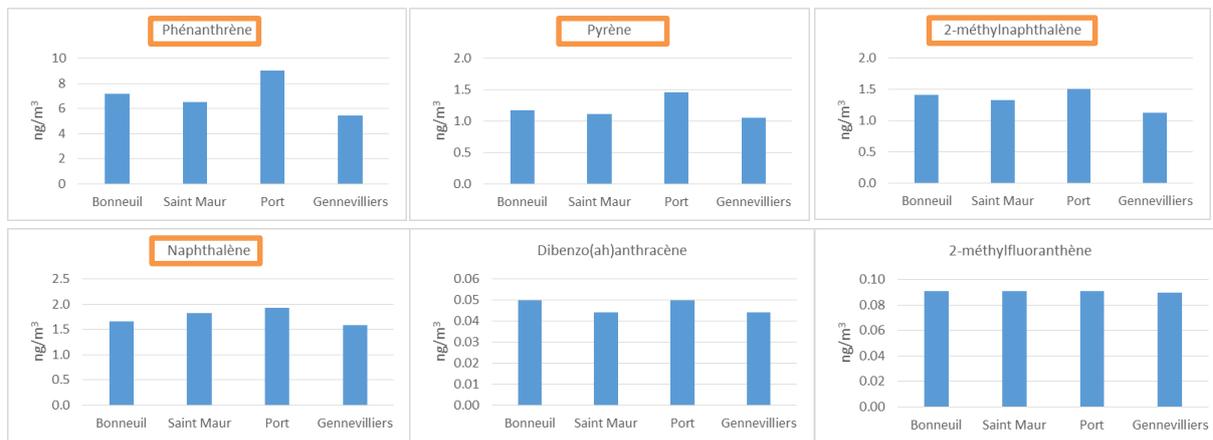


Figure 33 : Moyennes sur la campagne des autres HAP sur les trois sites temporaires autour du port de Bonneuil et à Gennevilliers

Dans la Figure 34 et la Figure 35, les HAP sont regroupés par comportements similaires selon les profils observés lors de la campagne pour une meilleure lisibilité. Les graphiques sont discontinus entre le 22 mars et le 24 mai, entre la campagne hivernale et la campagne estivale. Les niveaux relevés durant la campagne hivernale sont plus élevés que durant la campagne estivale, ceci dû à la source résidentielle des HAP (chauffage au bois surtout) qui émet principalement en hiver.

La Figure 34 donne les moyennes journalières sur la période de mesure pour une sélection de 9 HAP. Pour ceux-ci, (benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(e)pyrène, benzo(ghi)pérylène, benzo(j)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène et indéno(1,2,3-cd)pyrène, les résultats pour le chrysène étant incomplets) une augmentation isolée de la concentration le 2 juin au niveau du laboratoire mobile de Saint-Maur-des-Fossés se démarque particulièrement, alors que le vent dominant était de nord-ouest. Cet impact n'est donc pas lié aux activités du port. Les autres points d'intérêt, le 18 et le 24 février par exemple, semblent provenir d'un effet du niveau de fond, comme le suggèrent les niveaux similaires à Gennevilliers.

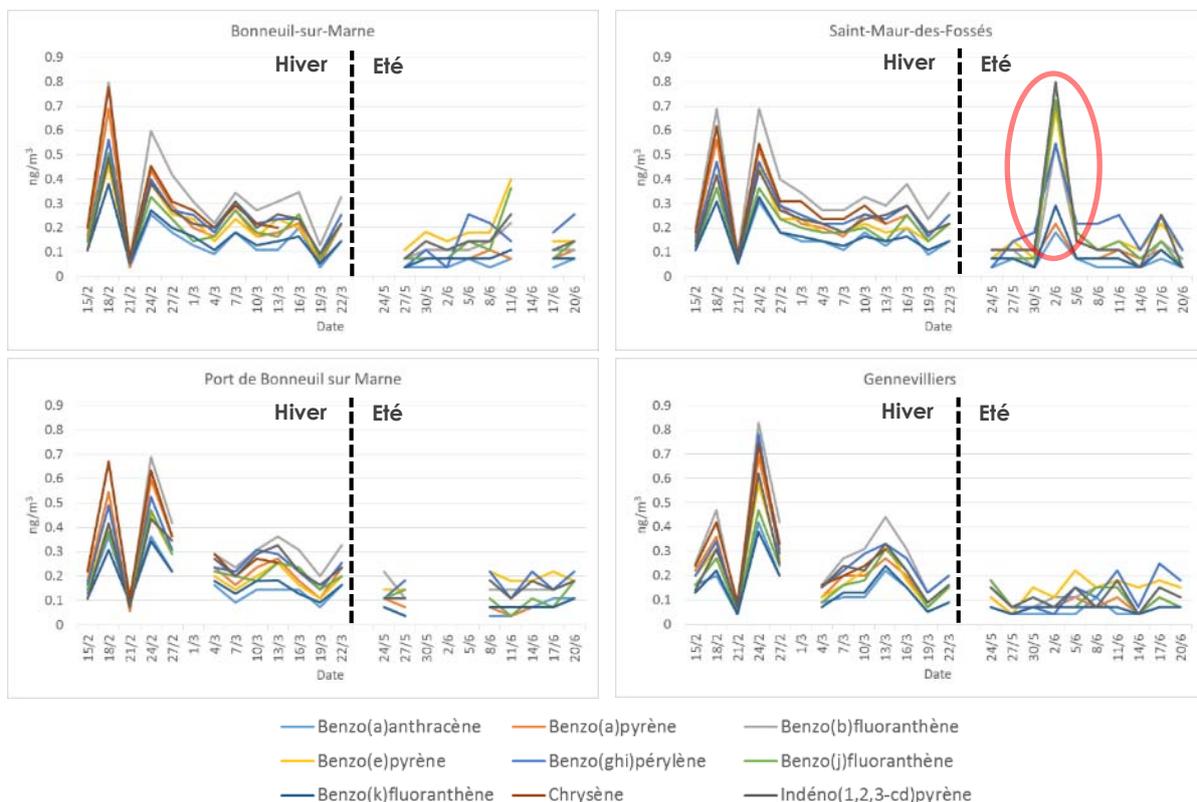


Figure 34 : Evolution des concentrations d'une première sélection de HAP sur la campagne, en moyennes journalières

La Figure 35 illustre ces résultats pour 8 autres HAP (l'acénaphthène, l'antracène, le fluoranthène, le fluorène, le phénanthrène, le pyrène, et le 2-méthyl-naphthalène et le naphthalène), distingués par des moyennes générales légèrement plus hautes sur le site du port sur la Figure 33.

Les tendances sont similaires à celles mesurées à Gennevilliers, sauf durant deux jours isolés de juin (11 et 17 juin), au niveau du site du port. Les niveaux de ces polluants sont alors 2 à 5 fois plus élevés qu'à Gennevilliers le 11 juin et 2 à 10 fois le 17 juin. Les secteurs de vent à partir de juin étaient principalement de sud-ouest : cela indique qu'il existe potentiellement une source ponctuelle de ces HAP dans la partie sud du port, mais non liée aux productions d'enrobés bitumineux, inactives le samedi 11 juin.



Figure 35 : Evolution des concentrations d'une deuxième sélection de HAP sur la campagne, en moyennes journalières

Cet impact est cependant à relativiser car très ponctuel, et il n'y a priori pas de source majeure d'émission de HAP sur le port (voir Partie 3). Par ailleurs, cette augmentation des concentrations sur le port ne se retrouve ni à Bonneuil ni à Saint-Maur-des-Fossés, et serait donc très locale.

SYNTHESE DES RESULTATS

Les niveaux de HAP ne constituent pas une problématique spécifique dans la zone du port : **la moyenne annuelle estimée du benzo(a)pyrène, seul HAP réglementé dans l'air ambiant, reste largement inférieure à la valeur cible** au niveau des sites de mesure. Il existe une possible source locale dans le port pour les HAP suivants : l'acénaphthène, l'antracène, le fluoranthène, le fluorène, le phénanthrène, le pyrène, le 2-méthyl-naphthalène et le naphthalène. Ces impacts n'ont été observés qu'à deux reprises ; la production d'enrobés bitumineux mais également d'autres process industriels présents sur le port pourraient en être la source. **Ces impacts restent ponctuels et localisés et ne se retrouvent pas dans les zones riveraines.**

2.2.6 Niveaux de dioxyde d'azote

NO₂

Valeur limite annuelle : 40 µg/m³
Valeur limite horaire : 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 fois/an
Objectif de qualité annuel : 40 µg/m³

Le dioxyde d'azote, qui fait partie des oxydes d'azote (NO_x), est un polluant réglementé, indicateur des activités de combustion, notamment du trafic routier. Il est en effet directement émis par les sources motorisées de transport (émission « primaire »), et dans une moindre mesure par le chauffage résidentiel et l'industrie. Il est également produit dans l'atmosphère à partir des émissions de monoxyde d'azote (NO), sous l'effet de leur transformation chimique en NO₂ (polluant « secondaire »). Les processus de formation du NO₂ sont étroitement liés à la présence d'ozone dans l'air.

(NO + O₃ ↔ NO₂ + O₂) (cf. Annexe 3 : Fiches polluants).

Variabilité spatiale des niveaux : Mesures par tubes à diffusion

Afin d'évaluer la variabilité spatiale des niveaux, des mesures par tubes à diffusion ont été effectuées par séries d'une semaine. La Figure 36 illustre les résultats moyens sur l'ensemble de la campagne, en mettant en parallèle les directions de vent sur la période de mesure considérée. L'Annexe 4 : Résultats complémentaires de la campagne de mesure regroupe aussi les cartographies des résultats par semaine. Afin de comparer les teneurs de NO₂ sur le domaine avec les niveaux mesurés au sein de l'agglomération parisienne, les valeurs de NO₂ à Vitry-sur-Seine (fond) et sur la route nationale RN2 (proximité au trafic routier) mesurées par Airparif sont fournies sur la même période.

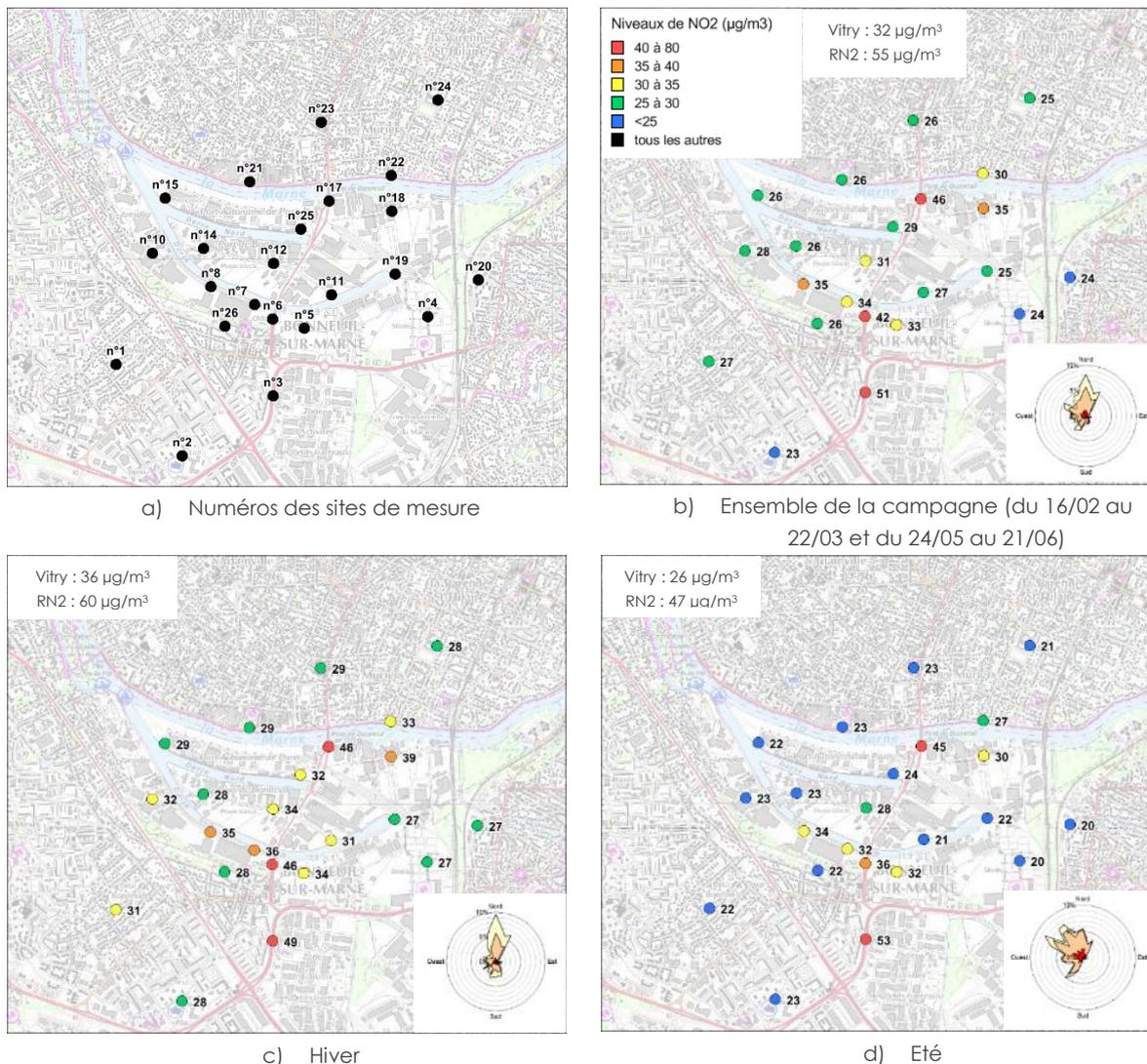


Figure 36 : Niveaux moyens de NO₂ sur l'ensemble de la campagne et numéros des sites de mesure [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

Les niveaux de NO₂ sont plus faibles en été qu'en hiver, ce qui se justifie par des conditions en général moins dispersives en hiver.

Comme attendu, les sites de proximité au trafic routier (n°3, 6 et 17) présentent les teneurs les plus importantes quelle que soit la série de mesure (40 à 63 µg/m³). Ces sites de mesure, instrumentés à proximité immédiate de la RD130 et de la RD10, sont influencés directement par les émissions du trafic routier. La RD130 est un axe routier sur lequel circulent plus de 28000 véhicules par jour³ (dont environ 13% de poids lourds), et sur la RD10 près de 25500 véhicules circulent par jour (dont 9% de poids lourds) : les teneurs à proximité du trafic routier sont donc plus élevées qu'en situation de fond parisien mais restent plus faibles que les teneurs mesurées sur les axes majeurs franciliens : 95 et 91 µg/m³ respectivement en moyenne sur les campagnes d'hiver et d'été à proximité du Boulevard Périphérique à hauteur de la porte d'Auteuil (plus de 240000 véhicules par jour) ou encore 67 et 47 µg/m³ à proximité du trafic routier de la RN2 (environ 44000 véhicules par jour).

Malgré l'absence de comptage sur le quai du Rancy, le trafic sur cette route peut être considéré comme suffisamment important pour définir les sites n°5, 7 et 8 comme des sites influencés par le trafic routier (sites sur le quai le long de la darse sud). De même pour le site n°18 sur la rue du Moulin

³ Source : Conseil départemental du Val de Marne (2013)

Bateau, desservant plusieurs entreprises du port, et le site n°12 au cœur des activités, sur la route de l'Île Saint Julien.

En été comme en hiver, comme observé pour les dépôts de poussières sédimentables, ces cinq sites présentent des niveaux de NO₂ plus élevés que les sites de fond, entre 30 et 50 µg/m³. Il apparaît cependant que, malgré ces niveaux plus élevés, les zones riveraines ne sont pas impactées.

Les autres sites de mesure, en situation de fond, présentent des teneurs plus faibles car non influencés directement par les émissions du trafic routier ou d'autres sources d'émissions spécifiques du secteur d'étude.

En comparant les concentrations obtenues à celles de Vitry-sur-Seine et de la RN2, les niveaux dans le domaine d'étude sont cohérents avec une situation géographique périurbaine en limite de l'agglomération parisienne. En effet, les teneurs diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne du cœur dense de l'agglomération. De plus, les mesures ne présentent pas d'impact spécifique provenant des activités de la zone industrielle, hormis l'impact du trafic routier et de la circulation des camions engendrée par ces activités (9 à 13% de la circulation totale sur la RD10 et la RD130).

Variabilité temporelle : Mesures automatiques

Les trois laboratoires positionnés en situation de fond sur la commune de Bonneuil-sur-Marne, sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés et à proximité immédiate des activités industrielles du port de Bonneuil-sur-Marne ont permis de récolter des données horaires du 15/02/16 au 23/03/16 et du 12/05/16 au 28/06/16.

Moyennes

La Figure 37 présente les concentrations moyennes de NO₂ sur les sites temporaires instrumentés de laboratoires mobiles et celles relevées en situation de fond au sein de l'agglomération parisienne, sur les stations du réseau Airparif de Paris Centre et de Paris 18^{ème} (moyennées pour obtenir la moyenne de Paris), et de Vitry-sur-Seine. Les niveaux de NO₂ autour du port, avec des concentrations comprises entre 25 et 30 µg/m³, sont comparables à ceux mesurés à Vitry-sur-Seine, ville voisine. Le site installé au sein du port présente une concentration moyenne légèrement supérieure à celle relevée en situation de fond à Bonneuil-sur-Marne et Saint-Maur-des-Fossés, pouvant se justifier par la proximité au trafic routier, le trafic fluvial et les activités industrielles sur le site du port.

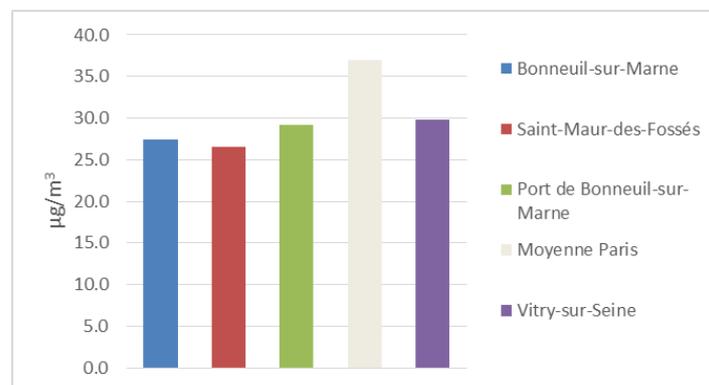


Figure 37 : Moyennes des concentrations en NO₂ sur l'ensemble de la campagne (du 15/02/16 au 23/03/16 et du 12/05/16 au 28/06/16)

Séries temporelles

Les concentrations journalières moyennes (Figure 38) ne présentent pas de spécificités aux trois sites temporaires comparés au site fixe voisin de Vitry-sur-Seine.

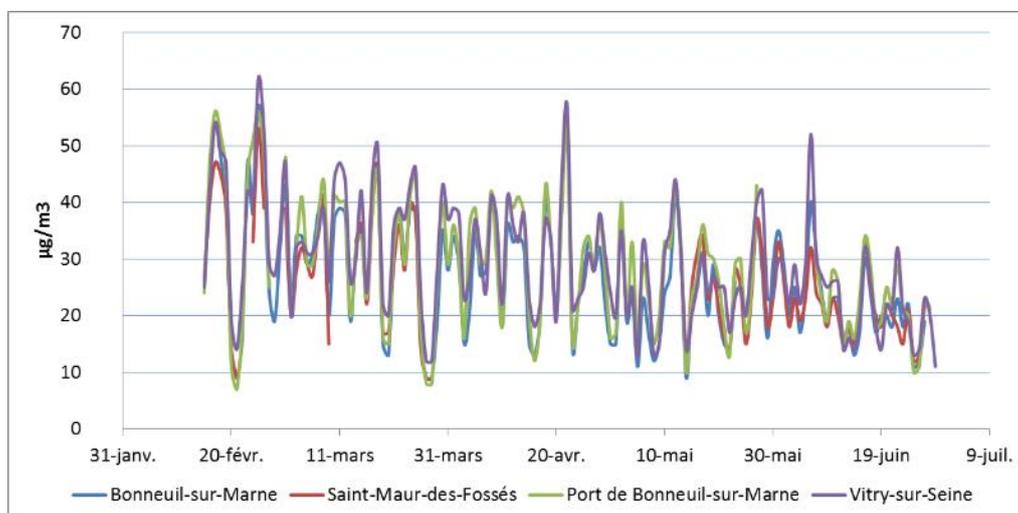
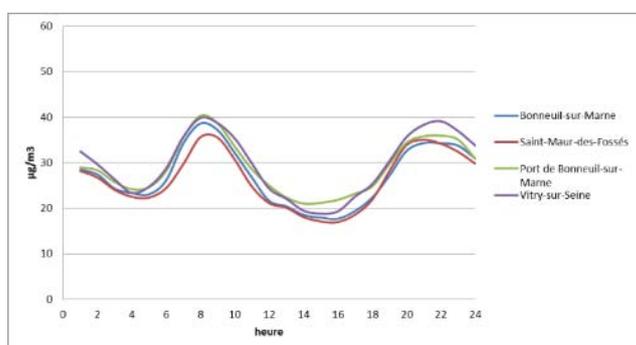


Figure 38 : Concentrations moyennes journalières en NO₂, pour la période du 15/02/16 au 28/06/16

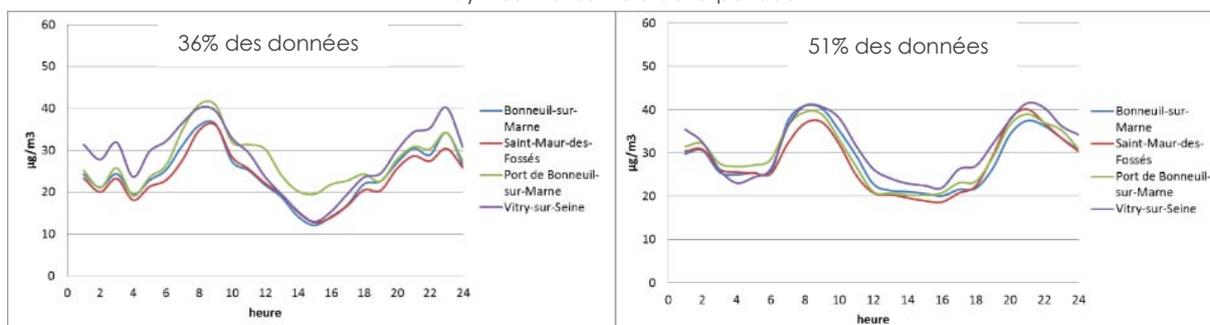
Profils journaliers

Les profils moyens journaliers de la Figure 39 illustrent d'une part des tendances similaires au cours de la journée entre le domaine d'étude et les stations permanentes du réseau Airparif avec les niveaux horaires les plus élevés le matin entre 6h et 11h et le soir après 18h. Ces évolutions s'expliquent par l'évolution quotidienne du volume de trafic routier et des paramètres météorologiques moyens liés à la dispersion des polluants. Toutefois, de légères hausses de concentrations sont présentes en journée sur le site du port entre 13h et 17h, lors desquelles les niveaux du port dépassent ceux de Vitry-sur-Seine ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de plus). L'impact, potentiellement dû aux activités et à la circulation de véhicules sur le port, engendre une légère augmentation des teneurs de NO_2 sur le site du port sans toutefois atteindre celles mesurées aux sites permanents instrumentés au cœur de l'agglomération parisienne.

Les profils correspondant aux analyses par secteur de vent et par type de jour (jour ouvré ou weekend) montrent un impact nul sur les sites de Bonneuil-sur-Marne et de Saint-Maur-des-Fossés, et un impact de 2 à $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site du port, de 8h à 19h, comme observé pour les PM_{10} . En revanche, contrairement aux particules, cet impact ne se retrouve pas au site de Bonneuil-sur-Marne par vent de nord. Les zones riveraines ne semblent pas impactées par les activités du port.

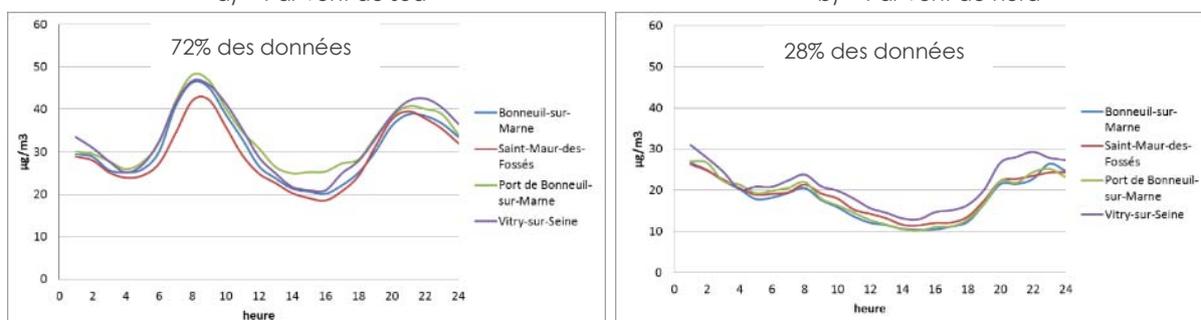


a) Sur l'ensemble de la période



a) Par vent de sud

b) Par vent de nord



c) Lors des jours ouvrés

d) Lors des weekends

Figure 39 : Profils moyens journaliers des concentrations en NO_2 autour du port de Bonneuil-sur-Marne – 15/02/16 au 23/03/16 et du 12/05/16 au 28/06/16 [source des données de vent : Météo France]

Roses de pollution et roses d'impact

La Figure 40 regroupe les roses de pollution et d'impact pour le NO₂, situées sur leur point géographique sur les cartes : un niveau de NO₂ plus faible en général que celui mesuré à Vitry-sur-Seine s'observe, avec cependant un impact supplémentaire pour tous les sites pour les vents de secteur ouest (indépendant donc des activités portuaires). Un autre impact s'observe au niveau du port pour les vents de secteur est, dû soit à des activités du port soit à l'axe routier proche (D130). Cet impact est à relativiser car très peu de vents de ce secteur sont comptabilisés sur la période.

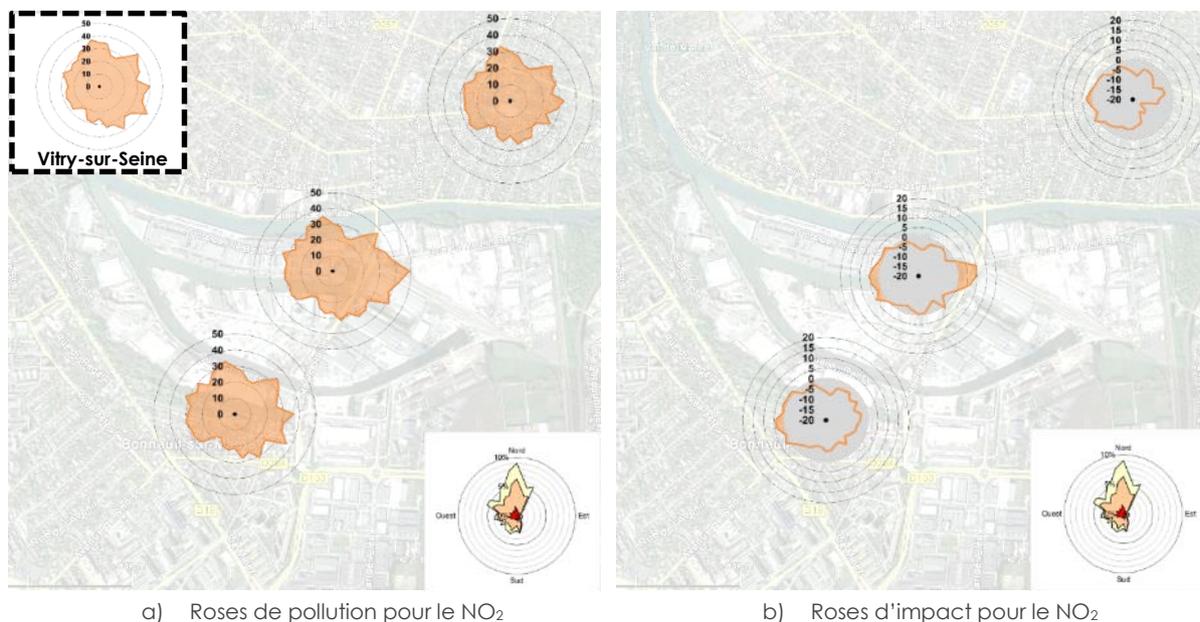


Figure 40 : Roses de pollution et d'impact pour le NO₂, roses de pollution de la station de référence Vitry-sur-Seine, et rose des vents pour la période du 15/02/16 au 23/03/16 et du 12/05/16 au 28/06/16 (résolution horaire, en µg/m³) [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : Google Earth]

Teneurs de dioxyde d'azote par rapport aux normes en vigueur

La méthodologie de l'estimation des concentrations moyennes annuelles à partir des mesures réalisées lors des campagnes de mesure est détaillée en Annexe 2 : Estimation de la concentration moyenne annuelle : méthodologie de calcul et incertitudes associée.

L'année considérée pour l'estimation des moyennes annuelles est comprise entre le 1er septembre 2015 et le 31 août 2016, intervalle incluant la période de mesure.

Les directives européennes et la réglementation française définissent pour le dioxyde d'azote des niveaux réglementaires pour deux échelles de temps : moyenne annuelle et moyenne horaire. Cette distinction permet de prendre en considération deux types de situations vis-à-vis des effets sur la santé : d'une part la pollution atmosphérique chronique à l'échelle annuelle et, d'autre part, les épisodes de plus courte durée, à l'échelle d'une ou plusieurs heures (« épisodes de pollution »).

L'objectif de qualité annuel du NO₂ est égal à la valeur limite de 40 µg/m³. La valeur limite établie en moyenne horaire fixe un maximum de 18 heures de dépassement du seuil de 200 µg/m³ dans l'année.

A l'échelle annuelle

La Figure 41 illustre les moyennes annuelles estimées de dioxyde d'azote sur la carte de la zone d'étude.

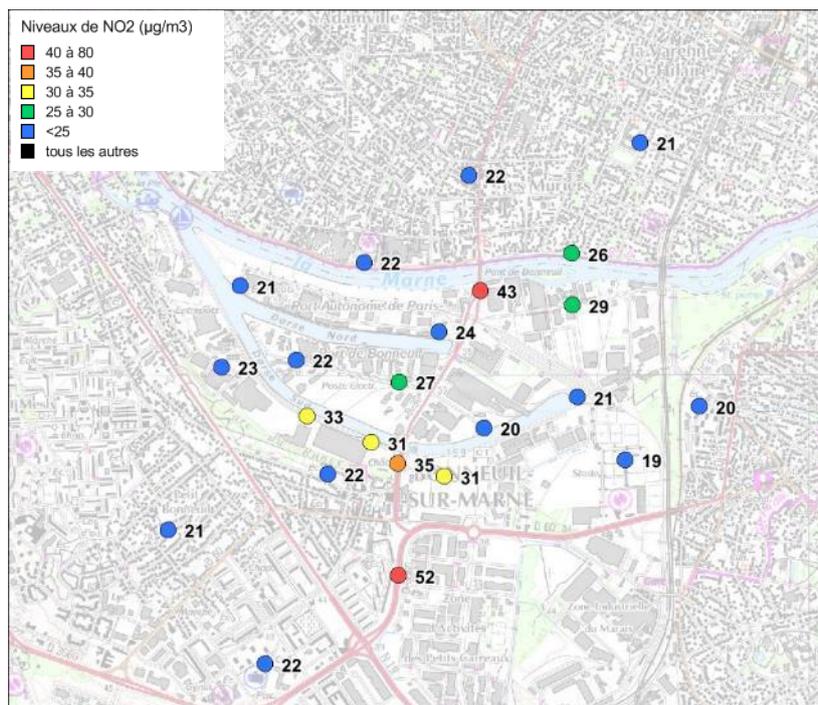


Figure 41 : Moyennes annuelles estimées pour le NO₂ [fond de carte : IGN]

Le Tableau 9 présente le code couleur associé à la valeur limite annuelle, appliqué au Tableau 10. L'incertitude associée à l'estimation de la moyenne annuelle du NO₂ est de 15%.

Niveau de risque de dépassement	Pas de risque	Peu probable	Vraisemblable	Certain
Code couleur				
		↑	↑	↑
		34 µg/m ³	40 µg/m ³	46 µg/m ³

Tableau 9 : Code couleur associé au risque de dépassement de la valeur limite (NO₂) pour la concentration moyenne annuelle estimée en NO₂

Le Tableau 10 illustre ; pour les 23 sites de mesure temporaires instrumentés au sein du domaine d'étude, l'estimation des moyennes annuelles établies pour le NO₂.

	Moyenne campagne en µg/m ³	Moyenne annuelle estimée (du 01/09/15 au 31/08/16) en µg/m ³	Intervalle incertitude	
			Min	Max
Site N°1	22	21	18	24
Site N°2	23	22	19	25
Site N°3	53	52	44	60
Site N°4	20	19	16	22
Site N°5	32	31	26	36
Site N°6	36	35	30	40
Site N°7	32	31	26	36
Site N°8	34	33	28	38
Site N°10	23	23	19	26
Site N°11	21	20	17	23
Site N°12	28	27	23	31
Site N°14	23	22	19	26
Site N°15	22	21	18	25
Site N°17	45	43	37	50
Site N°18	30	29	25	34
Site N°19	22	21	18	24
Site N°20	20	20	17	23
Site N°21	23	22	19	26
Site N°22	27	26	22	30
Site N°23	23	22	19	25
Site N°24 - Saint-Maur-des-Fossés	21	21	17	24
Site N°25 - Port de Bonneuil	24	24	20	27
Site N°26 - Bonneuil	22	22	18	25
Paris Centre	36	36	/	/
Vitry-sur-Seine	31	29	/	/
RN2	55	54	/	/

Tableau 10 : Estimation de la concentration moyenne annuelle en dioxyde d'azote sur les sites de mesure temporaires instrumentés lors de la campagne et moyennes annuelles sur les sites de référence de Paris Centre, Vitry-sur-Seine et RN2

Les concentrations moyennes annuelles estimées en NO₂ sur les sites temporaires de fond (hors sites n°5, 7, 8, 12, 18 et 22) sont comprises entre 19 et 24 µg/m³, et oscillent entre 16 et 27 µg/m³ en prenant en compte l'incertitude de reconstitution de ces moyennes annuelles. Les sites n°5, 7, 8, 12, 18 et 22

présentent des moyennes annuelles plus élevées mais toujours en-dessous sans risque de dépassement, comprises entre 26 et 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En revanche, les sites de proximité au trafic (sites 3, 6 et 17, voir Figure 41) présentent des niveaux estimés annuels plus élevés, avec un risque de dépassement certain sur le site 3, peu probable pour le site 6 et vraisemblable pour le site 17.

Le niveau du site 6 est comparable à celui de Paris Centre (36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en situation de fond, alors que les niveaux des sites 3 et 17 sont comparables à ceux de grands axes routiers comme la RN2 (54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et la RN6 (44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Les concentrations moyennes annuelles estimées pour le NO_2 sur les sites de fond restent donc inférieures à la valeur limite annuelle fixée à 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, alors que les sites à proximité de la RD130 présentent un risque peu probable à certain de dépassement de la valeur limite annuelle, ce qui se rencontre habituellement pour des stations trafic.

A l'échelle horaire

Les niveaux horaires les plus élevés et pourtant inférieurs à 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ rencontrés lors de la campagne à l'aide des laboratoires mobiles (sites de Bonneuil-sur-Marne, de Saint-Maur-des-Fossés et du port) sont respectivement de 99, 89 et 102 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces sites ont pour moyenne annuelle estimée 22, 21 et 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ce sont des niveaux comparables mais inférieurs à ceux rencontrés à Vitry-sur-Seine, station la plus proche de la zone d'étude. A cette station, aucun dépassement n'a été détecté lors des trois dernières années.

Au regard des concentrations horaires mesurées lors de la campagne sur les sites temporaires et des niveaux horaires enregistrés sur la station fixe de Vitry-sur-Seine et dans le reste de l'Ile-de-France, le secteur d'étude ne présente pas de risque de dépassement de la valeur limite horaire en situation de fond.

Néanmoins, ce paramètre étant très sensible à la météorologie rencontrée, ce dépassement reste possible à proximité du trafic dès lors que la météorologie est durablement défavorable sur l'ensemble de l'agglomération parisienne (en hiver par exemple où les conditions peu dispersives – inversion de température et vent faible - favorisent la présence de NO_2 , polluant émis directement par le trafic).

SYNTHESE DES RESULTATS

Les niveaux de NO_2 de la zone sont principalement liés au niveau de fond de la région parisienne, aux axes de circulation majeurs de la zone et aux routes desservant le port (quai du Rancy, route du Moulin Bateau et route de l'Île Saint Julien) où les niveaux de NO_2 sont plus élevés. Par contre, les activités industrielles n'ont pas d'impact vis-à-vis du niveau de fond du secteur d'étude et des zones riveraines.

Les moyennes annuelles estimées en situation de fond restent largement inférieures à la valeur limite annuelle, alors que, sur les sites à proximité de la RD130 et de la RD10, le risque de dépassement de la valeur limite annuelle est peu probable à certain en fonction du trafic relevé, ce qui est comparable à des stations trafic du réseau comme celles proches de la RN2 à Pantin et de la RN6 à Melun.

2.2.7 Niveaux de BTEX

Benzène

Valeur limite annuelle : $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

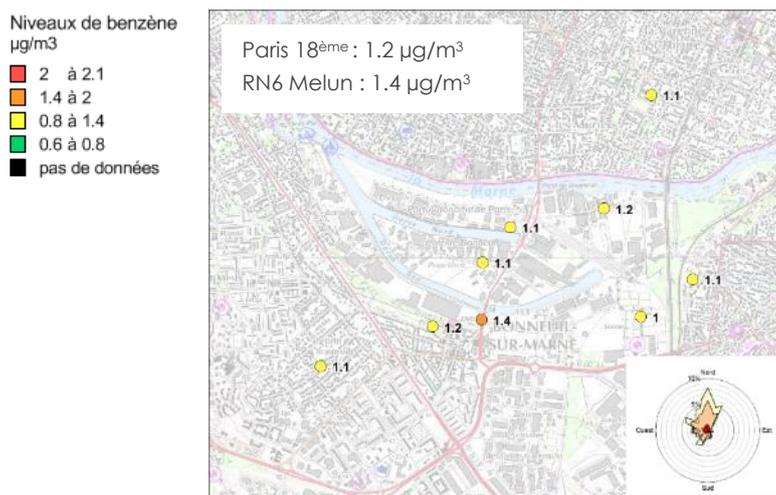
Objectif de qualité : $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Le benzène est un Hydrocarbure Aromatique Monocyclique (HAM). C'est un polluant émis majoritairement par le trafic routier, plus particulièrement les véhicules à motorisation essence dont les deux-roues motorisés. Il est également présent à proximité des zones de stockage et de distribution de carburants, comme les stations-service (cf. Annexe 3 : Fiches polluants).

Les données de BTEX obtenues sont réparties sur neuf séries, une pour chaque semaine de la campagne, comme pour les tubes de NO_2 . Les résultats détaillés par semaine pour le benzène, seul BTEX réglementé, et les autres BTEX sont fournis en Annexe 4 : Résultats complémentaires de la campagne de mesure.

Benzène

La Figure 42 donne les niveaux moyens de benzène rencontrés lors de la campagne de mesure, en moyenne totale, en hiver et en été. Afin de comparer les teneurs de benzène sur le domaine avec les niveaux mesurés au sein de l'agglomération parisienne, les valeurs de benzène à Paris 18^{ème} (PA18) mesurées par tube passif (station de fond) et sur la RN6 (station de proximité au trafic) mesurées par tube actif sont fournies sur la même période (à noter que les phases de mesure d'une semaine sont du lundi au lundi alors que celles de la campagne sont du mardi au mardi). La station permanente de Paris 18^{ème} a été équipée en complément de tubes passifs. Cette méthode de mesure a tendance à surestimer les niveaux mesurés par rapport aux mesures par tubes actifs, aussi les niveaux de benzène mesurés par tubes passifs ont été corrigés vis-à-vis de ceux mesurés par tubes actifs.



a) Ensemble de la campagne (du 16/02 au 22/03 et du 24/05 au 21/06)

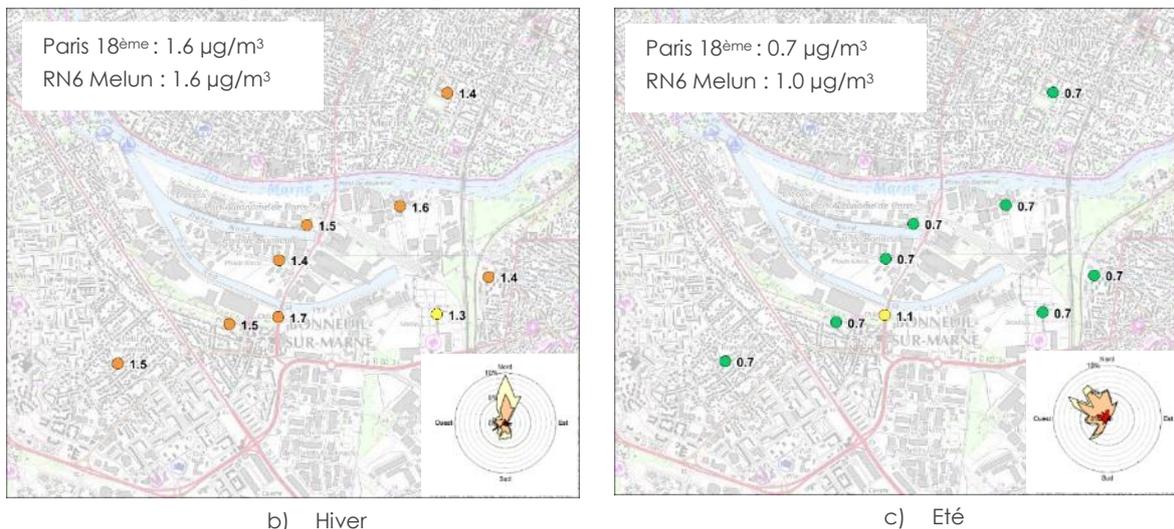


Figure 42 : Niveaux moyens de benzène sur l'ensemble de la campagne [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

Sur l'ensemble de la campagne, les niveaux des sites temporaires de fond dans la zone d'étude s'apparentent à ceux de la station Paris 18^{ème}, tandis que le laboratoire mobile proche du trafic de la RD130 présente des résultats proches de ceux de la station trafic permanente d'Airparif située au bord de la RN6 à Melun. Ainsi, **les niveaux de benzène ne sont, de manière générale, pas particulièrement élevés dans la zone, et sont comparables à ceux mesurés par tubes passifs à Paris 18^{ème}. Les activités du port ne semblent pas générer spécifiquement du benzène.**

Teneurs de benzène par rapport aux normes en vigueur

La méthodologie de l'estimation des concentrations moyennes annuelles à partir des mesures réalisées lors des campagnes de mesure est détaillée en Annexe 2 : Estimation de la concentration moyenne annuelle : méthodologie de calcul et incertitudes associée.

L'année considérée pour l'estimation des moyennes annuelles est comprise entre le 1er septembre 2015 et le 31 août 2016, intervalle incluant la période de mesure.

Les directives européennes et la réglementation française définissent pour le benzène des niveaux réglementaires pour l'échelle de temps annuelle uniquement, donc pour une exposition chronique. L'objectif de qualité du benzène est de 2 µg/m³. La valeur limite annuelle est de 5 µg/m³, largement respectée comme sur l'ensemble de l'Ile-de-France.

La Figure 43 illustre les moyennes annuelles estimées de benzène sur la carte de la zone d'étude.

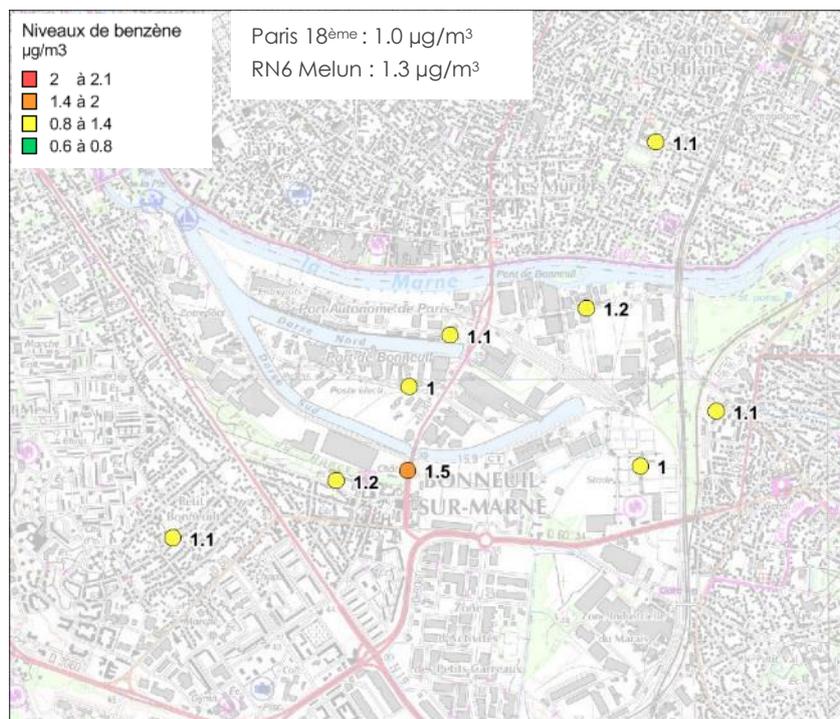


Figure 43 : Moyennes annuelles estimées pour le benzène dans la zone du port de Bonneuil-sur-Marne [fond de carte : IGN]

Le Tableau 11 donne le code couleur associé à l'objectif de qualité, appliqué au Tableau 12. L'incertitude associée à l'estimation de la moyenne annuelle du benzène est de 7%.

Niveau de risque de dépassement	Pas de risque	Peu probable	Vraisemblable	Certain
Code couleur				
		↑ 1,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	↑ 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	↑ 2,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tableau 11 : Code couleur associé au risque de dépassement de l'objectif de qualité (benzène) pour la concentration moyenne annuelle estimée en benzène

Le Tableau 12 illustre pour les neuf sites de mesure temporaires instrumentés (tubes passifs) au sein du domaine d'étude l'estimation des moyennes annuelles établies pour le benzène.

	Moyenne campagne	Moyenne annuelle estimée (du 01/09/15 au 31/08/16)	Intervalle incertitude	
	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Min	Max
Site N°1	1.1	1.1	1.0	1.1
Site N°4	1.0	1.0	0.9	1.1
Site N°6	1.4	1.5	1.4	1.6
Site N°12	1.1	1.0	1.0	1.1
Site N°18	1.2	1.2	1.1	1.3
Site N°20	1.1	1.1	1.0	1.2
Site N°24	1.1	1.1	1.0	1.1
Site N°25	1.1	1.1	1.0	1.2
Site N°26	1.2	1.2	1.1	1.3
Paris 18ème	36	1.0	/	/
RN6	55	1.3	/	/

Tableau 12 : Estimation de la concentration moyenne annuelle en benzène sur les sites de mesure temporaires instrumentés lors de la campagne.

Les concentrations moyennes annuelles estimées en benzène sur les sites temporaires sont comprises entre 1.0 et 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, avec un maximum de 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au site de proximité de la RD130. Ils oscillent entre 0.9 et 1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en situation de fond en prenant en compte l'incertitude de reconstitution de ces moyennes annuelles avec 1.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, au maximum, pour le site instrumenté à proximité de la RD130. Les teneurs de fond, faibles et largement inférieures à l'objectif de qualité, sont comparables à ce qui est mesuré au cœur de Paris (1.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). A proximité du trafic routier, certains axes parisiens observent des niveaux annuels supérieurs à l'objectif de qualité comme cela est le cas des places V. Basch et de l'Opéra (2.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

D'après les concentrations moyennes estimées en benzène sur la zone d'étude, il n'y a pas de risque de dépassement, même pour le site de proximité au trafic.

Autres BTEX

L'ensemble des résultats pour les autres BTEX (toluène, éthylbenzène, M-P-xylène et O-xylène) sont présentés en Annexe 4 : Résultats complémentaires de la campagne de mesure.

De manière générale, les concentrations sur les sites de mesure ne présentent pas de spécificité en-dehors des sites à proximité du trafic routier qui présentent des concentrations un peu plus élevées. Par ailleurs, le site n°18 (au nord-est du port) présente ponctuellement des niveaux plus hauts de toluène, d'éthylbenzène, de M-P-xylène et d'O-xylène par vent de nord. Ces séries ne correspondent pas à des conditions météorologiques spécifiques comparées aux autres séries. La

source de ces BTEX est donc à identifier dans cette zone mais reste peu impactante car très locale : les niveaux ne se retrouvent pas sur les autres sites de fond de la zone.

SYNTHESE DES RESULTATS

Aucun impact des teneurs de benzène n'a été détecté dans la zone du port de Bonneuil-sur-Marne. Les mesures de benzène sur les mois d'hiver et d'été ont permis d'estimer les concentrations annuelles sur les sites temporaires : leur comparaison par rapport aux normes en vigueur montre que **ces estimations restent inférieures à la valeur limite annuelle ainsi qu'à l'objectif de qualité**, en situation de fond comme à proximité du trafic.

2.3 Conclusion

Cette étude a permis de caractériser l'état de la qualité de l'air sur et autour du port de Bonneuil-sur-Marne vis-à-vis des seuils réglementaires et de quantifier l'impact des activités sur les niveaux mesurés. Mis à part les probables dépassements de la valeur limite annuelle en NO₂ à proximité du trafic routier, les campagnes de mesures ont montré que pour **l'ensemble des polluants mesurés, la réglementation est respectée dans la zone. Un impact certain des activités du port sur les niveaux de particules PM₁₀ a été quantifié sur le port et dans les communes limitrophes.** Localement et ponctuellement, quelques impacts sur les niveaux de certains métaux et HAP ont été observés sans qu'un lien direct ne soit établi avec les activités du port. Par ailleurs, aucun impact significatif des activités du port n'a été décelé dans la zone pour les PM_{2.5}, le NO₂ et le benzène.

Un empoussièrément important a été caractérisé sur la zone du port avec quelques impacts ponctuels dans les zones à proximité immédiate du port. En dehors, l'empoussièrément général est comparable à celui mesuré dans Paris.

Sur la base de ces résultats, **Airparif considère qu'il n'est pas nécessaire de mettre en place une surveillance permanente** ni de réaliser des campagnes de mesures annuelles. Une campagne de mesure de l'empoussièrément, des PM₁₀ et du NO₂ pourrait être intéressante à un horizon de 5 ans pour évaluer l'évolution de l'impact des activités du port sur les niveaux de particules ainsi que l'impact du prolongement de la RN406.

3. INVENTAIRE DES EMISSIONS

La gestion de la qualité de l'air à l'échelle des territoires (concentrations respirées) et la compréhension fine des niveaux de pollution s'appuient en premier lieu sur la maîtrise des émissions des polluants (rejets à la cheminée, au pot d'échappement ou rejets diffus dans l'atmosphère) et/ou de leurs précurseurs pour les polluants secondaires. Dans cette optique, il est nécessaire de connaître, pour chaque polluant, le niveau d'émission par secteur d'activités, afin d'identifier des leviers d'action sur chaque territoire, et de suivre l'efficacité au fil du temps des mesures mises en place.

Airparif produit à intervalles réguliers un inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre sur l'ensemble de l'Ile-de-France à l'échelle communale. Dans le cadre de la présente étude sur le port de Bonneuil, Airparif a complété cet inventaire par une étude locale plus précise pour établir un diagnostic des émissions sur la zone d'étude et en dégager les spécificités. La zone d'étude intègre les communes de Bonneuil-sur-Marne, Saint-Maur-des-Fossés et Sucy-en-Brie. Pour les autres communes avoisinantes, il est possible de consulter l'inventaire communal des émissions mis à disposition sur le site internet d'Airparif.

3.1 Inventaire des émissions : généralités

Réaliser l'inventaire des émissions polluantes consiste à recenser, sur une période et une zone bien définie, l'ensemble des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre ; cela suppose l'identification et la quantification de toutes les sources émettrices pour chaque espèce chimique inventoriée. Le résultat de ce recensement s'appelle l'inventaire des émissions.

On distingue les espèces chimiques primaires, directement émises dans l'atmosphère (recensées dans l'inventaire), des espèces secondaires, résultant de réactions chimiques ou de processus physico-chimiques.

Le dernier inventaire des émissions en Ile-de-France réalisé par AIRPARIF porte sur l'année 2012 et est disponible sur le site internet d'Airparif à différentes échelles géographiques :

- ✓ Inventaire régional :
http://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/inventaire-emissions-idf-2012-150121.pdf
- ✓ Inventaire départemental (exemple du Val de Marne) :
http://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/Rapport_emissionsdepolluantsatmospherique_setges_val-de-marne.pdf
- ✓ Inventaire communal (exemple de Bonneuil-sur-Marne) :
<http://www.airparif.asso.fr/etat-air/air-et-climat-commune/ninsee/94011>

Les polluants atmosphériques

Sont considérés ici les polluants dont la concentration dans l'air ambiant a été mesurée lors de la campagne, ou leurs précurseurs (composés participant à une réaction qui produit un ou plusieurs autres composés).

- ✓ Les particules sont constituées d'un mélange de différents composés chimiques et de différentes tailles. Une distinction est faite entre les particules PM_{10} , de diamètre inférieur à 10 μm , et les $PM_{2.5}$, de diamètre inférieur à 2.5 μm . Les émissions de particules PM_{10} sont majoritairement formées de particules $PM_{2.5}$. La répartition des émissions de particules suivant leur taille varie selon les secteurs d'activités :
 - Le trafic routier et le secteur résidentiel et tertiaire génèrent davantage de particules fines et très fines ($PM_{2.5}$ et PM_{10}), liées respectivement à la combustion dans les moteurs et dans les installations de chauffage ;
 - Les secteurs des chantiers et carrières génèrent plus de grosses particules (PM_{10}), de par la nature de leurs activités (construction, déconstruction, mouvements d'engins...) ;
 - Le secteur de l'industrie manufacturière mêle souvent combustion et procédés divers, il produit essentiellement des PM_{10} et $PM_{2.5}$.
- ✓ Les métaux : compte-tenu des incertitudes associées à l'inventaire des émissions de métaux, il n'est pas possible de descendre à la maille communale ;
- ✓ Les HAP : somme des 8 principaux hydrocarbures aromatiques polycycliques : benzo(a)pyrène (BaP) ; benzo(b)fluoranthène (BbF) ; benzo(k)fluoranthène (BkF) ; indéno(1,2,3-cd)pyrène (IndPy) ; benzo(g,h,i)pérylène (BghiPe) ; benzo(a)anthracène (BaA) ; benzo(a,h) ; anthracène (BahA) et le fluoranthène (FluorA) ;
- ✓ Les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) : famille de plusieurs centaines d'espèces recensées pour leur impact sur la santé et comme précurseurs de particules secondaires et d'ozone ;
- ✓ Les oxydes d'azote (NOx) : ils sont la somme des émissions de monoxyde d'azote (NO) et de dioxyde d'azote (NO₂) exprimés en équivalent NO₂. Le NO₂ est l'espèce qui présente un risque pour la santé humaine et dont les concentrations dans l'air sont réglementées. Le NO₂ est un précurseur de l'ozone et les NOx participent à la chimie des particules.

Les particules présentes dans l'air ambiant sont des particules primaires et secondaires, produites par réactions chimiques ou agglomération de particules plus fines. Elles proviennent aussi du transport sur de longues distances, ou encore de la remise en suspension des poussières déposées au sol. Ainsi, la contribution des secteurs d'activités aux émissions primaires ne reflète pas celle qui sera présente dans l'air ambiant (30 à 40 % des particules peuvent être secondaires).

Les sources

Près d'une centaine d'activités sont prises en compte pour la réalisation de l'inventaire des émissions en Ile-de-France. Celles-ci sont regroupées selon dix grands secteurs plus facilement appréhendables et présentés ci-dessous :

Production d'énergie : les installations concernées sont les centrales thermiques de production d'électricité, les installations d'extraction du pétrole, les raffineries et les stations-service.

Industrie manufacturière : les émissions rassemblent celles liées aux procédés de production ainsi que celles liées au chauffage des locaux des entreprises. Les procédés industriels pris en compte sont principalement ceux mis en œuvre dans les aciéries, l'industrie des métaux et l'industrie chimique. Les émissions liées à l'utilisation d'engins spéciaux et aux utilisations industrielles de solvants (application de peinture, dégraissage, nettoyage à sec, imprimeries, application de colles...) sont également inventoriées.

Chantiers et carrières : les émissions de particules concernées sont dues aux activités de construction de bâtiments et travaux publics ainsi que celles des carrières. Le secteur chantier intègre également l'utilisation d'engins et l'application de peinture.

Traitement des déchets : les installations d'incinération de déchets ménagers et industriels ainsi que les centres de stockage de déchets ménagers et de déchets ultimes et stabilisés de classe 2 sont pris en compte dans ce secteur d'activité.

Secteur résidentiel et tertiaire : les émissions de ce secteur comprennent les émissions liées au chauffage des habitations et des locaux du secteur tertiaire, ainsi que celles liées à la production d'eau chaude de ces secteurs et aux installations de chauffage urbain. Les émissions liées à l'utilisation domestique de solvants sont également considérées : application de peintures, utilisation de produits cosmétiques, de nettoyeurs, ...

Trafic routier : ce secteur comprend les émissions liées au trafic routier issues de la combustion de carburant (émissions à l'échappement) ainsi que les autres émissions liées à l'évaporation de carburant (émissions de COVNM dans les réservoirs mais aussi dans le circuit de distribution du carburant), d'une part, et à l'usure des équipements (émissions de particules des freins, pneus et routes), d'autre part. Les « émissions » de particules liées à la remise en suspension des particules au sol lors du passage des véhicules ne sont pas prises en compte (particules secondaires).

Trafic ferroviaire et fluvial : Ce secteur comprend les émissions du trafic ferroviaire (hors remise en suspension des poussières) et du trafic fluvial.

Plates-formes aéroportuaires : les émissions prises en compte sont celles des avions et des activités au sol (hors trafic routier induit en zone publique des plates-formes). Les émissions des avions (combustion des moteurs) sont calculées suivant le cycle LTO (Landing Take Off) défini par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) avec des durées adaptées aux plates-formes franciliennes. Les émissions de particules liées à l'abrasion des freins, des pneus et de la piste sont également intégrées. Les activités au sol prises en compte sont : les centrales thermiques des plateformes aéroportuaires, les APU (Auxiliary Power Unit) servant à alimenter l'avion en électricité et pour la climatisation ainsi que les GPU (Ground Power Unit) qui sont des unités mobiles sur la plateforme qui peuvent alimenter les avions en électricité à la place des APU.

Secteur agricole : ce secteur comprend les émissions des terres cultivées liées à l'application d'engrais (NH_3) et aux activités de labours et de moissons (particules), des engins agricoles ainsi que celles provenant des activités d'élevage et des installations de chauffage de certains bâtiments (serres...).

Emissions naturelles : les émissions de COVNM de ce secteur sont celles des végétaux et des sols des zones naturelles (hors zones cultivées).

3.2 Méthodologie

Dans le cadre de cette étude, l'inventaire des émissions dans la zone a été enrichi avec l'intégration de données locales et la prise en compte d'activités spécifiques liées au port de Bonneuil-sur-Marne et non traitées à l'échelle régionale.

La méthodologie utilisée pour construire l'inventaire francilien est celle développée et formalisée dans le cadre des travaux du Pôle de Coordination des Inventaires Territoriaux (PCIT) sous l'égide du ministère en charge de l'environnement.

De façon générique, les émissions polluantes d'un secteur donné sont estimées à partir de données d'activités (consommation d'énergie des logements, trafic routier, production industrielle, etc.), multipliées par un facteur d'émissions propre à chaque polluant et à l'activité considérée. Il s'agit d'identifier toutes les sources possibles de polluants atmosphériques et d'associer à chacune un indicateur d'activité. Dans la plupart des cas, les facteurs d'émissions sont fournis par le guide OMINEA⁴ du CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique).

Deux méthodes principales peuvent être utilisées pour la réalisation d'un inventaire à différentes échelles spatiales :

- ✓ **méthode descendante ou « top-down »** : des données globales (nationales, régionales, départementales) sont utilisées et réparties sur les communes ou mailles d'un cadastre à l'aide de clés de répartition spatiales (population, zones bâties, zones cultivées, forêts, etc.)
- ✓ **méthode ascendante ou « bottom-up »** : des données à haute résolution (logement, industrie, axe routier, etc.) sont utilisées et ré-agrégées pour aboutir à une résolution moins fine (commune, département, etc.).

Dans la suite de cette partie, seules les méthodologies utilisées pour un travail spécifique pour compléter l'inventaire des émissions dans la zone sont explicitées.

3.2.1 Emissions industrielles

La méthode initiale de calcul des émissions du secteur industriel intègre, après consolidation, les données d'émissions déclarées par l'ensemble des industriels en Ile-de-France. Ce travail est complété par les émissions liées aux consommations énergétiques par combustible et aux procédés de production, calculées à partir des données régionales de consommation et de production. La spatialisation communale est réalisée grâce aux emplois industriels par branche et par commune.

Ce travail a été enrichi dans le cadre de cette étude avec l'ensemble des données d'entrée qui ont pu être recueillies auprès de l'Agence Seine Amont de Ports de Paris et des entreprises du Port de Bonneuil-sur-Marne. Des compléments d'informations ont été obtenus à partir de la consultation des arrêtés préfectoraux des installations industrielles identifiées dans la zone et suite à des échanges avec la DRIEE du Val-de-Marne.

⁴ Organisation et Méthodes des Inventaires Nationaux des Emissions Atmosphériques en France

Afin de calculer les émissions des engins de manutention utilisés par les entreprises du port de Bonneuil-sur-Marne, les données relatives aux types d'engins et les consommations annuelles de gaz de pétrole liquéfié (GPL) et de gazole non routier (GNR) ont été obtenues auprès des industriels.

Enfin, une estimation des émissions diffuses de particules liées à la mise en suspension a été réalisée à partir des données annuelles de produits pulvérulents stockés par les entreprises du port de Bonneuil-sur-Marne.

3.2.2 Emissions liées aux activités fluviales

Les quantités de marchandises transportées par voie fluviale pour chaque entreprise du port et selon la darse ont été transmises par l'Agence Seine Amont de Ports de Paris. A cette activité, quantifiée en tonnes de marchandises, est associée les longueurs de brins fluviaux dans la zone afin d'estimer un tonnage marchandise kilométrique qui est ensuite converti en consommation de combustible. Enfin, les émissions de polluants atmosphériques associées sont calculées.

Les activités à quai sont également prises en compte à partir du nombre de bateaux transitant par le port, le combustible utilisé (le plus souvent gazole ou fioul lourd) et la durée annuelle (en nombre d'heures) d'activité à quai.

3.2.3 Emissions liées au transport ferroviaire

La consommation de gazole non routier pour le transport ferroviaire est estimée à partir du trafic annuel et de la longueur des voies dans la zone au regard du trafic et des longueurs de voies non électrifiées à l'échelle régionale et des consommations énergétiques régionales. Les émissions liées à la consommation de GNR sont complétées par les émissions de particules liées à l'usure des rails, des roues et des freins.

3.2.4 Emissions liées au trafic routier

Les émissions de l'inventaire régional sont évaluées en combinant les sorties d'un modèle de trafic et des facteurs d'émissions. Il s'agit d'une approche ascendante ou « bottom-up » : le trafic et les émissions associées sont évalués à l'échelle horaire pour chaque portion de route modélisée.

La Figure 44 présente de manière synthétique le schéma d'évaluation des émissions routières, qui sont de trois types : celles liées à la combustion, celles liées à l'évaporation des carburants (émettrices de COVNM uniquement) et celles liées à l'abrasion des routes, des pneus et des freins (émettrices de particules uniquement).

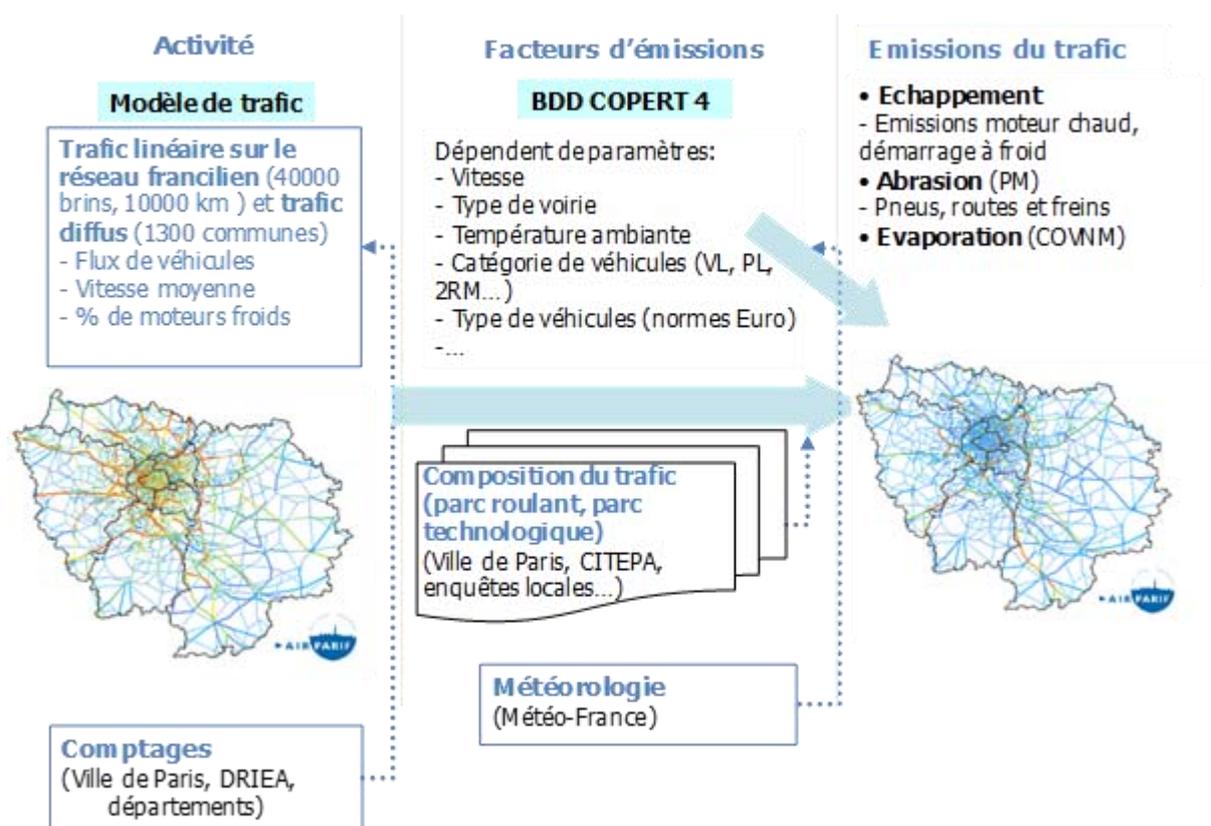


Figure 44 : Schéma de principe de l'évaluation des émissions routières dans le système de modélisation du trafic routier et des émissions associées en Ile-de-France

Le modèle de trafic fournit heure par heure pour chaque jour de l'année sur les 40 000 brins du réseau routier francilien modélisé le flux de véhicules roulant, la vitesse moyenne des véhicules roulant et le pourcentage de véhicules circulant avec un moteur froid (à l'origine de surémissions à l'échappement).

En complément du trafic sur le réseau modélisé avec le schéma décrit ci-dessus, Airparif prend en compte le trafic diffus. Le trafic diffus est le trafic routier situé hors du réseau modélisé. Il s'agit principalement des premiers et derniers kilomètres d'un déplacement motorisé.

Les facteurs d'émissions provenant des guides COPERT 4 sont des équations fournies pour les véhicules selon leur appartenance à l'une des grandes catégories suivantes : véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers, poids lourds, bus ou cars, deux-roues ; ces catégories sont identifiées dans la suite par les sigles suivants : VP, VU, PL, TC et 2R. De plus, au sein d'une même grande catégorie, les facteurs d'émissions COPERT diffèrent en fonction de la norme technologique du véhicule considéré (qui dépend de son âge), de la motorisation et de la puissance des véhicules.

Dans le cadre de cette étude, un zoom a été réalisé sur la zone et les sorties du modèle de trafic ont été évaluées et corrigées au regard des comptages recueillis auprès du conseil départemental du Val-de-Marne. La Figure 45 présente les 6 points de comptages routiers (entourés en rouge) utilisés pour corriger les sorties du modèle sur 61 brins routiers

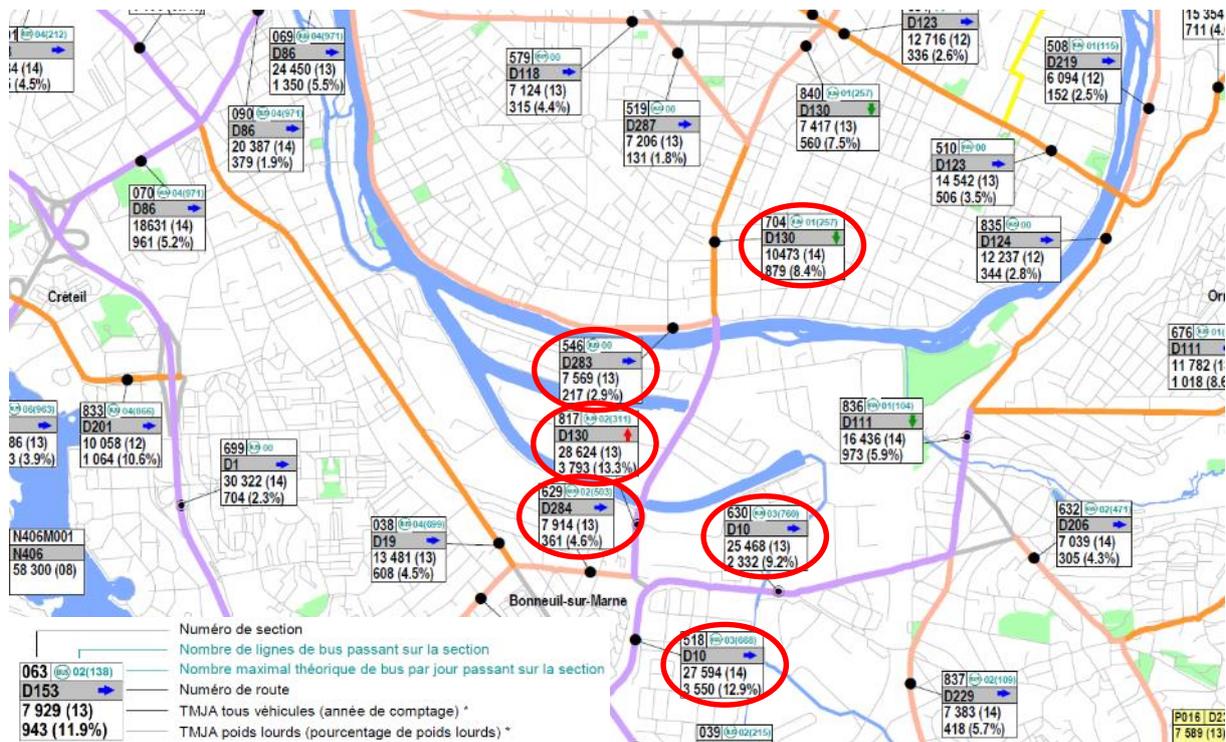


Figure 45 : Carte des trafics moyens journaliers annuels (TMJA) dans la zone du port de Bonneuil-sur-Marne [source : Conseil départemental du Val de Marne]

Les corrections ont porté, d'une part, sur le trafic moyen journalier annuel (TMJA) sur l'ensemble des véhicules et, d'autre part, sur le taux de poids lourds qui s'est révélé plus important que celui modélisé.

3.2.5 Emissions liées au chauffage au bois

De manière synthétique, le calcul des émissions du secteur résidentiel fait intervenir la base de données de logement de l'INSEE issue du recensement de la population et les consommations énergétiques régionales par source d'énergie.

La spatialisation à la commune des consommations d'énergie, et donc des émissions, est réalisée à partir d'une description fine du parc logement en terme de type (maison/appartement), catégorie (principale/secondaire), surface, taille des ménages, période de construction, type de chauffage (individuel/collectif) et source d'énergie principale du logement. Cependant les bases de données de l'INSEE n'apportent pas d'enseignement sur le chauffage d'appoint et d'agrément au bois alors que cette activité est fortement émettrice de particules. Dans l'inventaire régional de référence, ces usages sont pris en compte à partir de l'enquête logement national de l'INSEE et de la composition du parc d'équipement (cheminée, poêle à bois et inserts plus ou moins performants) estimée à l'échelle nationale par le CITEPA.

En 2014, l'ADEME a fait réaliser l'enquête « Le chauffage domestique au bois en région Ile-de-France » de plus de 1400 ménages représentatifs de la région Ile-de-France. Cette enquête offre de nombreux enseignements pour caractériser l'usage et quantifier les consommations annuelles de bois en fonction :

- ✓ de la zone géographique : Paris, le reste de la zone sensible, le reste de l'Ile-de-France ;
- ✓ du type de logement : maison ou appartement ;
- ✓ l'usage du bois de chauffage : chauffage principal, chauffage d'appoint, chauffage d'agrément ;

- ✓ l'équipement : foyer ouvert, foyer fermé d'avant 2002, foyer fermé entre 2002 et 2007, foyer fermé d'après 2007. La notion de foyer fermé est ici prise au sens large et inclut les inserts, les poêles, les cuisinières et les chaudières.

Ces profils d'utilisateurs de bois de chauffage ont été utilisés pour qualifier plus finement la consommation de bois et donc les émissions résidentielles dans la zone d'étude

3.3 Bilan des émissions dans la zone du port de Bonneuil-sur-Marne

Dans cette partie, les répartitions sectorielles des émissions de particules (PM₁₀ et PM_{2.5}), d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), de composés organiques volatils (COVNM) ainsi que d'oxydes d'azote (NOx) sont présentées d'une part à l'échelle de la zone d'étude (Bonneuil-sur-Marne, Saint-Maur-des-Fossés et Sucy-en-Brie) en tenant compte des améliorations apportées et d'autre part à l'échelle régionale à titre de comparaison.

Les améliorations apportées à l'inventaire des émissions dans la zone du port de Bonneuil-sur-Marne (données d'entrée affinées et prise en compte d'activités spécifiques) n'ont pas été appliquées a posteriori dans l'inventaire régional et il convient par conséquent d'être vigilant lors des comparaisons entre ces deux échelles.

3.3.1 Emissions de particules (PM₁₀ et PM_{2.5})

Les émissions primaires de particules PM₁₀ en Ile-de-France pour l'année 2012 représentent 16 kilotonnes, et 130 tonnes dans la zone d'étude des trois communes autour du port de Bonneuil-sur-Marne (soit 0.8% des émissions régionales). Les grands types de sources responsables de ces émissions sont présentés en Figure 46.

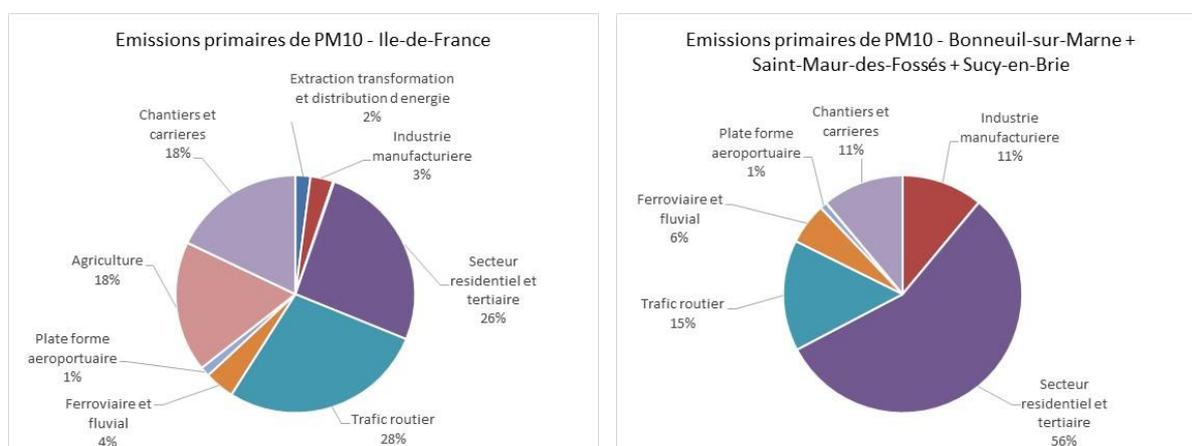


Figure 46 : Contribution par secteur aux émissions primaires de PM₁₀ en Ile-de-France et dans la zone d'étude pour l'année 2012

A l'échelle de l'Ile-de-France, les quatre secteurs les plus émetteurs de PM₁₀ primaires sont :

- ✓ le trafic routier (28%) : les émissions de PM₁₀ de ce secteur proviennent pour 57% d'entre elles de l'échappement des véhicules diesels et pour 41% de l'abrasion des routes, pneus et freins de l'ensemble des véhicules ;
- ✓ le secteur résidentiel et tertiaire (26%) : la combustion résidentielle de bois en chauffage principal, d'appoint ou d'agrément est responsable de près de 80% de ces émissions ;
- ✓ l'agriculture (18%) : les émissions agricoles de particules proviennent essentiellement des cultures (labours, moissons, ...) et de l'utilisation d'engins agricoles ;
- ✓ les chantiers et carrières (18%) : la plupart de ces émissions sont issues des activités de construction de bâtiments et des travaux publics avec 90% des émissions de PM₁₀ de ce secteur contre 10% pour les carrières.

Autour du port de Bonneuil-sur-Marne, le secteur résidentiel et tertiaire est le premier contributeur aux émissions primaires de PM₁₀ avec 56% des émissions de la zone d'étude. Le chauffage au bois serait responsable de près de 50% des émissions de la zone soit près de 90% des émissions de ce du secteur résidentiel et tertiaire alors que ce combustible assure moins de 5% des besoins de chauffage à l'échelle de l'Ile-de-France.

Il est nécessaire de préciser que dans le cadre de cette étude, les résultats de l'enquête de l'ADEME sur « Le chauffage domestique au bois en région Ile-de-France », qui a permis d'améliorer la prise en compte de cette activité en termes de consommation énergétique, d'usage et d'équipement, ont été intégrés. De manière générale, la prise en compte de ces données augmente sensiblement les émissions liées à cette pratique, et elles ne sont pas intégrées dans l'analyse régionale présentée ci-dessus. A titre d'information, l'intégration des résultats de l'enquête sur le chauffage au bois à l'inventaire régional ferait passer la contribution du secteur résidentiel et tertiaire aux émissions régionales de PM₁₀ à 34% (contre 28% initialement).

Le trafic routier est responsable de 15% des émissions primaires de PM₁₀ autour du port de Bonneuil-sur-Marne. L'échappement des véhicules diesel (véhicules particuliers, véhicules utilitaires, poids-lourds, bus et les phénomènes d'abrasion de la route, des pneus et des freins sont à l'origine de ces émissions.

La contribution aux émissions primaires de PM₁₀ du secteur de l'industrie est plus importante qu'à l'échelle régionale avec 11% contre 3%. Cela s'explique par la densité d'activités industrielles potentiellement émettrices de particules : stockage et manutention de matériaux pulvérulents à l'origine d'envol de particules, recyclage de déchets, etc. La contribution de l'industrie dans les émissions primaires de PM₁₀ monte à 38% si l'on ne considère que la ville de Bonneuil-sur-Marne.

La contribution aux émissions primaires de PM₁₀ du secteur de transport ferroviaire et fluvial est plus importante qu'à l'échelle régionale avec 6% contre 4%. Cette estimation intègre les données locales de trafic fluvial et ferroviaire dans l'enceinte du port de Bonneuil-sur-Marne.

Il est important de noter que l'absence de contribution du secteur agricole aux émissions locales de PM₁₀ fait mécaniquement remonter les contributions des autres secteurs d'activités par rapport à l'échelle régionale.

Les émissions primaires de particules PM_{2.5} en Ile-de-France pour l'année 2012 représentent 10 kilotonnes, et 100 tonnes dans la zone d'étude autour du port de Bonneuil-sur-Marne. Les grands types de sources responsables de ces émissions sont présentés en Figure 47.

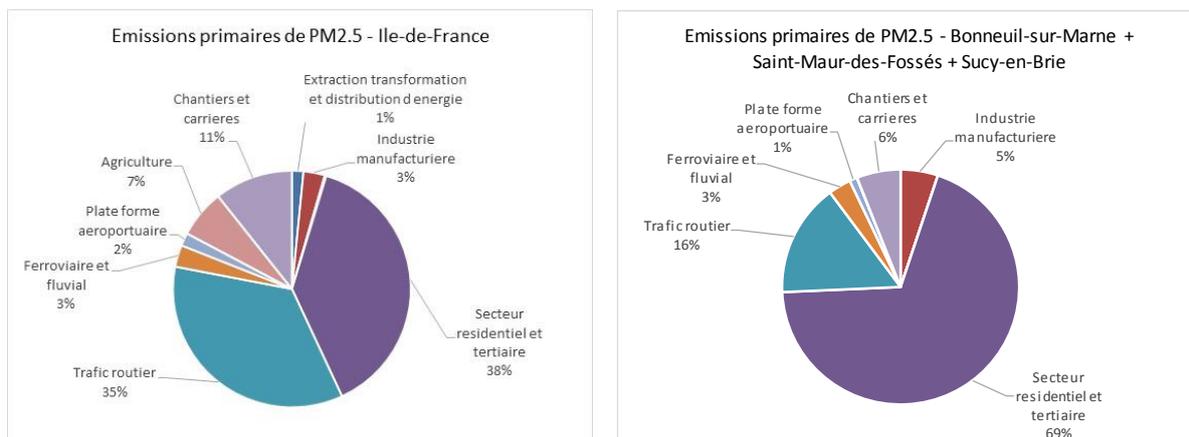


Figure 47 : Contribution par secteur aux émissions primaires de PM_{2.5} en Ile-de-France et dans la zone d'étude pour l'année 2012

La répartition sectorielle des émissions de PM_{2.5} est très proche de celle observée pour les PM₁₀. On notera une plus forte contribution du secteur résidentiel et tertiaire aux émissions de PM_{2.5} que pour les PM₁₀ et, à l'inverse, une plus faible contribution de l'industrie et des chantiers. Cette tendance s'explique par la nature des phénomènes prépondérants dans la formation des particules. Il s'agit de la combustion pour les particules les plus fines, à l'image de la combustion pour le chauffage résidentiel et tertiaire ou de la combustion du carburant pour le trafic routier. Les activités émettrices du secteur industriel, telles que le stockage de matériaux pulvérulents ou le recyclage de déchets, et des chantiers favorisent de leur côté plutôt la formation de particules de tailles plus importantes (fraction au-delà de 2,5 µm).

3.3.2 Emissions de HAP

Les émissions d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) en Ile-de-France pour l'année 2012 représentent 3.8 tonnes, et 50 kilogrammes dans la zone d'étude autour du port de Bonneuil-sur-Marne (soit 1.2% des émissions régionales). Les grands types de sources responsables de ces émissions sont présentés en Figure 48.

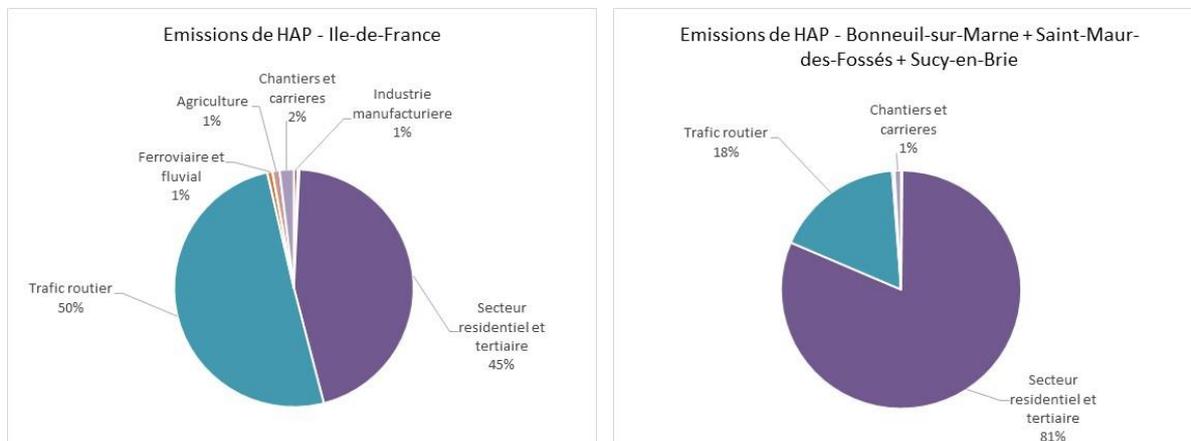


Figure 48 : Contribution par secteur aux émissions de HAP en Ile-de-France et dans la zone d'étude pour l'année 2012

La répartition sectorielle des émissions de HAP en Ile-de-France montre une contribution quasi exclusive du secteur résidentiel et tertiaire (45%) et du transport routier (50%). En ce qui concerne le secteur résidentiel et tertiaire, la combustion du bois est à l'origine de ces émissions tandis que la combustion du diesel est responsable des émissions de HAP du trafic routier.

La contribution du secteur résidentiel dans la zone d'étude aux émissions locales de HAP est de 81%. Cette contribution plus élevée qu'à l'échelle régionale s'explique d'une part par le caractère résidentiel de la zone d'étude et d'autre part par l'intégration des résultats de l'enquête de l'ADEME sur « Le chauffage domestique au bois en région Ile-de-France » qui a augmenté sensiblement les émissions liées à cette pratique.

3.3.3 Emissions de COVNM

Les émissions d'oxydes de composés organiques volatils (COVNM) en Ile-de-France pour l'année 2012 représentent 74 kilotonnes, et 680 tonnes dans la zone d'étude autour du port de Bonneuil-sur-Marne (soit 0.9% des émissions régionales). Les grands types de sources responsables de ces émissions sont présentés en Figure 49.

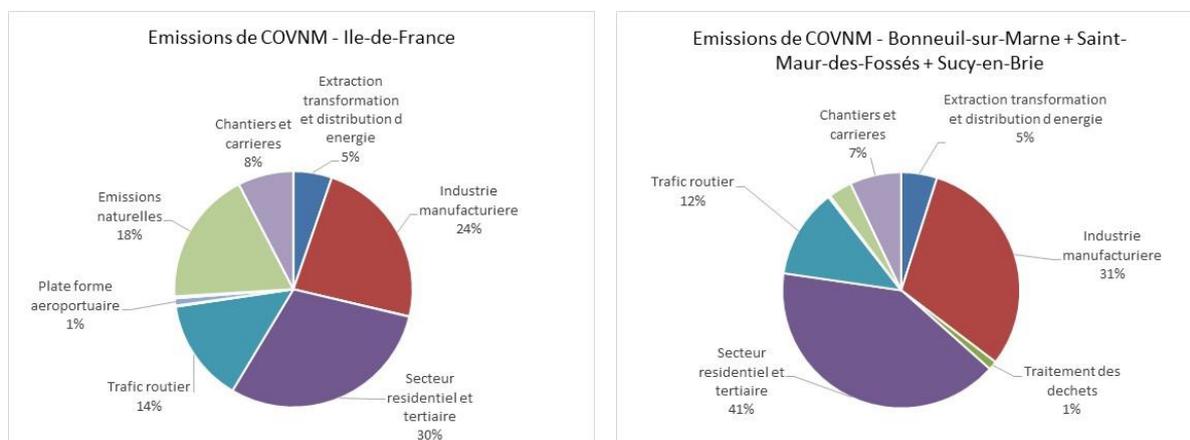


Figure 49 : Contribution par secteur aux émissions de COVNM en Ile-de-France pour l'année 2012

A l'échelle de l'Ile-de-France, les contributions sectorielles aux émissions de COVNM sont assez partagées et sont semblables à celles observées dans la zone du port de Bonneuil-sur-Marne. La différence la plus notable entre ces deux échelles est la contribution des émissions naturelles qui est de 18% en Ile-de-France contre 3% dans la zone d'étude, compte-tenu de son caractère urbain. Ces sont celles des végétaux et des zones naturelles (hors zones cultivées).

Le premier contributeur local aux émissions de COVNM dans la zone d'étude est le secteur résidentiel et tertiaire (41%). Ces émissions sont dues pour 47% d'entre elles à l'utilisation domestique de produits solvantés (peintures, solvants, produits pharmaceutiques) et pour 46% à la combustion résidentielle de bois pour le chauffage et l'agrément.

L'industrie est le deuxième secteur émetteur de COVNM dans la zone avec une contribution à hauteur de 31%. Les activités à l'origine de ces émissions sont multiples : utilisation de peintures et autres produits solvantés, fabrication et mise en œuvre de produits chimiques, production de pain ou encore nettoyage à sec.

Le trafic routier est responsable de 12% des émissions de COVNM autour du port de Bonneuil-sur-Marne. L'échappement des véhicules essences (véhicules particuliers et deux-roues motorisés) et les phénomènes d'évaporation de l'essence sont à l'origine de ces émissions.

Le secteur des chantiers contribue à hauteur de 7% aux émissions franciliennes de COVNM. Les sources de COVNM de ce secteur sont l'utilisation de peinture et de solvants ainsi que le recouvrement des routes par l'asphalte.

3.3.4 Emissions de NOx

Les émissions d'oxydes d'azote totaux (NOx) en Ile-de-France pour l'année 2012 représentent 95 kilotonnes, et 690 tonnes dans la zone d'étude autour du port de Bonneuil-sur-Marne (soit 0.7% des émissions régionales). Les grands types de sources responsables de ces émissions sont présentés en Figure 50.

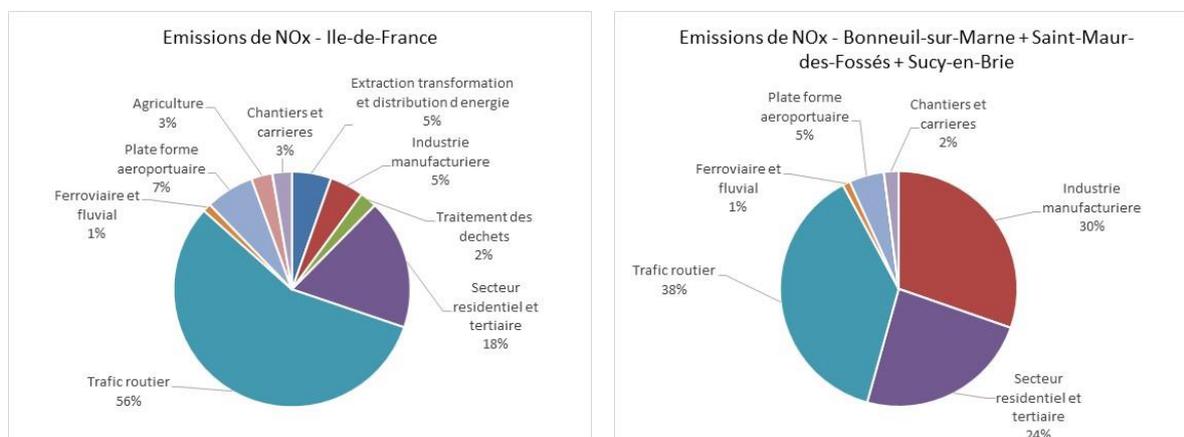


Figure 50 : Contribution par secteur aux émissions de NOx (en équivalent NO₂) en Ile-de-France pour l'année 2012

A l'échelle de l'Ile-de-France, le trafic routier est le principal contributeur aux émissions d'oxydes d'azote avec 56% des émissions franciliennes suivi par le secteur résidentiel et tertiaire qui y contribue pour 18%. A l'échelle de l'Ile-de-France, les émissions de NOx ont baissé de 44% entre 2000 et 2012 en raison principalement de l'amélioration technologique des véhicules automobiles.

A l'échelle de la zone d'étude, le trafic routier est également le principal contributeur aux émissions de NOx (38%) mais dans une moindre mesure qu'à l'échelle francilienne en raison des contributions plus importantes des secteurs résidentiel et tertiaire (24%) et industrie (30%).

La Figure 51 présente la répartition des émissions de NOx du trafic routier autour du port de Bonneuil-sur-Marne selon les grandes catégories de véhicules. L'ensemble des véhicules diesel représentent plus de 90% des émissions avec des contributions importantes des camions (26%) et des transports en communs (19%). Ces fortes contributions s'expliquent par le caractère urbain des routes de la zone, entraînant un taux important de transports en commun et la part importante des camions liés notamment à l'activité du port dans le trafic local.

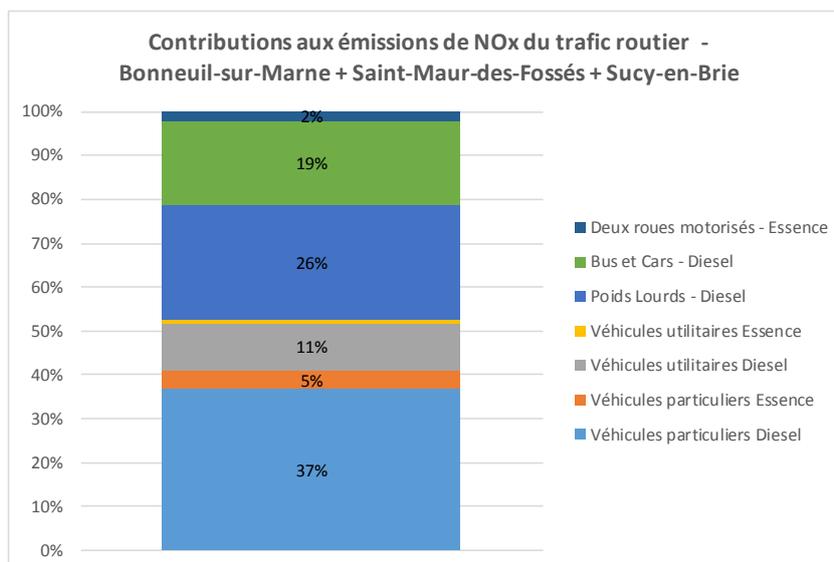


Figure 51 : Contribution aux émissions de NOx (en équivalent NO₂) du trafic routier autour de port de Bonneuil-sur-Marne

L'industrie est le deuxième contributeur local aux émissions de NOx (30%). Un site de production de verre situé à Sucy-en-Brie est à l'origine de 80% de ces émissions.

La consommation d'énergie pour le chauffage, la production d'eau chaude et la cuisson du secteur résidentiel et tertiaire contribue à hauteur de 24% des émissions de NOx dans la zone. La combustion de gaz naturel est responsable de 70% de ces émissions.

La contribution de 5% des plates-formes aéroportuaires est due aux émissions des avions dans les phases d'approche et de décollage depuis l'aéroport d'Orly dans les 1000 premiers mètres de l'atmosphère.

Les secteurs « Chantiers et carrières » et « Ferroviaire et fluvial » complètent le tableau avec respectivement 2% et 1% des émissions locales de NOx.

3.4 Synthèse

L'inventaire des émissions sur la zone du port de Bonneuil-sur-Marne montre que la densité urbaine composée majoritairement de logements individuels (61% contre 31% à l'échelle de l'Ile-de-France) explique que **le secteur résidentiel et tertiaire contribue pour une plus grande part qu'en Ile-de-France aux émissions de particules PM_{2.5} (69% contre 38%) et PM₁₀ (56% contre 26%), de NO_x (24% contre 18%), de COVNM (41% contre 30%) et de HAP (81% contre 45%)**. Les sources de ces émissions sont la combustion liée au chauffage (au bois surtout), la cuisson, la production d'eau chaude, et l'utilisation de produits solvantés.

L'industrie représente aussi une plus grande part qu'à l'échelle régionale des émissions de particules PM₁₀ surtout (11% contre 3%), de COVNM (31% contre 24%), et de NO_x (30% contre 5%), liées aux activités industrielles et portuaires potentiellement émettrices de particules, à l'utilisation de produits solvantés, de produits chimiques, à la production de verre à Sucy-en-Brie.

Les émissions de NO_x sont toujours dues principalement au trafic routier (véhicules diesels à 90%, camions et transports en commun notamment), mais pour une part plus faible qu'en Ile-de-France (38% contre 56%). Enfin, une part plus importante qu'en Ile-de-France des émissions de PM₁₀, bien que limitée, provient du secteur de transport ferroviaire et fluvial, en lien avec les activités du port.

4. RECENSEMENT DES ODEURS AUTOUR DU PORT DE BONNEUIL SUR MARNE

Une plateforme de signalement de nuisances olfactives adaptée à un smartphone a été mise en place sur le secteur du port de Bonneuil-sur-Marne. **Elle a pour but de permettre d'objectiver la fréquence et l'intensité perçue des nuisances, de géo-référencer les signalements d'odeur, de les qualifier puis de les croiser avec des données météorologiques et d'apporter une première analyse en lien avec les activités des industriels.** Cette démarche s'effectue en partenariat avec Ports de Paris et trois industriels de la zone, Eiffage, SPME et ECOPUR, identifiés comme étant les plus susceptibles s'être à l'origine des odeurs. Elle ne constitue pas une étude d'odeurs.

Cette plateforme est mise à disposition depuis le 2 mai 2016 à l'adresse suivante :

<http://portdebonneuil.airparif.fr>

Toute personne ayant téléchargé l'application et ressentant une odeur dans la zone d'étude a la possibilité d'accéder à cette plateforme et de déclarer cette odeur, au moment où elle la ressent. L'utilisateur, ou « Nez Public », indique tout d'abord son emplacement géographique sur une carte (qui permettra de réaliser des analyses cartographiques des signalements). Il signale ensuite sa perception de l'odeur (par bouffées, en continu), son intensité (faible à très forte), son ressenti (agréable à très gênant). Un choix de 14 évocations est proposé à l'utilisateur :

- ✓ Brûlé
- ✓ Déchets ménagers
- ✓ Déchets verts
- ✓ Epanchages
- ✓ Gaz de ville (habitation)
- ✓ Gaz d'échappement (trafic routier)
- ✓ Ammoniac
- ✓ Egout/Excréments
- ✓ Œuf pourri/Soufre
- ✓ Essence/Hydrocarbures
- ✓ Pharmaceutique/Chimie
- ✓ Bitume/Enrobés bitumeux
- ✓ Cuisson/Friture
- ✓ Parfum/Fleur
- ✓ Autre (précisez en commentaire)

Enfin, il indique la date et l'heure du ressenti, peut écrire un commentaire et fournit son email pour recevoir les informations sur l'étude.

Cette étude se déroule sur un an. **Les résultats de l'analyse pour les mois de mai à août 2016 sont fournis dans la fiche de synthèse disponible sur le site Airparif.** Les résultats pour les périodes d'étude suivantes seront aussi disponibles en ligne.

ANNEXES

Annexe 1 : Instrumentation de la campagne de mesure

Les laboratoires mobiles

Les sites dits automatiques sont équipés d'un laboratoire mobile, qui documente les concentrations horaires en oxydes d'azote (le monoxyde d'azote et le dioxyde d'azote séparément)⁵ et en particules (PM₁₀ et PM_{2.5})⁶. Les laboratoires mobiles se présentent sous forme d'analyseurs automatiques installés dans un camion ou un véhicule utilitaire adapté, comme illustré par la Figure A1 1. Le fonctionnement d'un laboratoire mobile est identique à celui de l'ensemble des sites permanents du réseau fixe d'Airparif et nécessite des lignes électriques ainsi que la maintenance régulière des analyseurs. Pour des raisons techniques, les niveaux horaires de benzène ne peuvent pas être suivis. Il en est de même pour l'empoussièrement, les métaux et les hydrocarbures aromatiques polycycliques.



Figure A1 1 : Exemple d'un laboratoire mobile accueillant des analyseurs permettant les mesures horaires de la qualité de l'air de manière automatique

La finesse temporelle des mesures horaires de la pollution atmosphérique permet d'étudier, d'une part, l'évolution temporelle de la qualité de l'air tout au long de la journée, et d'autre part, le comportement des niveaux des polluants en fonction de la provenance des vents afin d'identifier l'impact potentiel des sources locales d'émissions.

⁵ Mesure par chimiluminescence, conformément à la norme NFX 43-018.

⁶ Mesure par micro-balance à l'aide des analyseurs automatiques de type RP1400 (R&P) appelés aussi TEOM, en prenant en compte la norme NF EN 12341 pour les PM₁₀ et EN 14907 pour les PM_{2.5}.

Les échantillonneurs passifs

La mise en œuvre d'échantillonneurs passifs⁷, également appelés tubes à diffusion passive, permet la multiplication des points de mesure. En effet, ce moyen de mesure, peu encombrant et simple à mettre en place, permet d'instrumenter simultanément un nombre important de sites pour renseigner précisément la répartition spatiale des niveaux de dioxyde d'azote et de benzène. Pour des raisons métrologiques, la mesure des particules (PM₁₀ et PM_{2.5}) n'est pas réalisable à ce jour à l'aide de tels tubes.

Pour le dioxyde d'azote, l'échantillonneur passif⁸ se présente sous forme d'un tube en polypropylène muni d'une coiffe fixe et d'une grille métallique imprégnée d'un réactif chimique (cf. Figure A1 2-a) permettant le piégeage du NO₂ pendant la période d'exposition d'une semaine. Le tube est maintenu en position verticale au sein d'un abri cylindrique de protection (cf. Figure A1 2-b). L'abri de protection, fixé sur un support dans l'environnement (poteau, lampadaire...) à environ 2 mètres du sol (cf. Figure A1 2-c), permet de protéger l'échantillonneur de l'impact direct du vent, du soleil et de la pluie, optimisant ainsi les conditions de mesure afin de fiabiliser le processus de diffusion et de piégeage des polluants.

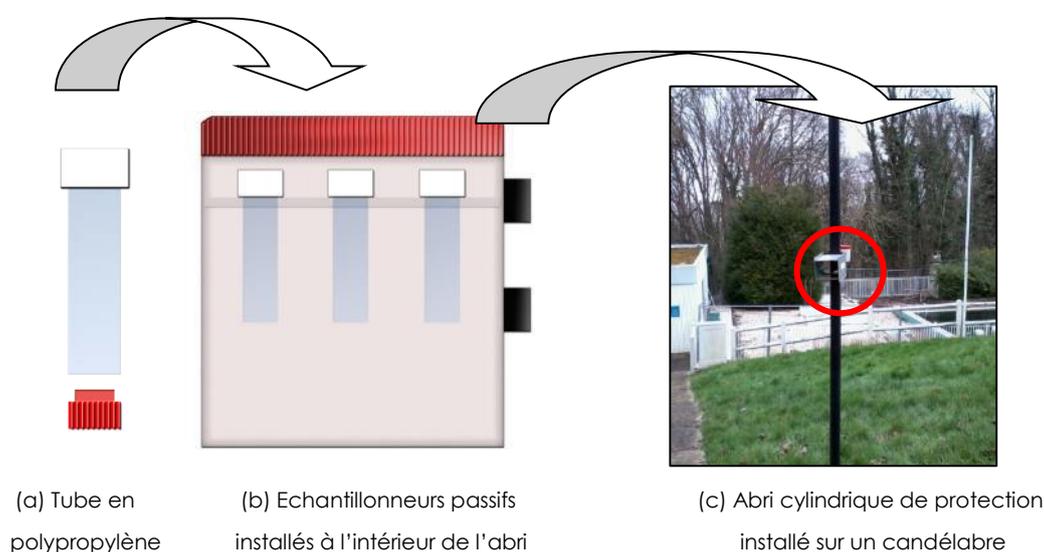


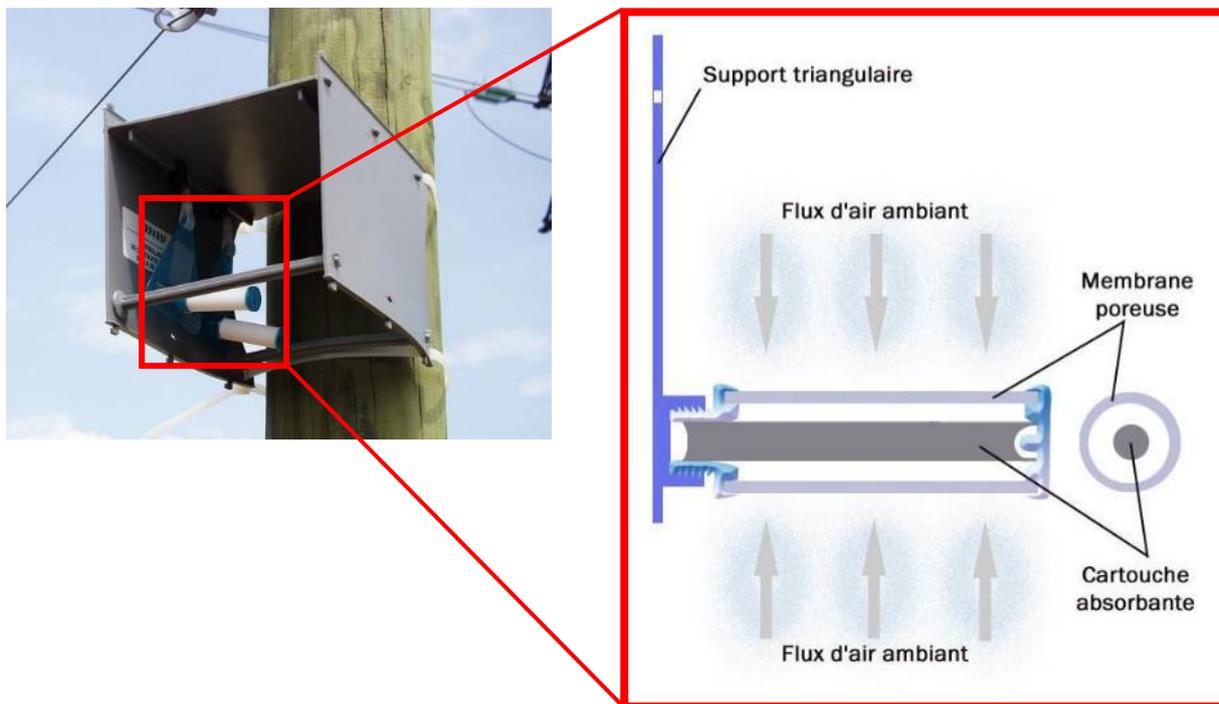
Figure A1 2 : Schéma d'implantation des tubes à diffusion passive de dioxyde d'azote au sein de l'abri de protection

L'échantillonneur passif utilisé pour mesurer le benzène⁹ se présente sous forme d'une cartouche absorbante insérée dans un corps poreux qui est maintenu en position horizontale par le biais d'un support triangulaire (cf. Figure A1 3**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**-b), au sein d'un abri de protection (cf. Figure A1 3-a). Le principe de fonctionnement de l'échantillonneur de benzène est semblable à celui de l'échantillonneur de NO₂.

⁷ Le fonctionnement métrologique des échantillonneurs passifs est fondé sur le piégeage du polluant recherché sur un support (le tube) contenant un réactif chimique spécifique au polluant, à l'aide du principe de diffusion passive de l'air ambiant.

⁸ Les tubes à diffusion passive de dioxyde d'azote sont fournis par le laboratoire suisse PASSAM, accrédité ISO 17025, et analysés par le laboratoire de chimie d'Airparif (LASAIR).

⁹ Les tubes à diffusion passive de benzène sont fournis par le laboratoire de recherche IRCSS de la fondation scientifique italienne, Salvatore Maugeri et analysés par le laboratoire de chimie d'Airparif (LASAIR), accrédité par le COFRAC pour cette analyse.



a) Échantillonneurs passifs pour le benzène installés à l'intérieur de l'abri de protection

b) Schéma de fonctionnement d'un échantillonneur passif benzène (d'après radiello®)

Figure A1 3 : Instrumentation pour la mesure du benzène

Pour l'ensemble des sites de mesure, les échantillonneurs passifs de NO₂ et de benzène ont été exposés durant une semaine. Les échantillonneurs sont rebouchés hermétiquement, puis remplacés par des nouveaux à la fin de chaque série. Ils sont ensuite acheminés pour analyse en laboratoire à Airparif suivant des protocoles spécifiques au dioxyde d'azote¹⁰ et au benzène¹¹. A l'issue de ces analyses, **une concentration moyenne pour chaque site de mesure** est établie pour les périodes d'exposition.

Plaquettes de dépôt

L'empoussièrement¹² (dépôt) caractérise les retombées atmosphériques de poussières sédimentables (PSED) d'origine naturelle ou anthropique émises dans l'atmosphère et qui retombent sous l'effet de leur poids. Les mesures de retombées de poussières par plaquettes de dépôt sont effectuées sur une période d'exposition de 15 jours.

Cette méthode de mesure concerne exclusivement les poussières sédimentables. Elle ne rend pas compte des éventuels problèmes liés aux poussières en suspension, beaucoup plus fines (diamètre moyen inférieur à 10 microns), dont la mesure est assurée dans le cadre de la présente étude sur les trois sites automatiques.

Les poussières sédimentables se déposent sur une plaquette métallique de surface connue (50 cm²), enduite d'un fixateur et installée horizontalement à 1,5 m de hauteur. Les résultats sont exprimés en milligrammes de poussières déposées par mètre carré et par jour (mg/m²/jour).

¹⁰ Spectrophotométrie d'absorption dans le visible.

¹¹ Chromatographie en phase gazeuse – Détecteur à Ionisation de Flamme (GC/FID).

¹² La méthodologie de mesure des poussières sédimentables se réfère à la norme AFNOR NF X 43 007 de décembre 2008.

Mesure des métaux

Les mesures de métaux dans l'air ambiant sont réalisées à l'aide d'un Leckel SEQ47/50 (cf. Figure A1 4). Ce moyen de mesure est un préleveur automatique de particules en suspension avec un débit d'aspiration¹³ de 2,3 m³/h en continu sur des filtres QMA¹⁴. Ce débit est constant tout au long du prélèvement grâce à un régulateur de débit. Le Leckel est conditionné dans une armoire de protection contrôlée en température, et est raccordé à une alimentation électrique.

Les particules en suspension mesurées sont des particules dont le diamètre est inférieur à dix micromètres¹⁵ (PM₁₀). Celles-ci sont déposées sur un filtre en quartz (diamètre de 47 mm) durant une **période de 7 jours**. Pour tous les métaux étudiés, le filtre est ensuite analysé en laboratoire (Micropolluants Technologies pour cette étude) par spectrométrie d'absorption atomique.



Figure A1 4 : Moyen de mesure Leckel SEQ47/50

Mesure des HAP

La méthode de mesure utilisée pour les HAP consiste en des prélèvements journaliers sur filtre réalisés à l'aide de préleveurs Hydra (particulaire et gaz), à un débit d'aspiration de 2.3 m³/h, sur des filtres QMA¹⁶ et mousse. Les analyses sont réalisées par le laboratoire Micropolluants Technologies par chromatographie liquide haute performance couplée à un détecteur de fluorescence. Les résultats sont exprimés en µg/m³.

¹³ Débit équivalent à la norme NF EN 12341.

¹⁴ Suivant la norme NF EN 14902

¹⁵ « Méthode normalisée de mesure du plomb, du cadmium, de l'arsenic et du nickel dans la fraction PM10 de matière particulaire en suspension » - NF EN 14902.

¹⁶ Suivant la norme NF EN 15549 pour le benzo[a]pyrène et la norme XP CEN/TS 16645 pour les autres composés

Qualité de la mesure

Toute méthode de mesure, que ce soit les analyseurs automatiques ou les échantillonneurs passifs, est associée à une certaine précision. Dans le domaine de la qualité de l'air, des directives européennes fixent les seuils relatifs à l'incertitude maximale acceptable associée à la mesure des différents polluants réglementés pour ces deux techniques.

Pour les analyseurs automatiques, l'incertitude acceptée pour chaque mesure horaire est de 15 % pour les oxydes d'azote¹⁷. Ce critère est intégré dans une démarche qualité pour laquelle Airparif a obtenu depuis 2001 l'accréditation « essai » du Cofrac pour l'ensemble de ses mesures horaires, que ce soit celles du réseau fixe francilien ou pour les campagnes de mesure.

Dans le cas des échantillonneurs passifs, l'incertitude de mesure peut avoir différentes origines : la fabrication, l'applicabilité de la théorie de la diffusion passive selon les conditions météorologiques ou encore l'analyse en laboratoire. Selon les directives européennes en vigueur, l'incertitude globale associée, égale à la combinaison des incertitudes provenant de chacune des sources individuelles d'erreur, est limitée à 25 % de la mesure pour le dioxyde d'azote¹⁷ et à 30 % pour le benzène¹⁷. Ces critères de qualité ont été vérifiés pour le dioxyde d'azote à l'aide d'un protocole d'évaluation de l'incertitude¹⁸, notamment dans le cadre de l'étude au voisinage de l'échangeur autoroutier de la Porte de Bagnolet¹⁹. L'échantillonneur passif utilisé pour la mesure de benzène a fait l'objet de tests de validation par le laboratoire de la Commission Européenne dans le cadre du projet européen LIFE « RESOLUTION »²⁰.

¹⁷ Directive 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur en Europe.

¹⁸ NF ISO 13752 : « Evaluation de l'incertitude d'une méthode de mesurage sur site en utilisant une seconde méthode comme référence », 1998.

¹⁹ « Caractérisation de la qualité de l'air au voisinage d'un échangeur autoroutier urbain. L'échangeur entre le Boulevard Périphérique et l'autoroute A3 au niveau de la Porte de Bagnolet », AIRPARIF, décembre 2004.

²⁰ Rapport européen de LIFE 99ENV/IT/081 : Relazione finale, Risultati del progetto (en italien).

Annexe 2 : Estimation de la concentration moyenne annuelle : méthodologie de calcul et incertitudes associées

Les conditions de dispersion observées lors de la réalisation des séries de mesure n'étant que partiellement représentatives des situations dispersives à l'échelle de l'année, l'évaluation de la concentration moyenne annuelle ne peut se faire que par le biais d'un calcul prenant en compte la différence entre les conditions météorologiques et les autres facteurs environnementaux observés lors des séries de mesure, d'une part, et ceux observés tout au long de l'année, d'autre part.

Pour cela, les résultats annuels connus à partir des mesures réalisées en continu sur l'ensemble des stations permanentes du réseau Airparif servent de référence.

Une « fonction de transfert » est établie tout d'abord en comparant les moyennes du polluant calculées aux stations permanentes durant les semaines de campagne, avec celles calculées sur toute l'année. Cette « fonction de transfert » permet de passer, pour chaque station permanente, de sa moyenne sur la période de campagne à sa moyenne annuelle. Cette fonction est appliquée ensuite aux moyennes du polluant obtenues sur chacun des sites de mesure instrumentés autour de la zone industrielle durant la campagne afin d'évaluer la concentration annuelle de chaque point de mesure.

La concentration annuelle ainsi déterminée est nécessairement obtenue avec une incertitude. Celle-ci provient notamment de l'incertitude des appareils de mesure, ainsi que de l'incertitude associée au calcul qui permet de déduire la moyenne annuelle à partir des résultats de l'étude. Le niveau annuel ainsi évalué représente l'estimation la plus probable de la concentration moyenne annuelle du site de mesure qui aurait été obtenue si l'on avait surveillé la qualité de l'air tout au long d'une année.

Pour évaluer précisément le risque de dépassement d'une valeur limite ou d'un objectif de qualité sur les différents sites de mesure, il est nécessaire de prendre en compte l'incertitude de X% associée à l'évaluation de la moyenne annuelle. Ainsi, la moyenne annuelle que l'on aurait obtenue si on avait mesuré le polluant considéré en continu tout au long de l'année est comprise dans l'intervalle [Moyenne annuelle estimée du polluant \pm X%].

L'identification des points de mesure dépassant les valeurs réglementaires ne peut se faire qu'en termes de « risque de dépassement ». Ce risque est minimal, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de risque de dépassement, lorsque le niveau annuel évalué est d'au moins X% inférieur à la valeur réglementaire considérée. Le risque est maximal, c'est-à-dire que le dépassement de la valeur réglementaire est certain, lorsque le niveau annuel estimé est supérieur de X% à cette valeur. Entre ces deux extrêmes, le risque de dépassement augmente statistiquement et de façon continue avec le niveau moyen annuel estimé. On peut néanmoins distinguer deux grandes classes de risque qui permettent de qualifier globalement la situation au regard des valeurs réglementaires (VR). Un risque de dépassement dit « peu probable » existe lorsque le niveau moyen annuel estimé se situe dans l'intervalle [VR - X%*VR ; VR] et un risque de dépassement dit « vraisemblable » est identifié pour un niveau annuel estimé compris dans l'intervalle [VR ; VR + X%*VR].

Par exemple, la valeur limite du NO₂ est de 40 µg/m³ et l'incertitude associée à l'estimation de la concentration moyenne annuelle dans cette étude est de 20% : il n'y a pas de risque de dépassement pour un niveau annuel estimé inférieur à 32 µg/m³, le risque est maximal pour un niveau annuel estimé supérieur à 48 µg/m³, le risque de dépassement est peu probable pour un niveau compris entre 32 et 40 µg/m³ et vraisemblable entre 40 et 48 µg/m³.

Annexe 3 : Fiches polluants

Particules PM₁₀ et PM_{2.5}

Les particules sont constituées d'un mélange de différents composés chimiques et de différentes tailles. Une distinction est faite entre les particules PM₁₀, de diamètre inférieur à 10 µm, et les PM_{2.5}, de diamètre inférieur à 2,5 µm. Les particules PM₁₀ sont majoritairement formées de particules PM_{2.5} : en moyenne annuelle, les PM_{2.5} représentent environ 60 à 70 % des PM₁₀.



Les sources de **particules** sont multiples.

Il existe d'une part des rejets directs dans l'atmosphère (particules primaires). Les sources majoritaires de particules primaires sont le secteur résidentiel et tertiaire (notamment le chauffage au bois), le trafic routier, les chantiers et carrières et l'agriculture. Elles peuvent également être d'origine naturelle (érosion des sols).

La contribution du secteur résidentiel et tertiaire aux émissions de PM_{2.5} est plus importante que pour les PM₁₀ et à l'inverse la contribution de l'agriculture et des chantiers est plus faible. Cela s'explique par la nature des phénomènes prépondérants dans la formation des particules. Les particules PM_{2.5} sont majoritairement formées par des phénomènes de combustion (secteur résidentiel et tertiaire et trafic routier). Les activités mécaniques, telles que le secteur agricole (labours, moissons et phénomènes d'abrasion par les engins agricoles) et les chantiers favorisent la formation de particules de taille plus importante (PM₁₀) [Airparif, 2012]. Les sources de particules sont également indirectes : transformations chimiques de polluants gazeux (NO₂, SO₂, NH₃, COV, ...) qui réagissent entre eux pour former des particules secondaires ou encore remise en suspension des poussières déposées au sol.



Effets sur la santé :

Aux concentrations auxquelles sont exposées la plupart des populations urbaines et rurales des pays développés et en développement, les particules ont des effets nuisibles sur la santé. L'exposition chronique contribue à augmenter le risque de contracter des maladies cardiovasculaires et respiratoires, ainsi que des cancers pulmonaires [OMS, 2011]. Les particules fines peuvent véhiculer des substances toxiques capables de passer la barrière air/sang au niveau des alvéoles pulmonaires [ORS, 2007].

Des études récentes montrent sur le long terme des associations entre concentrations de particules et mortalité à des niveaux bien en dessous du niveau de recommandation annuel de l'OMS (10 µg/m³ en PM_{2.5}) [OMS, 2013]. De plus, plusieurs études se sont intéressées à l'effet de seuil et à la relation dose-réponse aux PM_{2.5}. Les données indiquent clairement l'absence d'un seuil en dessous duquel personne ne serait affecté.

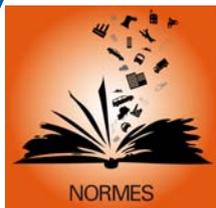
Par ailleurs, les échappements des moteurs diesel sont classés cancérigènes pour l'homme par l'OMS depuis juin 2012, sur la base d'indications suffisantes prouvant qu'une telle exposition est associée à un risque accru de cancer du poumon. Les échappements des moteurs essence sont quant à eux classés cancérigènes possibles pour l'homme [OMS/IARC, 2013].



Effets sur l'environnement :

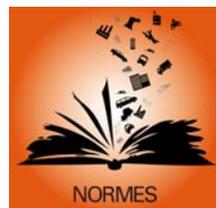
Dégradation des bâtiments

Les particules ont un impact direct sur le climat par absorption/diffusion du rayonnement solaire, et un effet indirect par leur rôle dans la formation des nuages.



Particules PM₁₀

Valeur limite annuelle	Protection de la santé	40 µg/m ³ en moyenne annuelle
Valeur limite journalière	Protection de la santé	50 µg/m ³ en moyenne jour, à ne pas dépasser plus de 35 fois par an
Objectif de qualité	Protection de la santé	30 µg/m ³ en moyenne annuelle



Particules PM_{2.5}

Valeur limite annuelle	Protection de la santé	25 µg/m ³ en moyenne annuelle
Valeur cible	Protection de la santé	20 µg/m ³ en moyenne annuelle
Objectif de qualité	Protection de la santé	10 µg/m ³ en moyenne annuelle



1999 - 2015	2007 - 2015
↘	↘

PM₁₀

Normes à respecter		Norme à respecter dans la mesure du possible
Valeur limite annuelle	Valeur limite journalière	Objectif de qualité
Dépassée	Dépassée	Dépassé

PM_{2.5}

Normes à respecter	Normes à respecter dans la mesure du possible	
Valeur limite annuelle	Valeur cible	Objectif de qualité
Respectée	Dépassée	Dépassé

Benzo(a)pyrène et autres Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)



Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques se forment lors de combustions incomplètes, en particulier celle de la biomasse. Les HAP sont ainsi majoritairement émis par le chauffage au bois, par les combustions non maîtrisées (brûlage de déchets verts, barbecues) ainsi que par le trafic routier, en particulier par les véhicules diesel. Les HAP sont toujours présents sous forme de mélanges complexes et peuvent se trouver sous forme gazeuse ou particulaire dans l'atmosphère. Une partie des HAP, notamment le benzo(a)pyrène, entre donc dans la composition des particules PM10.

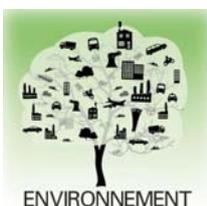


Effets sur la santé :

La toxicité des HAP varie fortement d'un composé à l'autre. La plupart des HAP sont mutagènes. Ils peuvent notamment entraîner une diminution de la réponse du système immunitaire.

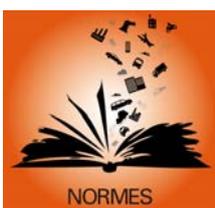
Le benzo(a)pyrène, considéré comme traceur de la pollution urbaine aux HAP, est cancérigène pour l'homme. D'autres HAP sont reconnus cancérigènes probables ou possibles. [IARC, 2012]

De nouvelles connaissances relient l'exposition aux HAP et l'état de santé cardiovasculaire. Mais les effets des HAP ne peuvent être individualisés de ceux des particules [OMS, 2013].

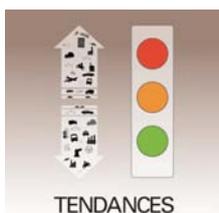


Effets sur l'environnement :

Certains HAP, tels que le benzo(a)anthracène, le fluoranthène et le pyrène, sont toxiques pour l'environnement. Les HAP contaminent les sols, les eaux et la chaîne alimentaire ; leur accumulation dans les organismes vivants en perturbe l'équilibre, notamment par stress oxydant.



Valeur cible	Protection de la santé	Benzo(a)pyrène dans la fraction PM ₁₀ 1 ng/m ³ en moyenne annuelle
--------------	------------------------	---



	Tendances		Normes à respecter dans la mesure du possible
	1998 - 2015	2007 - 2015	
Loin du trafic	→	→	Valeur cible Respectée
Le long du trafic	↘↘	↘	Respectée

Classement par ordre alphabétique des HAP et détail des sources anthropiques (INERIS, 2005)

Acénaphène : sa présence anthropique dans l'environnement résulte du raffinage du pétrole, de la distillation du goudron de charbon, de la combustion du charbon et des échappements d'engins diesels.

Anthracène : il est présent dans le fioul (100 à 300 mg/l), dans l'essence (1,55 mg/l, voir 2,6 mg/l pour les essences à indice d'octane élevé (Verschueren, 1996a)). Les principales sources anthropiques d'exposition sont les échappements d'automobiles (0,02 à 6,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (OMS, 1998), la cokéfaction et la gazéification du charbon et plus généralement les émissions des fours à charbon et des fours à fioul, le raffinage du pétrole, l'utilisation des huiles d'imprégnation pour le traitement du bois, la préparation de l'asphalte pour les revêtements routiers, la fumée de charbon de bois, la combustion de déchets pneumatiques.

Benzo(a)pyrène : il peut être formé lors de combustions incomplètes, lors du raffinage du pétrole, du schiste, de l'utilisation du goudron, du charbon, du coke, du kérosène, des sources d'énergie et de chaleur, dans les revêtements routiers, la fumée de cigarette, les échappements des machines à moteurs thermique, huiles moteurs, carburants, aliments fumés ou grillés au charbon de bois, huiles, graisses, margarines (...).

Benzo(b)fluoranthène : sa présence dans l'environnement est uniquement anthropique, elle résulte de la combustion incomplète d'hydrocarbures, ou de charbon. Egalement, le raffinage du pétrole, la cokéfaction du charbon et le trafic automobile constituent des sources d'exposition importante. L'OMS (1998) indique d'une part, pour les raffineries de pétrole, une concentration de 1,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les émissions gazeuses et une concentration pouvant atteindre 0,2 $\mu\text{g}/\text{l}$ dans les eaux rejetées après traitement, et d'autre part une teneur de 3,8 mg/kg dans les boues résiduelles provenant de la cokéfaction du charbon. Des concentrations élevées atteignant 10 g/kg peuvent être trouvées dans l'asphalte.

Benzo(k)fluoranthène : il est émis lors de combustions incomplètes. Il se trouve également dans la fumée de cigarette, dans les gaz d'échappement automobiles, dans les émissions provenant de la combustion de charbons ou d'huiles, dans les huiles moteur et le goudron de charbon. L'OMS (1998) évalue d'une part à 100 kg/an la quantité de cet HAP libéré par la cokéfaction du charbon en Hollande et en Allemagne de l'ouest en 1988, et indiquait d'autre part des concentrations de 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et pouvant atteindre 0,4 $\mu\text{g}/\text{l}$ respectivement dans les émissions gazeuses et dans les eaux usées (après traitement) de raffineries de pétrole.

Chrysène : il prédomine dans les émissions particulières provenant des incinérateurs d'ordures ménagères, des appareils ménagers à gaz naturel et des dispositifs de chauffage domestique, en particulier ceux utilisant la combustion du bois.

Dibenzo(a,h)anthracène : les fumées d'échappement de moteur diesel constituent sa principale source. Les quantités d'aérosols de cet HAP libéré dans l'atmosphère sont respectivement de 8,3 μg et de 0,33 μg par kilomètre parcouru pour des automobiles munies et non munies d'un pot d'échappement catalytique (HSDB, 2001a). La fumée de cigarette, les échappements de moteurs à essence, la fumée des chaudières au charbon et des fours à coke, les huiles usagées, et les goudrons sont également responsables de la présence de cet HAP dans l'environnement.

Fluoranthène : il fait partie des HAP prédominants dans les émissions des incinérateurs d'ordures ménagères.

Fluorène : il est libéré dans l'atmosphère lors de la combustion d'huiles, d'essence, de fioul, de charbon de bois. Il est présent dans le goudron des revêtements routiers (teneur pouvant atteindre 1,6% (OMS, 1998)), dans les effluents de combustions incomplètes : fumée de cigarette, échappement automobile (véhicule essence : 4,3 à 7,5 µg/m³, véhicules diesels : 2,7 à 4,9 µg/m³) (HSDB, 2001b), émission d'incinérateurs d'ordures ménagères et dans les émissions des raffineries de pétrole (2,4 µg/m³ en France (OMS, 1998)).

Indéno[1,2,3-c,d]pyrène : il provient de la combustion incomplète de bois, charbon, de carburant utilisé dans les moteurs thermiques (machines, propulsion automobile essence ou diesel), les fours à bois, les incinérateurs d'ordures ménagères, les fumées industrielles, les aliments grillés au charbon de bois, la fumée de cigarette. Verschueren (1996b) cite les teneurs suivantes : essence (en suivant l'indice d'octane : 40 µg/kg à 2,9 mg/kg ; huile moteur (suivant durée d'utilisation) 0,03 mg/kg à 83 mg/kg, goudron de charbon 8 g/kg, gaz d'échappement de moteur à essence : 11 à 87 µg/m³, fumées d'incinérateurs d'ordures ménagères : 1,8 pg/m³ après tour de lavage et précipitateur électrostatique <10 µg/kg dans les résidus, condensats d'échappements des moteurs à essence : 268 µg/g, 32 à 86 µg/l d'essence consommée, fumée de cigarette 4 ng/cigarette.

Naphtalène : environ 89% du naphtalène présent dans l'environnement provient de combustions incomplètes (pyrolyse), principalement du chauffage domestique au bois, et de la sublimation du naphtalène utilisé comme répulsif pour les mites. Environ 10% des rejets dans l'environnement sont attribuables à la production et à la distillation du charbon tandis que les pertes liées à la production de naphtalène représentent moins de 1%. La fumée de tabac libère également de petites quantités de naphtalène.

Phénanthrène : provient de la combustion incomplète de certains composés organiques tels que le bois et les combustibles fossiles. Il est détecté dans la fumée de cigarette, les échappements de moteur diesel ou essence, dans les viandes grillées au charbon de bois, dans les huiles moteurs usagées, etc...

Pyrène : Libéré dans l'atmosphère lors de la combustion incomplète de charbon et de produits pétroliers : huile, essence, fioul. Des concentrations de 19,2 ng/m³ et 35,1 ng/m³ ont été mesurées respectivement dans les gaz d'échappement de véhicules essence et diesel (HSDB, 2002). Le pyrène est également présent dans le goudron des revêtements routiers (teneur pouvant atteindre 4,2%) (OMS, 1998). Verschueren (2001) cite d'autre part les valeurs suivantes : 1,5 à 1,7 ng/kg dans l'essence, 23 à 41 mg/l dans le fioul, 3,5 et 4,5 mg/l dans les huiles brutes, jusqu'à 750 mg/l dans les huiles moteurs usagées, et 20 g/l dans de la créosote provenant de goudron de charbon. La production d'aluminium, de fer et d'acier, les fonderies, la combustion de déchets et la fumée de tabac constituent également des sources d'exposition de l'environnement au pyrène.

Métaux : plomb, arsenic, cadmium et nickel



Les **métaux** proviennent majoritairement de la combustion des combustibles fossiles, des ordures ménagères mais aussi de certains procédés industriels.

Le plomb (Pb) était principalement émis par le trafic routier jusqu'à l'interdiction totale de l'essence plombée en 2000. Les principales sources actuelles sont la combustion du bois et du fioul, l'industrie, ainsi que le trafic routier (abrasion des freins).

L'arsenic (As) provient de la combustion de combustibles minéraux solides et du fioul lourd ainsi que de l'utilisation de certaines matières premières notamment dans la production de verre, de métaux non ferreux ou la métallurgie des ferreux.

Le cadmium (Cd) est essentiellement émis par l'incinération de déchets, ainsi que la combustion des combustibles minéraux solides, du fioul lourd et de la biomasse.

Le nickel (Ni) est émis essentiellement par la combustion du fioul lourd.



Effets sur la santé :

Les métaux s'accumulent dans l'organisme.

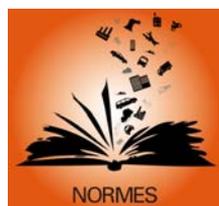
A plus ou moins long terme, et pour des expositions chroniques, les métaux provoquent des affections respiratoires (arsenic, cadmium, nickel), cardiovasculaires (arsenic), neurologiques (plomb, arsenic) et des fonctions rénales (cadmium) [Ineris, 2003] [Ineris, 2006] [Ineris 2010] [Ineris, 2011].

L'arsenic, le cadmium et le nickel sont classés cancérigènes pour l'homme [IARC, 2012].

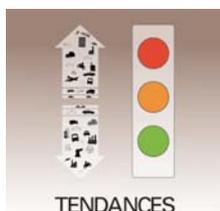


Effets sur l'environnement :

Dépôt entraînant la contamination des sols, des eaux et de la chaîne alimentaire ; accumulation dans les organismes vivants dont ils perturbent l'équilibre.



Valeur limite annuelle	Protection de la santé	Plomb : 0,5 µg/m ³ en moy annuelle
Valeur cible	Protection de la santé	Arsenic : 6 ng/m ³ en moy annuelle Cadmium : 5 ng/m ³ en moy annuelle Nickel : 20 ng/m ³ en moy annuelle
Objectif de qualité	Protection de la santé	Plomb : 0,25 µg/m ³ en moy annuelle



		Tendances		Normes à respecter	Normes à respecter dans la mesure du possible	
		1992-2005	2007-2015		Valeur limite	Objectif de qualité
Pb	Loin du trafic	-	→	Respectée	Respecté	
	Le long du trafic	↘↘	-			
As	Loin du trafic	-	↘			Respectée
Cd	Loin du trafic	-	→			Respectée
Ni	Loin du trafic	-	↘			Respectée

Dioxyde d'azote (NO₂)



Le **dioxyde d'azote**, qui fait partie des oxydes d'azote (NO_x), est un polluant indicateur des activités de combustion, notamment du trafic routier. Il est en effet directement émis par les sources motorisées de transport (émission directe ou « primaire »), et dans une moindre mesure par le chauffage résidentiel. Il est également produit dans l'atmosphère à partir des émissions de monoxyde d'azote (NO), sous l'effet de leur transformation chimique en NO₂ (polluant « secondaire »). Les processus de formation du NO₂ sont étroitement liés à la présence d'ozone dans l'air.



A la différence du NO₂, le monoxyde d'azote (NO) n'est pas considéré comme un polluant dangereux pour la santé.



Effets sur la santé :

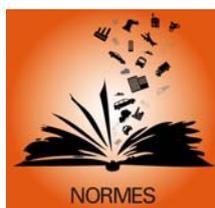
Les études épidémiologiques ont montré que les symptômes bronchitiques chez l'enfant asthmatique augmentent avec une exposition de longue durée au NO₂. Une diminution de la fonction pulmonaire est également associée aux concentrations actuellement mesurées dans les villes d'Europe et d'Amérique du Nord.

A des concentrations dépassant 200 µg/m³, sur de courtes durées, c'est un gaz toxique entraînant une inflammation importante des voies respiratoires [OMS, 2011].

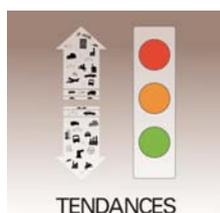


Effets sur l'environnement :

- Contribution au phénomène des pluies acides, qui appauvrissent les milieux naturels (sols et végétaux)
- Contribution à la formation de l'ozone



Valeur limite annuelle	Protection de la santé	40 µg/m ³ en moyenne annuelle
Objectif de qualité		
Valeur limite horaire	Protection de la santé	200 µg/m ³ moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 18 fois par an



Tendances		Normes à respecter	
1996-2015	2007-2015	Valeur limite annuelle	Valeur limite horaire
↘	↘	Dépassée	Dépassée

Benzène (C₆H₆)



Le **benzène** est un Hydrocarbure Aromatique Monocyclique (HAM). C'est un polluant émis majoritairement par le trafic routier, plus particulièrement les véhicules à motorisation essence dont les deux-roues motorisés. Il est également présent à proximité des zones de stockage et de distribution de carburants, comme les stations-service.



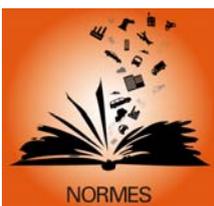
Effets sur la santé :

Le benzène est cancérigène pour l'homme [IARC, 2012]. De plus, sa dégradation dans l'atmosphère produit des composés de type phénols, nitrophénols, nitrobenzène, peroxyacetyl nitrate qui ont également des effets toxiques et/ou cancérigènes.

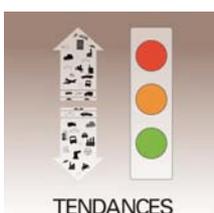


Effets sur l'environnement :

Le benzène a un effet indirect sur l'environnement puisque c'est un précurseur d'ozone qui perturbe la photosynthèse et a un impact négatif sur la végétation.



Valeur limite	Protection de la santé	5 µg/m ³ en moyenne annuelle
Objectif de qualité	Protection de la santé	2 µg/m ³ en moyenne annuelle



Tendances	
1994-2015	2007-2015
↘↘	↘

Normes à respecter	Normes à respecter dans la mesure du possible
Valeur limite annuelle	Objectif de qualité
Respectée	Dépassé

Annexe 4 : Résultats complémentaires de la campagne de mesure

Niveaux de HAP

Les résultats obtenus pour les HAP (hormis le BaP) mesurés sont présentés dans cette annexe. Les courbes interrompues correspondent à des données manquantes par invalidité des mesures.

2-méthylfluoranthène

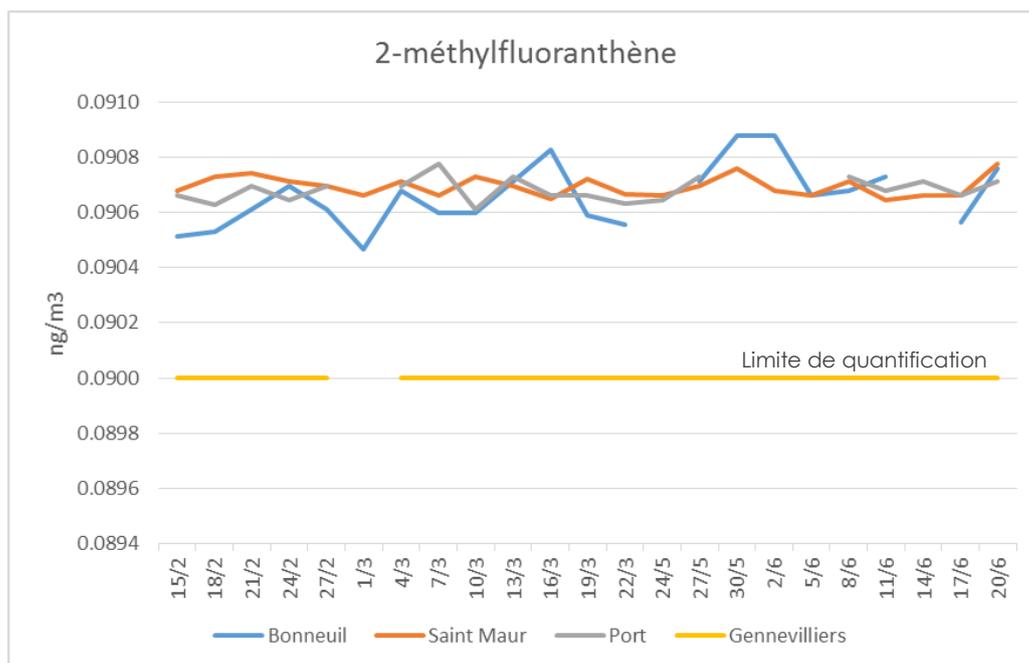


Figure A4 1 : Evolution des moyennes journalières en 2-méthylfluoranthène sur la campagne de mesure

2-méthylnaphthalène

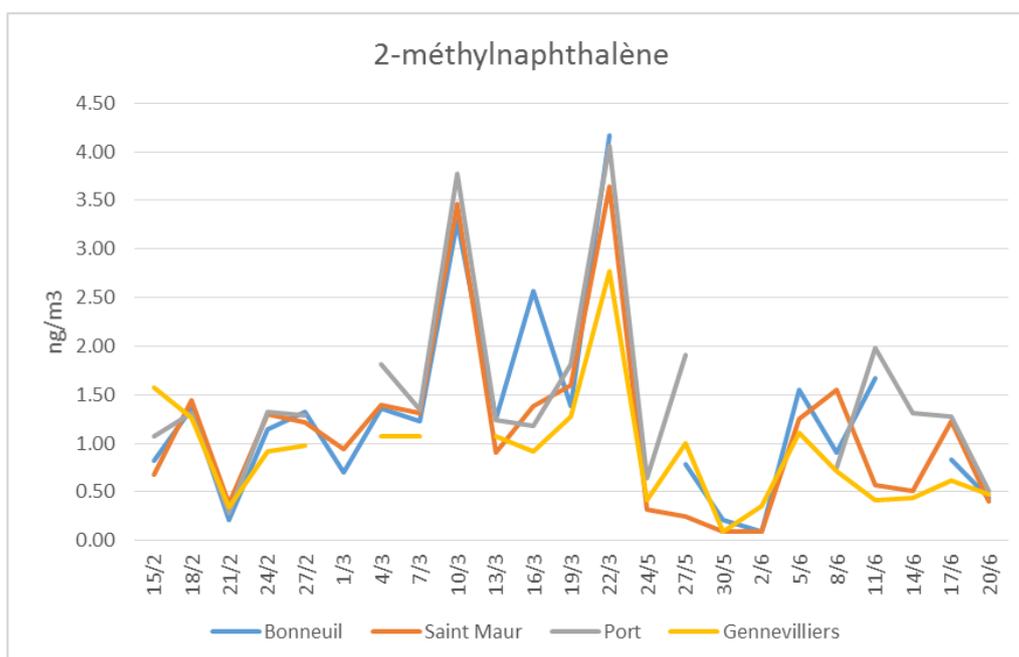


Figure A4 2 : Evolution des moyennes journalières en 2-méthylnaphthalène sur la campagne de mesure

Acénaphthène

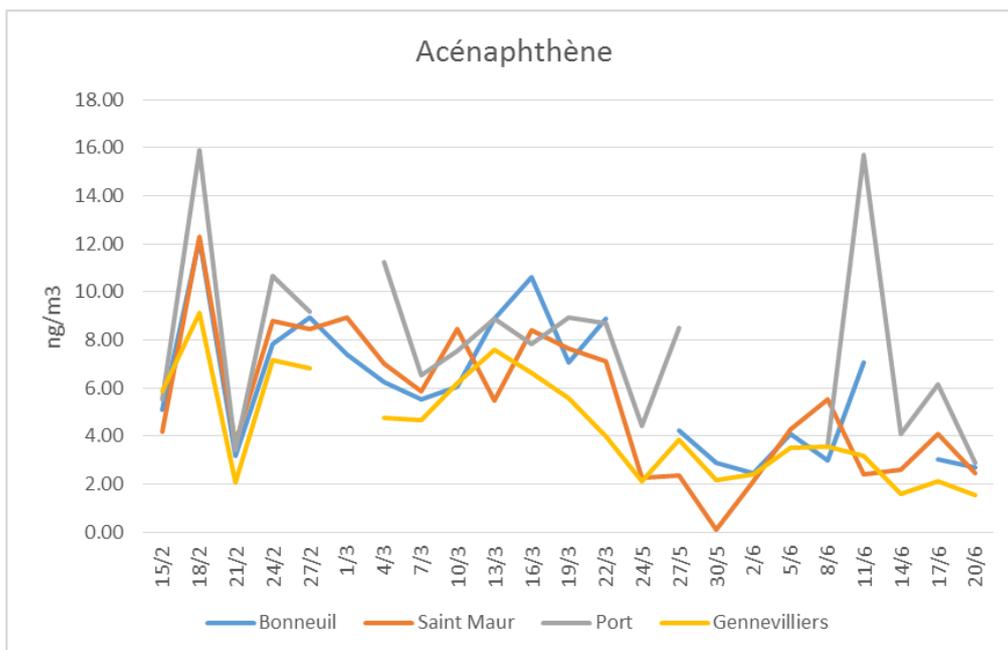


Figure A4 3 : Evolution des moyennes journalières en acénaphthène sur la campagne de mesure

Anthracène

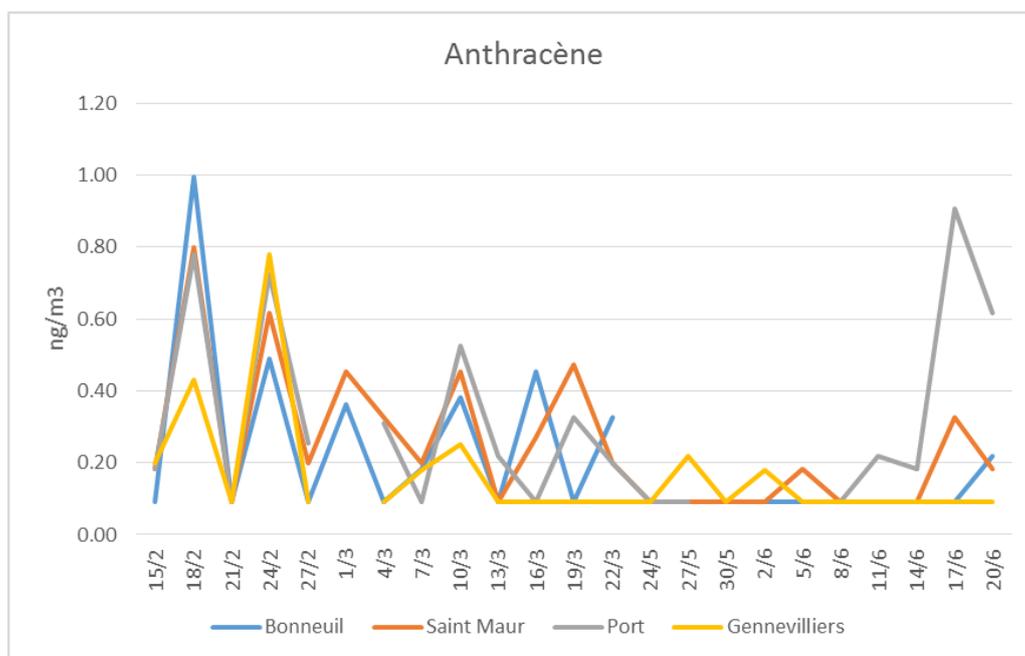


Figure A4 4 : Evolution des moyennes journalières en anthracène sur la campagne de mesure

Benzo(a)anthracène

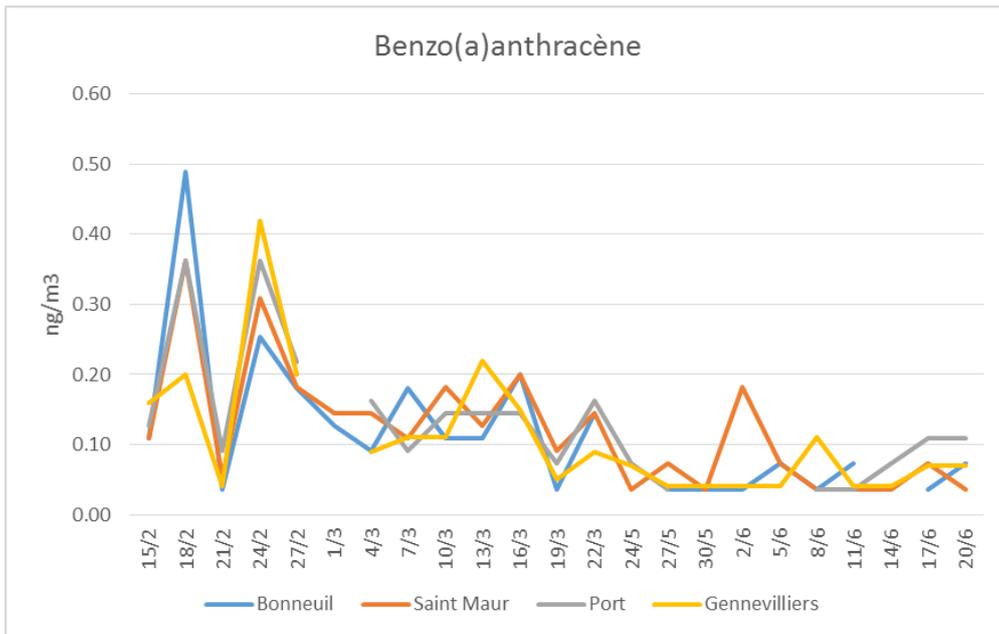


Figure A4 5 : Evolution des moyennes journalières en benzo(a)anthracène sur la campagne de mesure

Benzo(b)fluoranthène

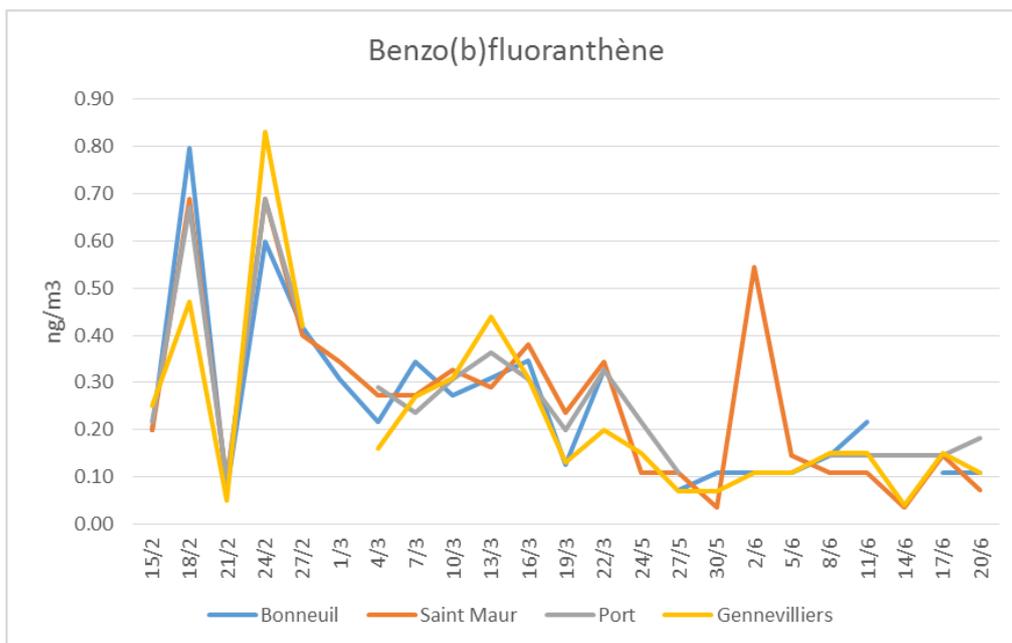


Figure A4 6 : Evolution des moyennes journalières en benzo(b)fluoranthène sur la campagne de mesure

Benzo(e)pyrène

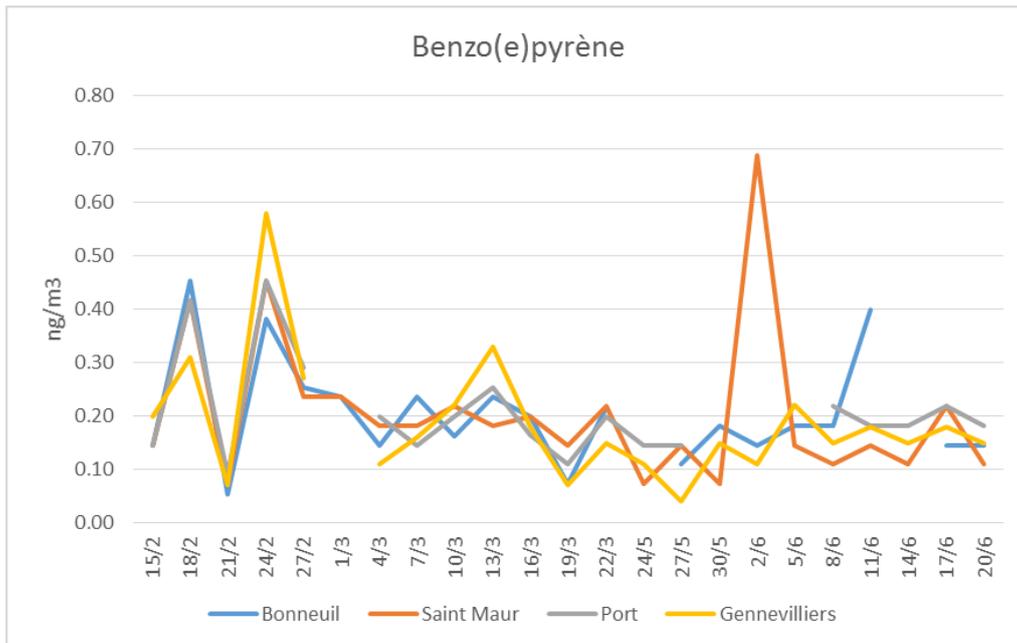


Figure A4 7 : Evolution des moyennes journalières en benzo(e)pyrène sur la campagne de mesure

Benzo(ghi)pérylène

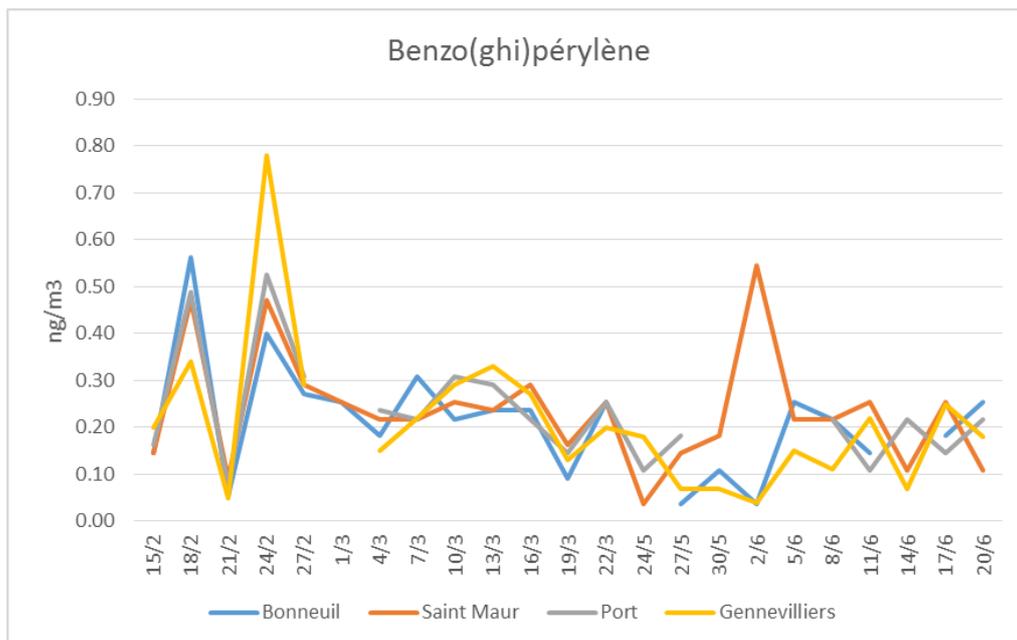


Figure A4 8 : Evolution des moyennes journalières en benzo(ghi)pérylène sur la campagne de mesure

Benzo(j)fluoranthène

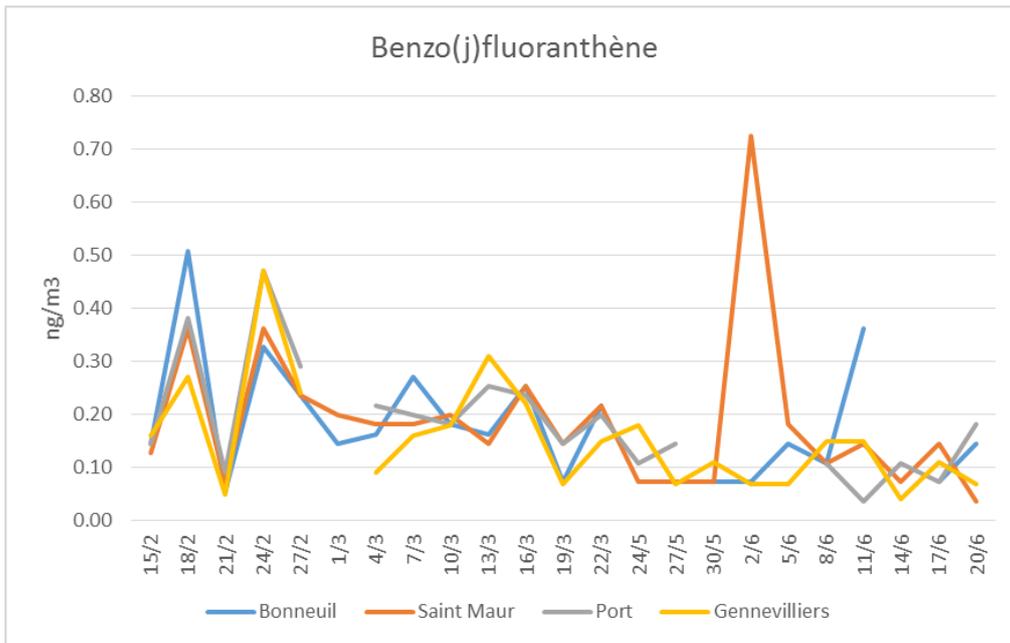


Figure A4 9 : Evolution des moyennes journalières en benzo(j)fluoranthène sur la campagne de mesure

Benzo(k)fluoranthène

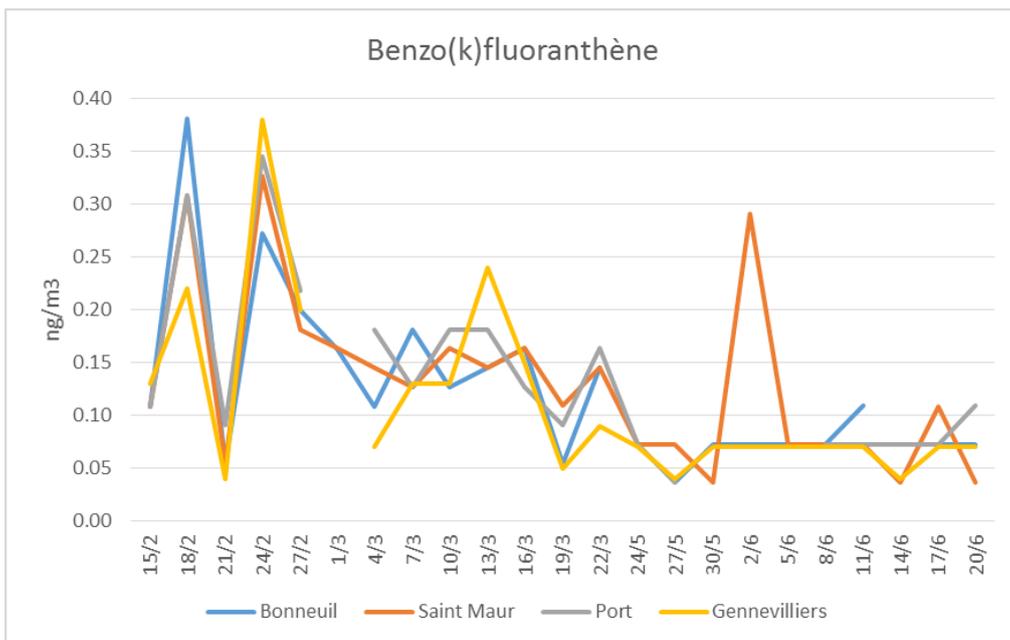


Figure A4 10 : Evolution des moyennes journalières en benzo(k)fluoranthène sur la campagne de mesure

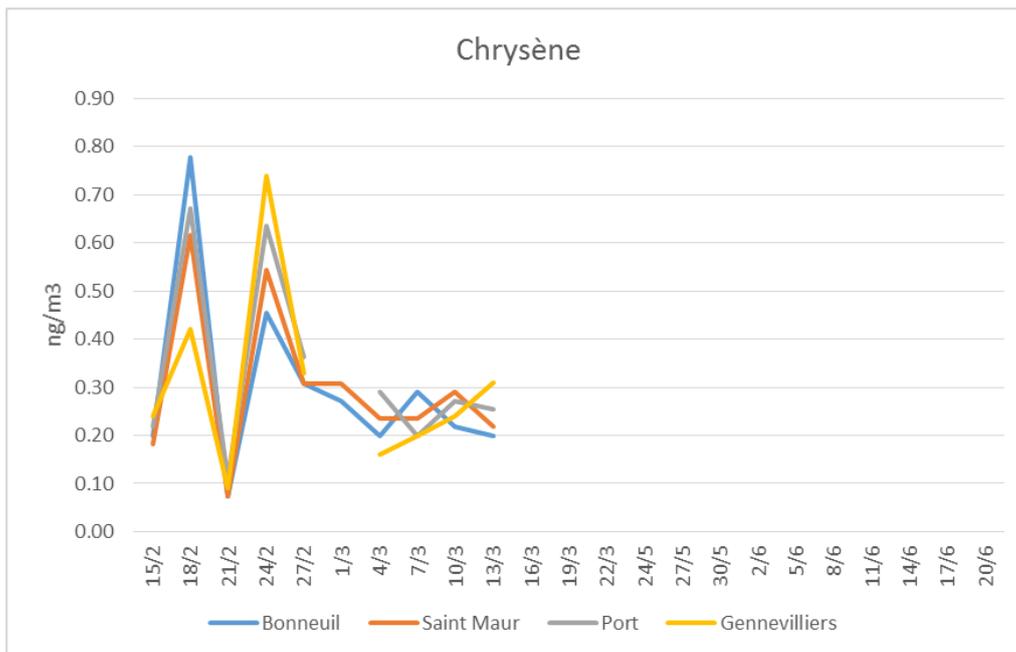


Figure A4 11 : Evolution des moyennes journalières en chrysène sur la campagne de mesure

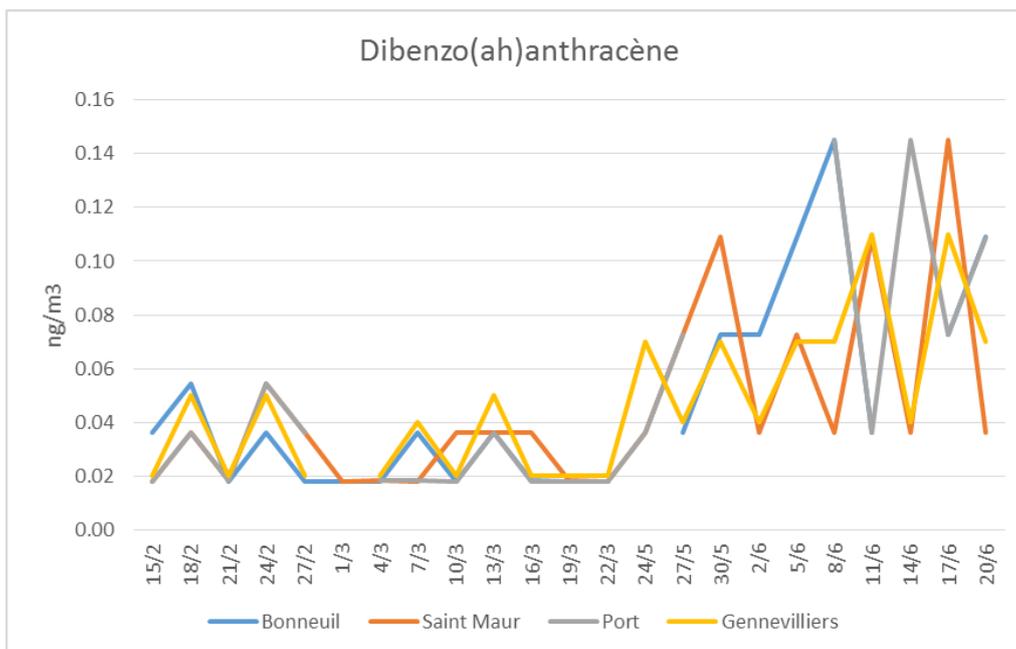


Figure A4 12 : Evolution des moyennes journalières en dibenzo(ah)anthracène sur la campagne de mesure

Fluoranthène

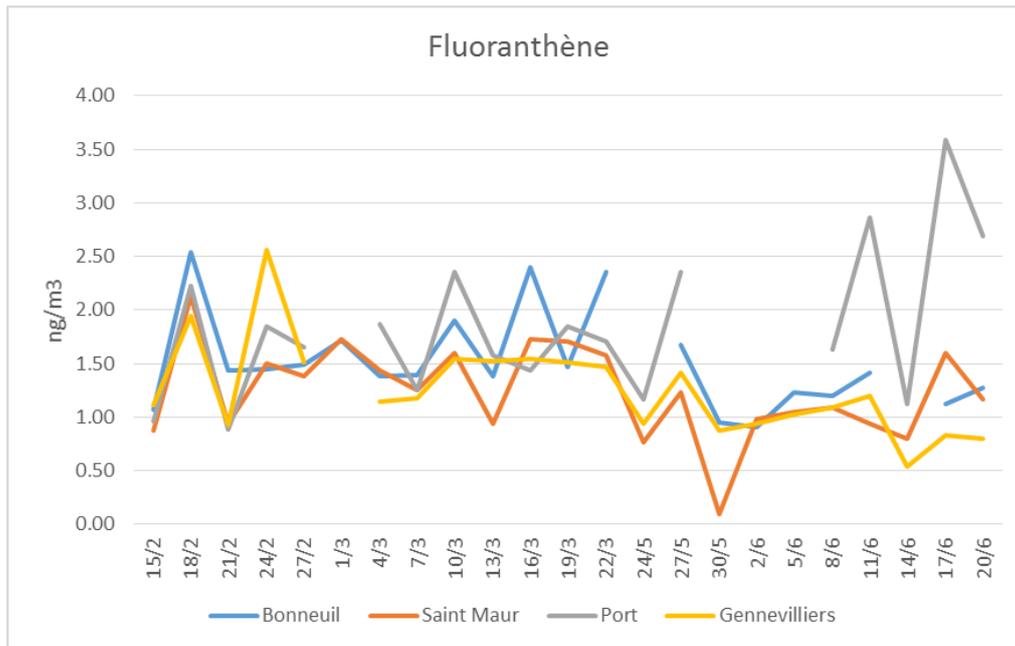


Figure A4 13 : Evolution des moyennes journalières en fluoranthène sur la campagne de mesure

Fluorène

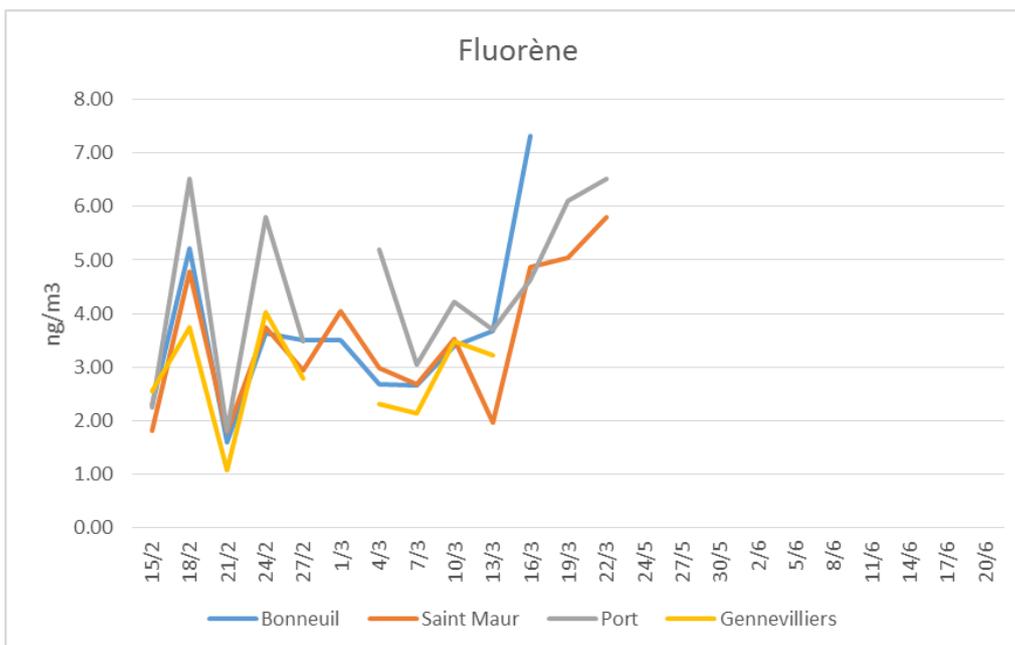


Figure A4 14 : Evolution des moyennes journalières en fluorène sur la campagne de mesure

Naphthalène

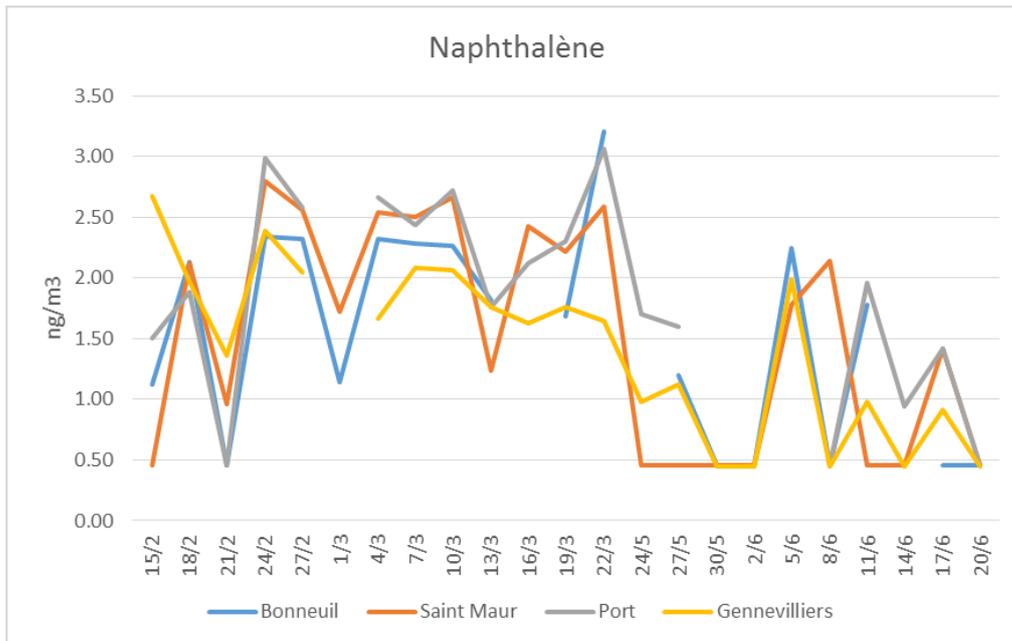


Figure A4 15 : Evolution des moyennes journalières en naphthalène sur la campagne de mesure

Indéno(1,2,3-cd)pyrène

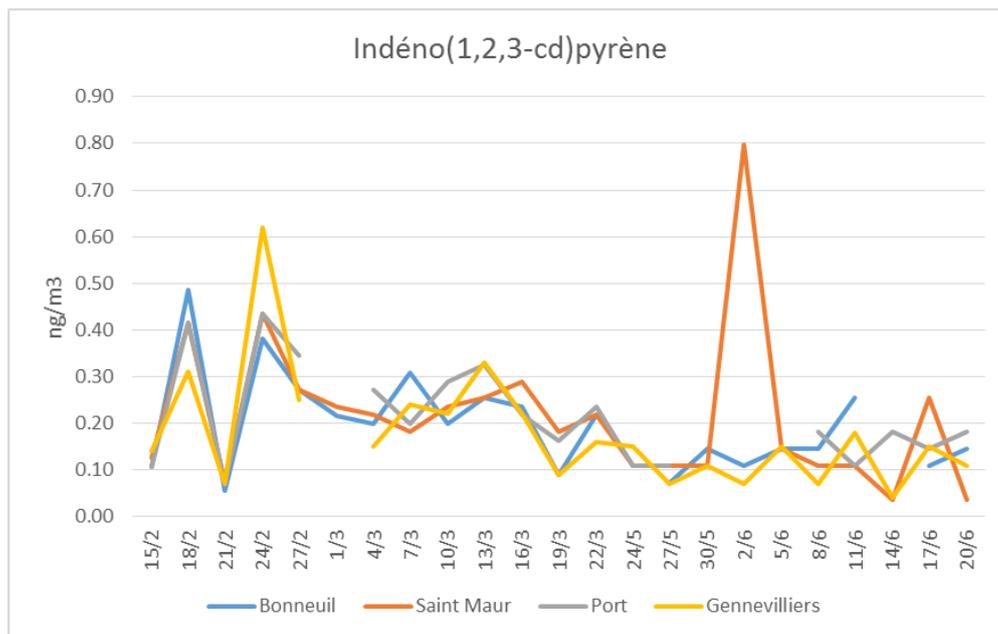


Figure A4 16 : Evolution des moyennes journalières en indéno(1,2,3-cd)pyrène sur la campagne de mesure

Phénanthrène

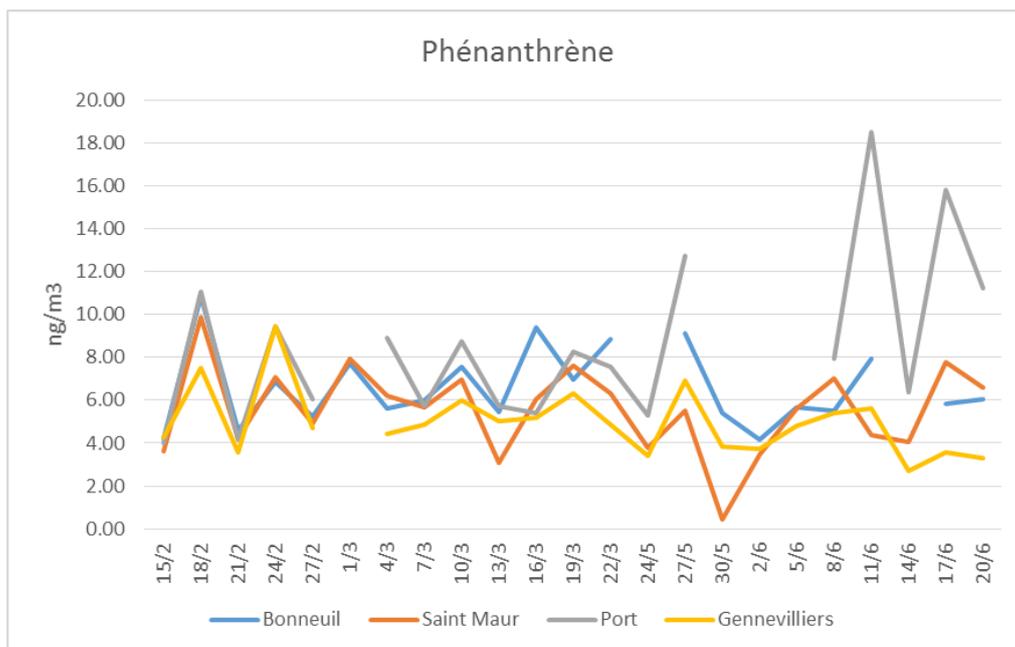


Figure A4 17 : Evolution des moyennes journalières en phénanthrène sur la campagne de mesure

Pyrène

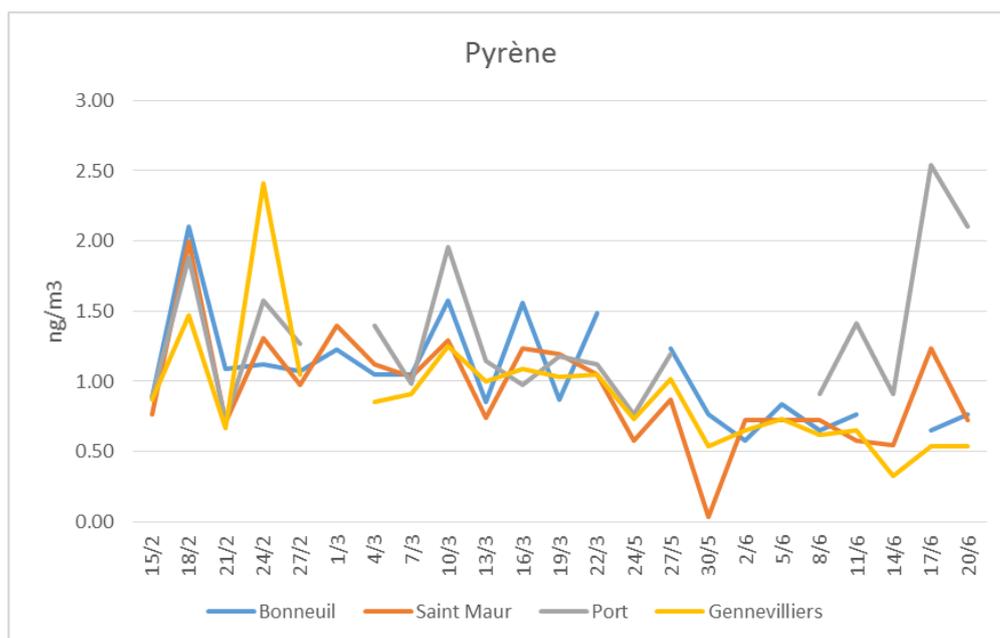


Figure A4 18 : Evolution des moyennes journalières en pyrène sur la campagne de mesure

Niveaux de métaux

Les incertitudes associées à l'estimation de la moyenne annuelle du nickel, de l'arsenic, du cadmium et du plomb sont respectivement de 18%, de 30%, de 11% et de 5%.

Niveau de risque de dépassement	Pas de risque	Peu probable	Vraisemblable	Certain
Code couleur				
		↑ 16,4 ng/m ³	↑ 20 ng/m ³	↑ 23,6 ng/m ³

Tableau A4 1 : Code couleur associé au risque de dépassement de la valeur cible (nickel) pour la concentration moyenne annuelle estimée en nickel

Niveau de risque de dépassement	Pas de risque	Peu probable	Vraisemblable	Certain
Code couleur				
		↑ 4,2 ng/m ³	↑ 6 ng/m ³	↑ 7,8 ng/m ³

Tableau A4 2 : Code couleur associé au risque de dépassement de la valeur cible (arsenic) pour la concentration moyenne annuelle estimée en arsenic

Niveau de risque de dépassement	Pas de risque	Peu probable	Vraisemblable	Certain
Code couleur				
		↑ 4,5 ng/m ³	↑ 5 ng/m ³	↑ 5,6 ng/m ³

Tableau A4 3 : Code couleur associé au risque de dépassement de la valeur cible (cadmium) pour la concentration moyenne annuelle estimée en cadmium

Niveau de risque de dépassement	Pas de risque	Peu probable	Vraisemblable	Certain
Code couleur				
		↑ 0,24 µg/m ³	↑ 0,25 µg/m ³	↑ 0,26 µg/m ³

Tableau A4 4 : Code couleur associé au risque de dépassement de l'objectif de qualité (plomb) pour la concentration moyenne annuelle estimée en plomb

		Moyenne campagne en ng/m ³	Moyenne annuelle estimée (du 01/09/15 au 31/08/16) en ng/m ³	Intervalle incertitude	
				Min	Max
Nickel	Site n°24 - Saint-Maur-des-Fossés	0.881	1.024	0.839	1.208
	Site n°25 - Port de Bonneuil	0.850	0.988	0.811	1.166
	Site n°26 - Bonneuil	0.947	1.100	0.902	1.298
Arsenic	Site n°24 - Saint-Maur-des-Fossés	0.319	0.385	0.269	0.500
	Site n°25 - Port de Bonneuil	0.285	0.344	0.241	0.447
	Site n°26 - Bonneuil	0.331	0.399	0.279	0.519
Cadmium	Site n°24 - Saint-Maur-des-Fossés	0.130	0.135	0.120	0.149
	Site n°25 - Port de Bonneuil	0.135	0.139	0.124	0.155
	Site n°26 - Bonneuil	0.127	0.131	0.117	0.146
Plomb (en µg/m ³)	Site n°24 - Saint-Maur-des-Fossés	0.005	0.005	0.005	0.005
	Site n°25 - Port de Bonneuil	0.008	0.007	0.007	0.008
	Site n°26 - Bonneuil	0.016	0.015	0.014	0.015

Tableau A4 5 : Estimation de la concentration moyenne annuelle en métaux sur les sites de mesure temporaires instrumentés lors de la campagne.

Niveaux de dioxyde d'azote

Les résultats des mesures hebdomadaires de NO₂ sont présentés dans les figures suivantes pour chaque série de mesure.

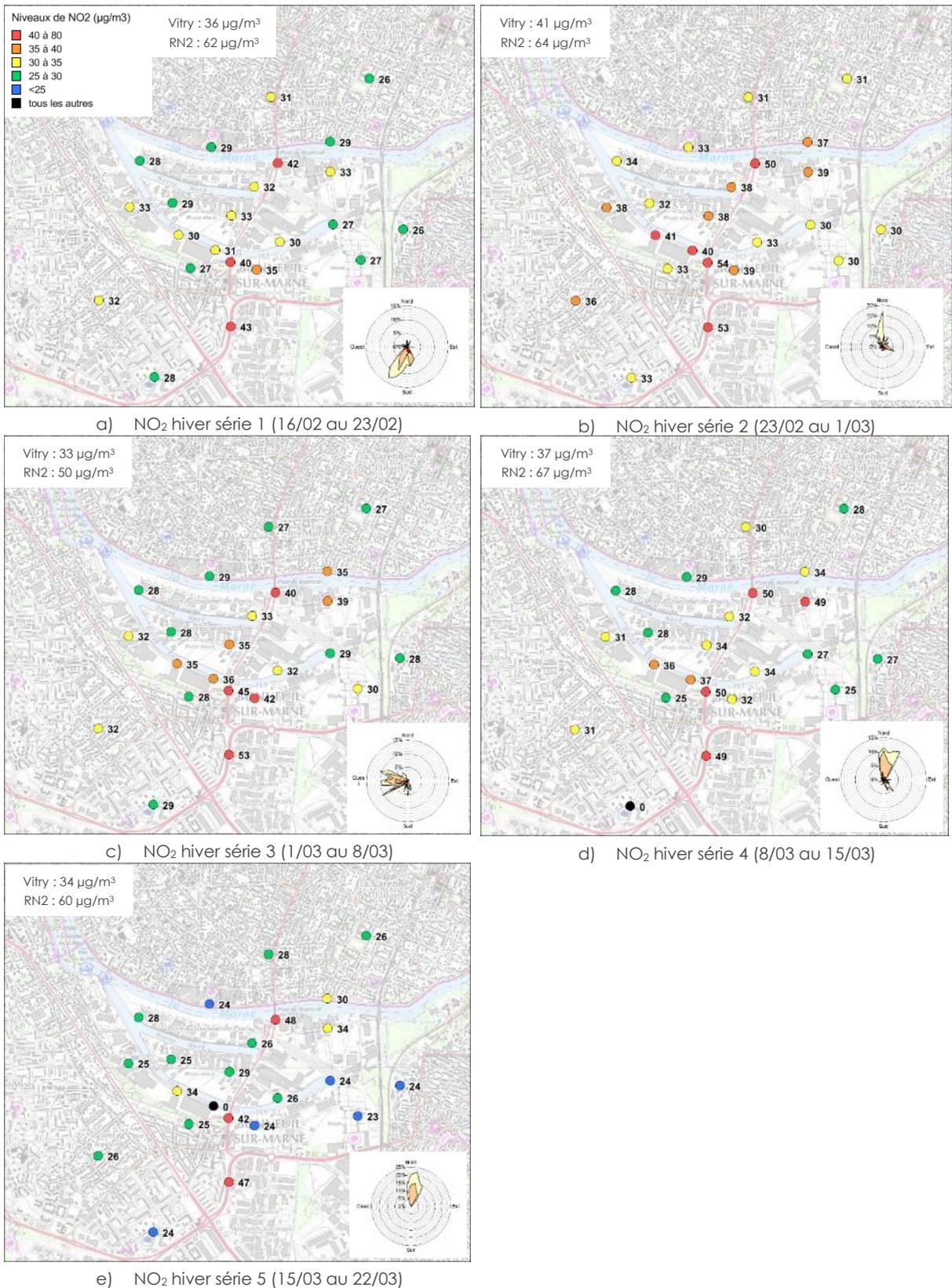


Figure A4 19 : Niveaux de NO₂ en moyenne hebdomadaire sur la campagne d'hiver [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

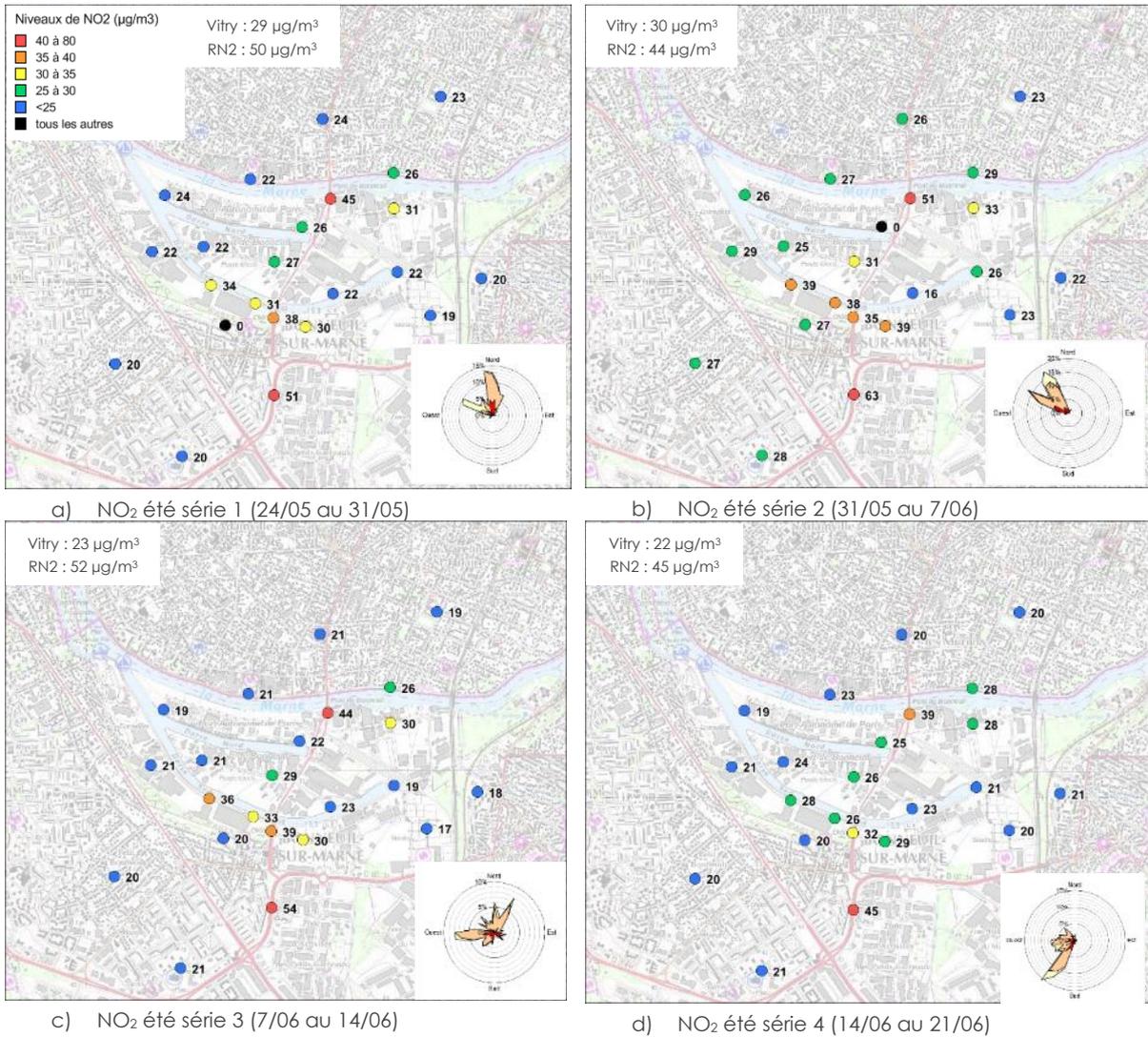


Figure A4 20 : Niveaux de NO₂ en moyenne hebdomadaire sur la campagne d'été [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

Niveaux de BTEX

Les résultats des mesures hebdomadaires de chaque BTEX sont présentés dans les figures suivantes pour chaque série de mesure.

Benzène



Figure A4 21 : Niveaux de benzène en moyenne hebdomadaire sur la campagne d'hiver [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

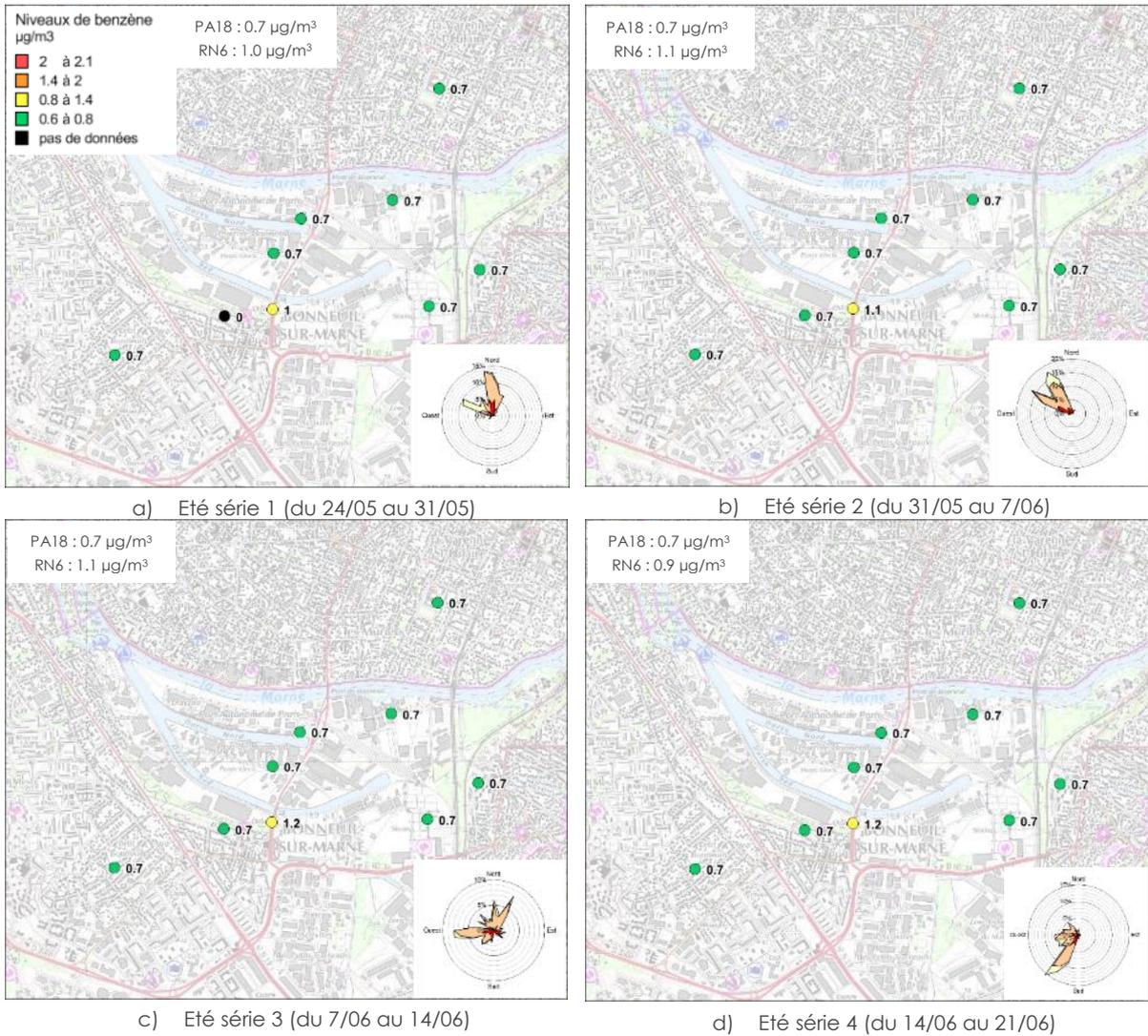
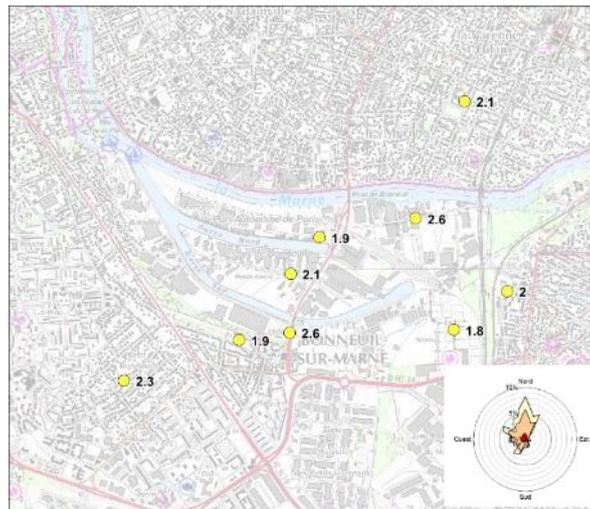


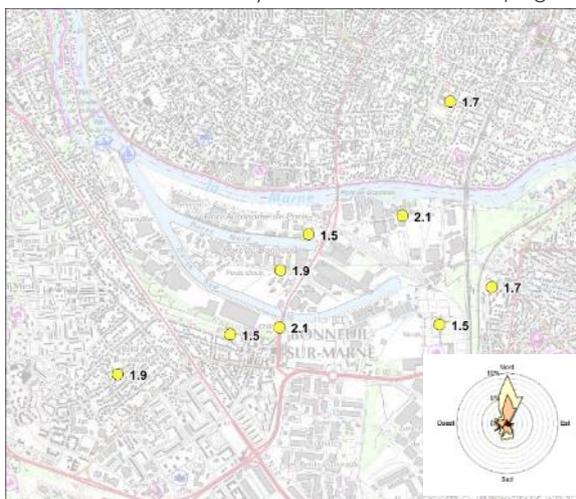
Figure A4 22 : Niveaux de benzène en moyenne hebdomadaire sur la campagne d'été [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

Niveaux de toluène
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

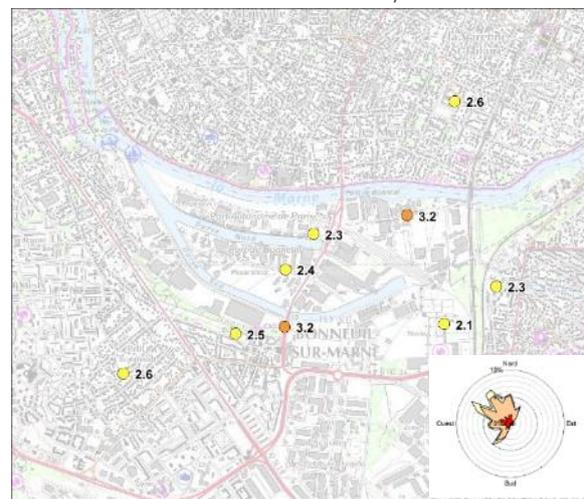
- 3 à 4.5
- 1.5 à 3
- 0 à 1.5
- pas de données



d) Ensemble de la campagne (du 16/02 au 22/03 et du 24/05 au 21/06)



e) Hiver



f) Eté

Figure A4 23 : Niveaux moyens de toluène sur l'ensemble de la campagne [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

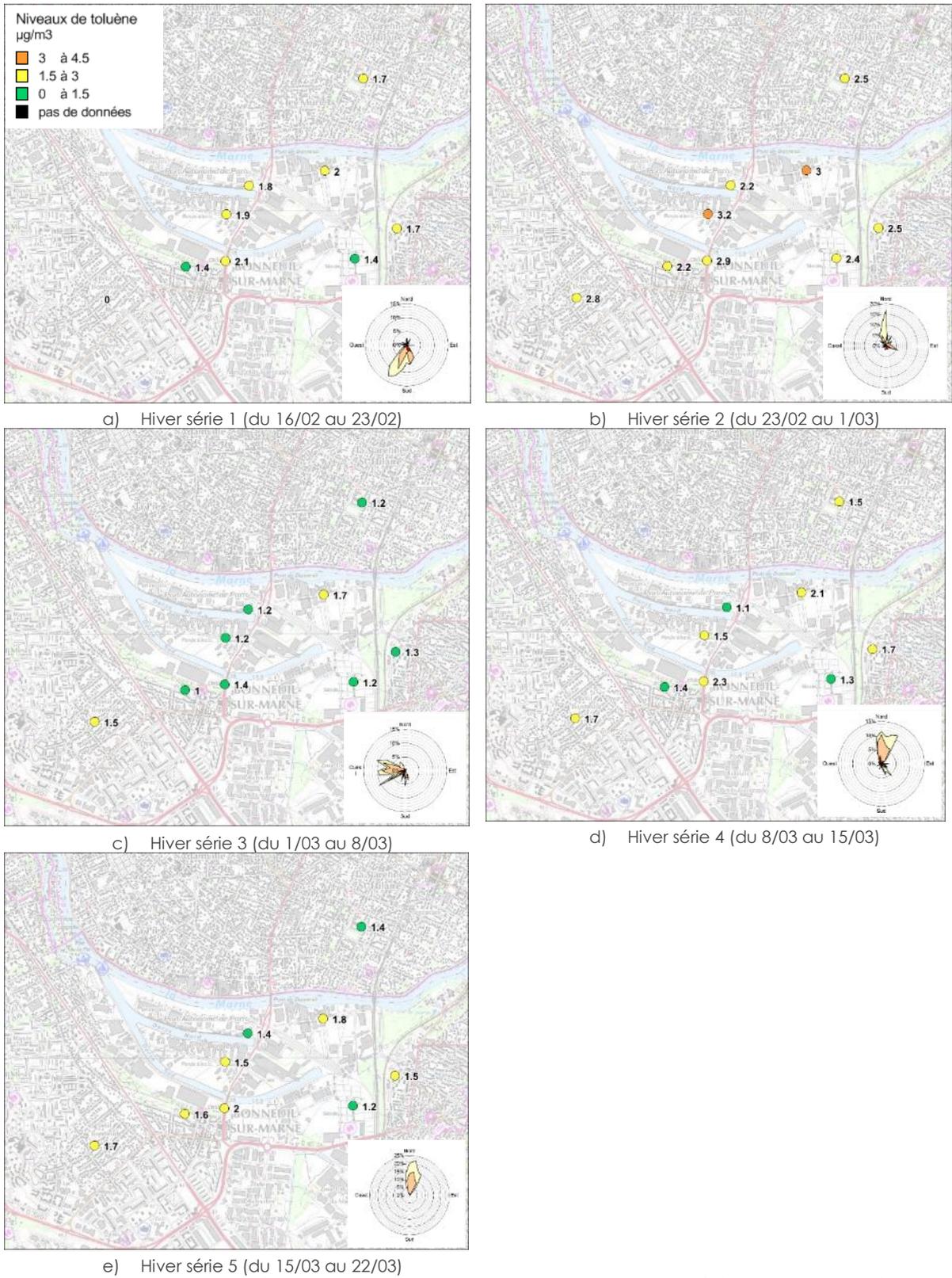


Figure A4 24 : Niveaux de toluène en moyenne hebdomadaire sur la campagne d'été [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

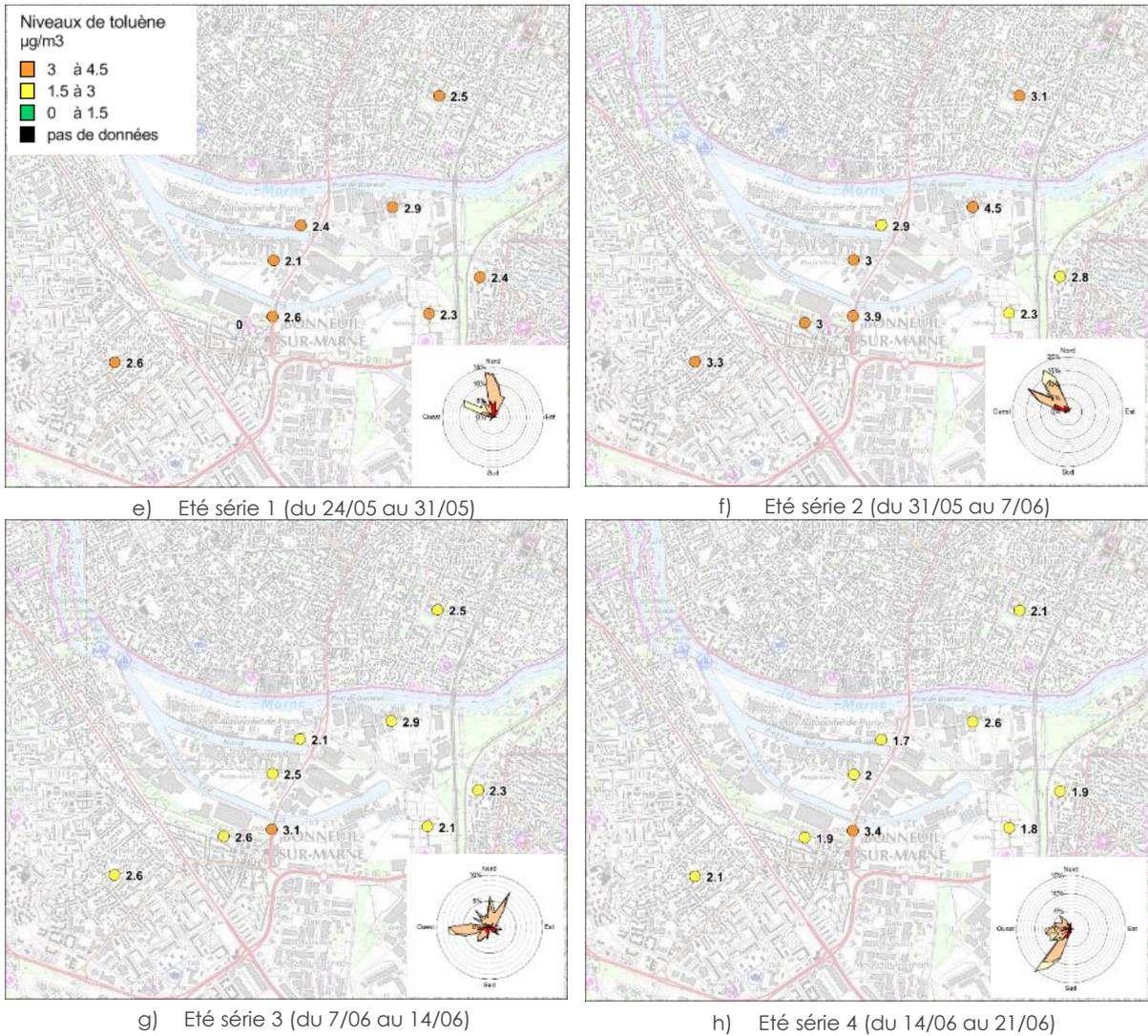
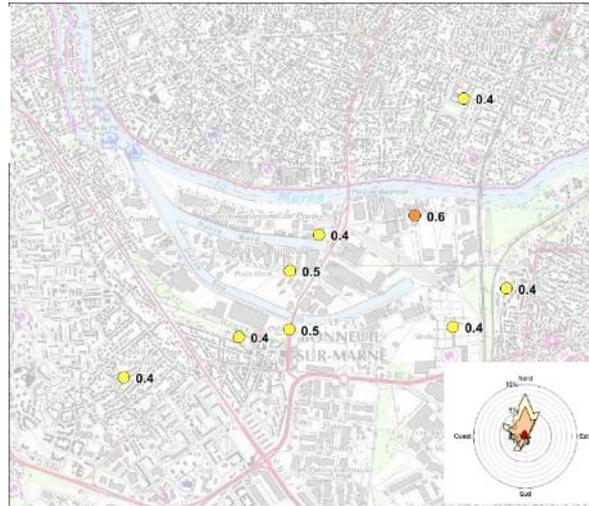


Figure A4 25 : Niveaux de toluène en moyenne hebdomadaire sur la campagne d'été [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

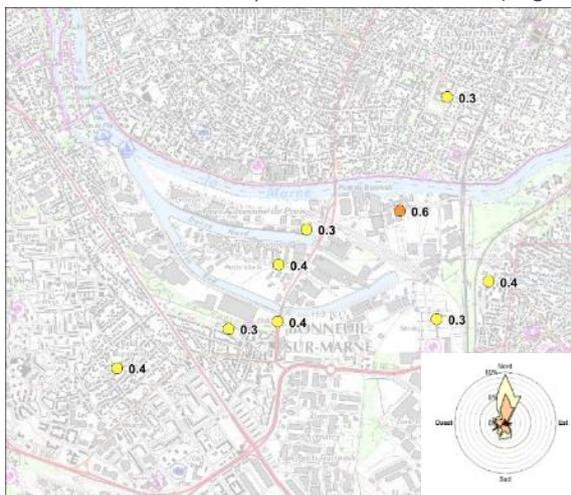
Ethylbenzène

Niveaux d'ethylbenzène
µg/m³

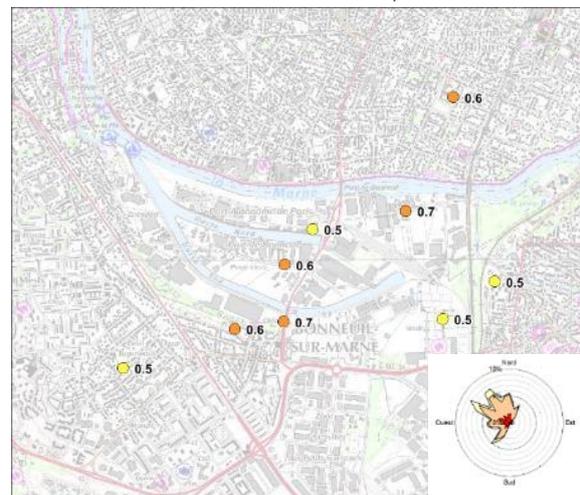
- 0.6 à 1.1
- 0.3 à 0.6
- 0 à 0.3



a) Ensemble de la campagne (du 16/02 au 22/03 et du 24/05 au 21/06)



b) Hiver



c) Eté

Figure A4 26 : Niveaux moyens d'ethylbenzène sur l'ensemble de la campagne [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]



Figure A4 27 : Niveaux d'ethylbenzène en moyenne hebdomadaire sur la campagne d'été [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

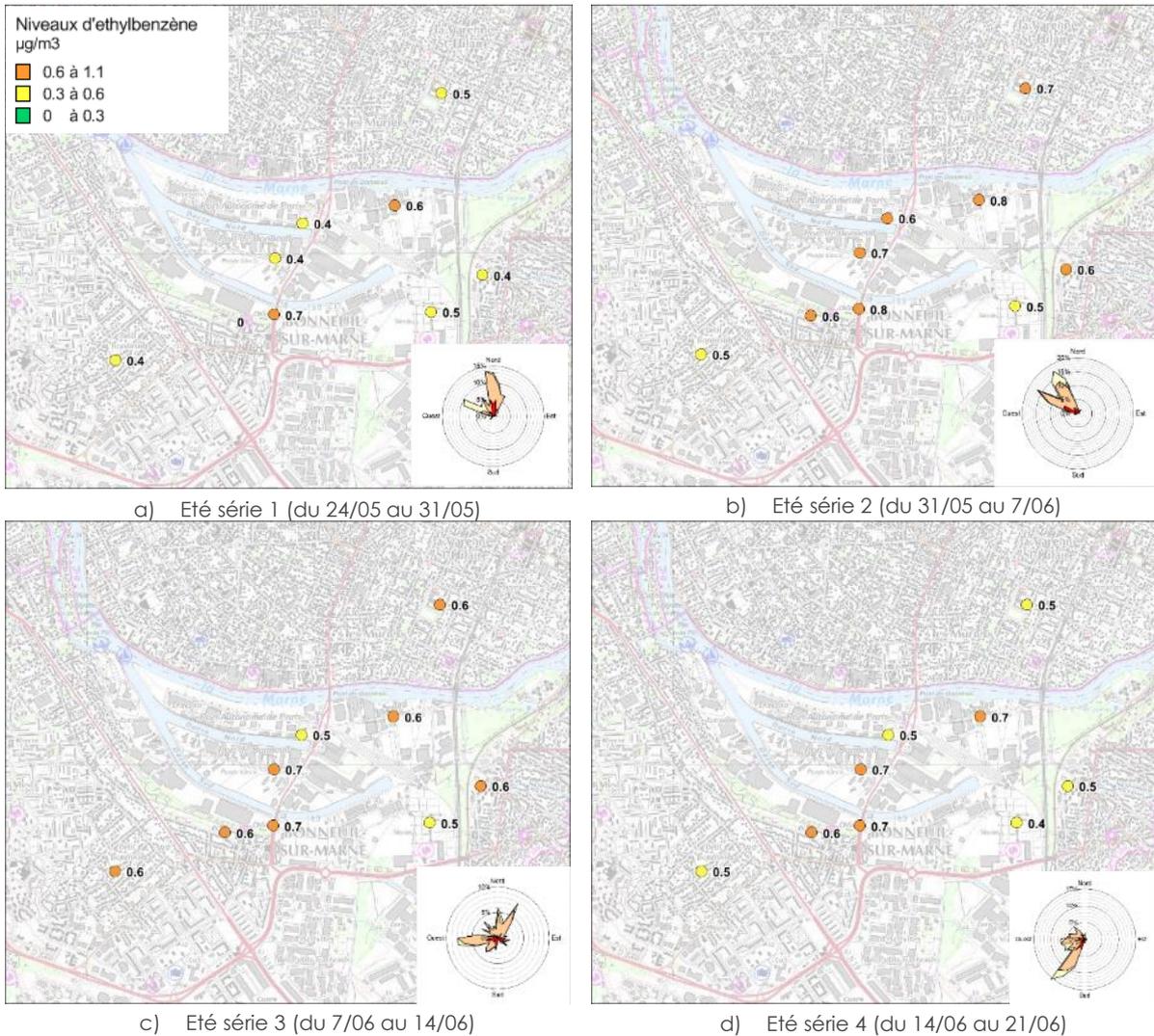
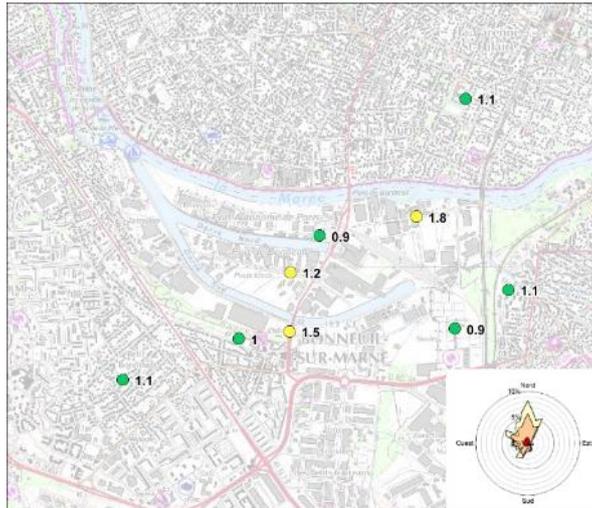


Figure A4 28 : Niveaux d'ethylbenzène en moyenne hebdomadaire sur la campagne d'été [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

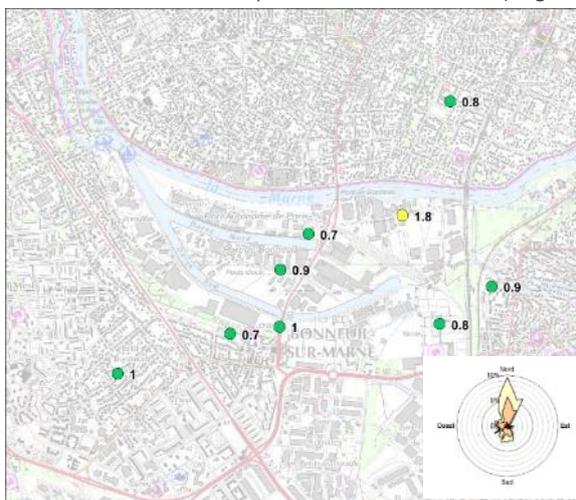
M-P-Xylène

Niveaux de M-P-xylène
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

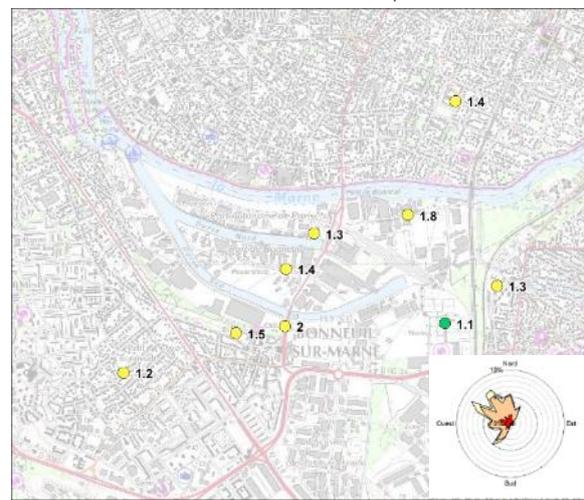
- 2.4 à 3.7
- 1.2 à 2.4
- 0 à 1.2
- pas de données



a) Ensemble de la campagne (du 16/02 au 22/03 et du 24/05 au 21/06)



b) Hiver



c) Été

Figure A4 29 : Niveaux moyens de M-P-Xylène sur l'ensemble de la campagne [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

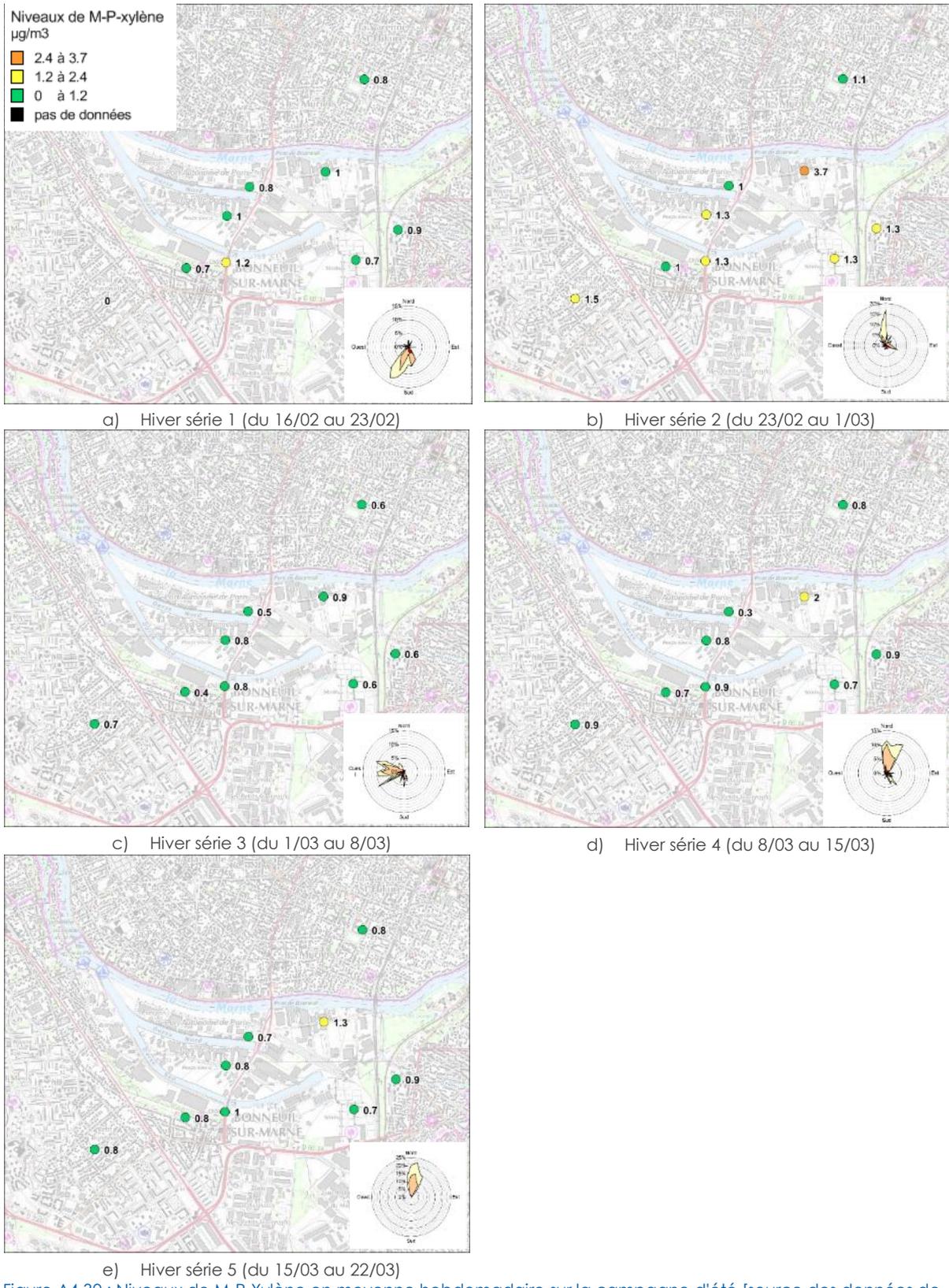


Figure A4 30 : Niveaux de M-P-Xylène en moyenne hebdomadaire sur la campagne d'été [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

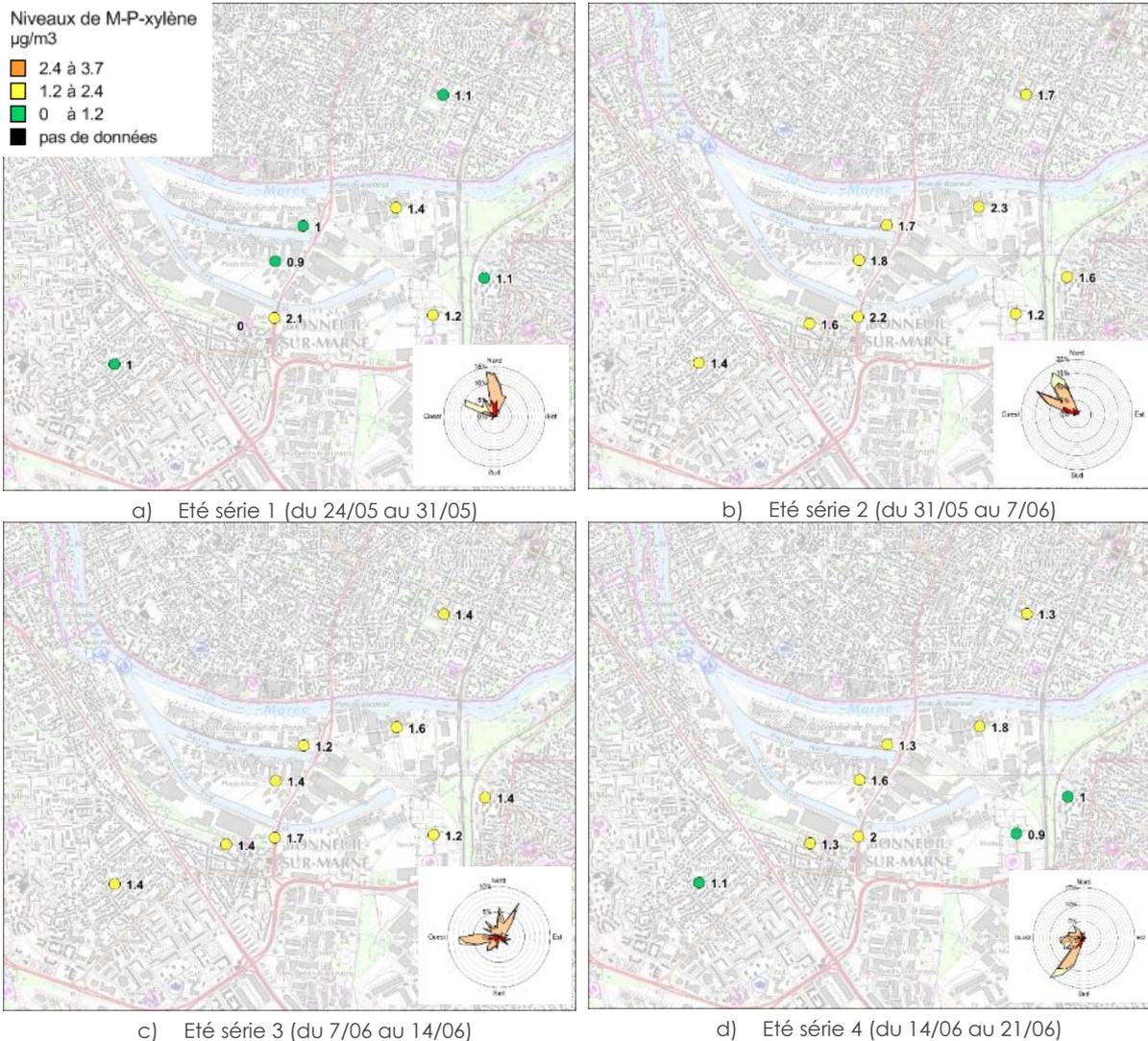


Figure A4 31 : Niveaux de M-P-Xylène en moyenne hebdomadaire sur la campagne d'été [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

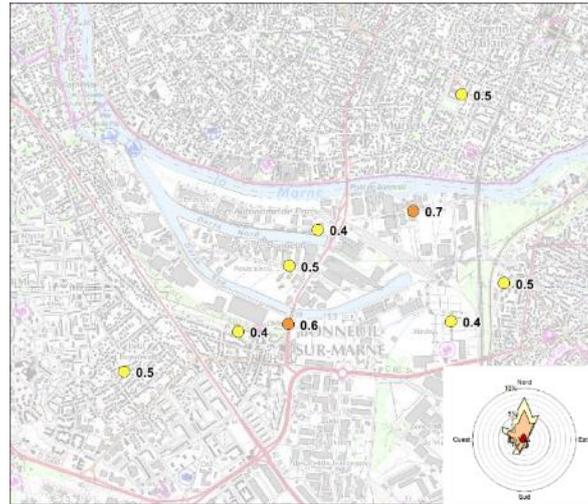
O-Xylène

Niveaux de O-xylène
µg/m³

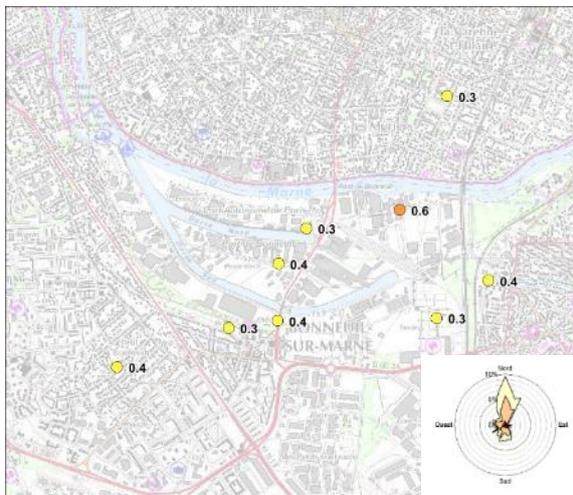
0.6 à 1.1

0.3 à 0.6

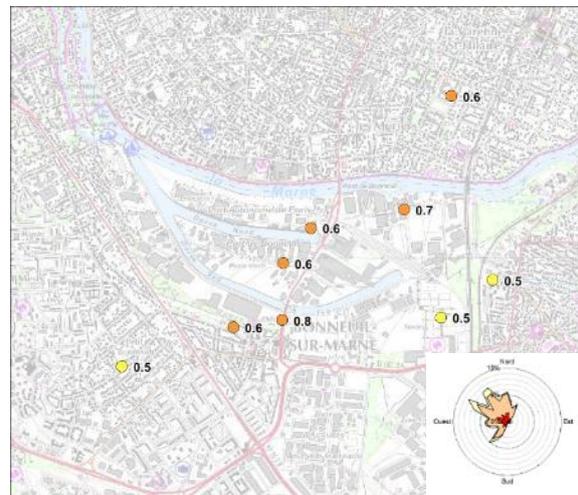
0 à 0.3



a) Ensemble de la campagne (du 16/02 au 22/03 et du 24/05 au 21/06)



b) Hiver



c) Eté

Figure A4 32 : Niveaux moyens d'O-Xylène sur l'ensemble de la campagne [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

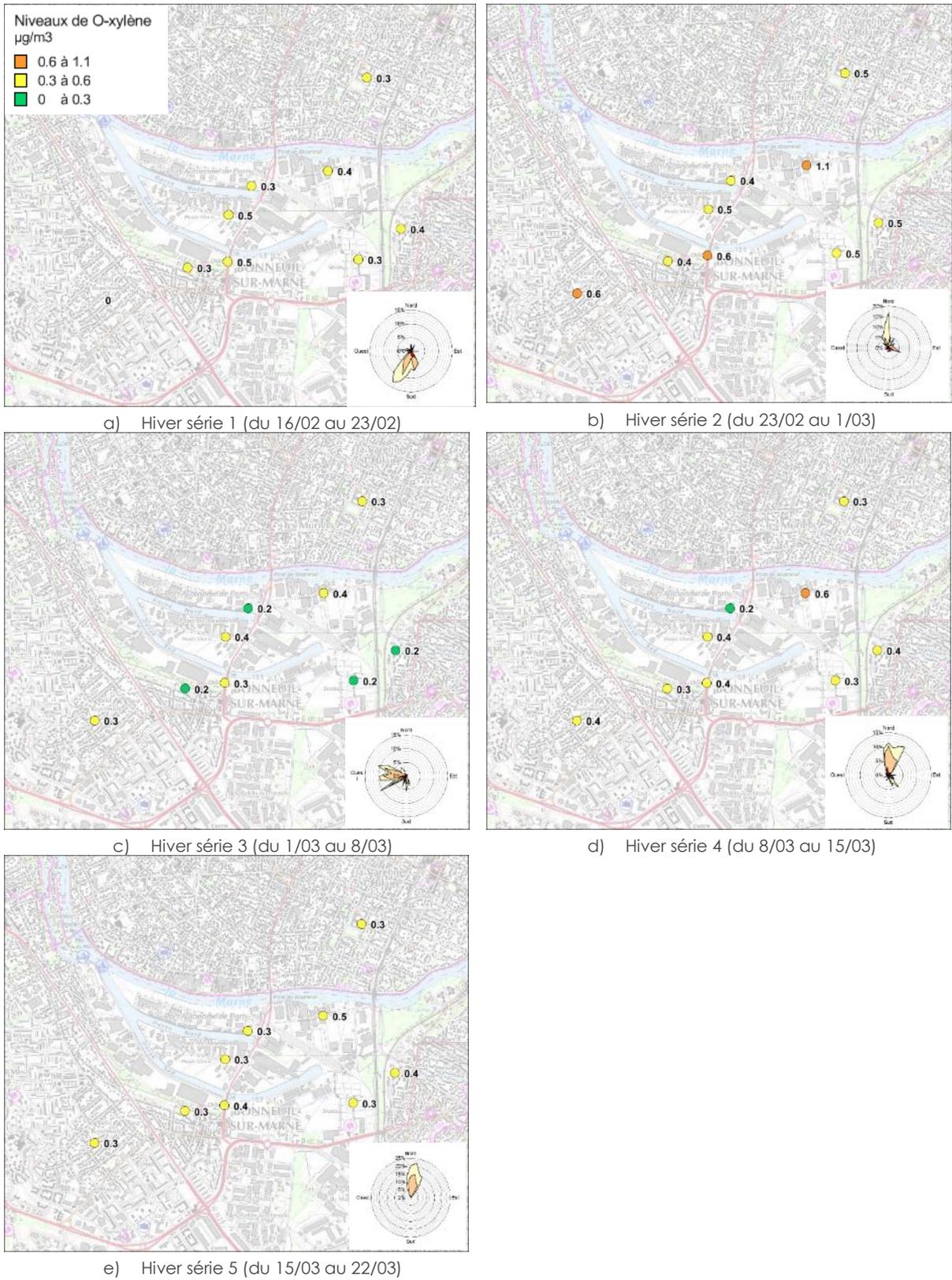


Figure A4 33 : Niveaux d'O-Xylène en moyenne hebdomadaire sur la campagne d'été [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]

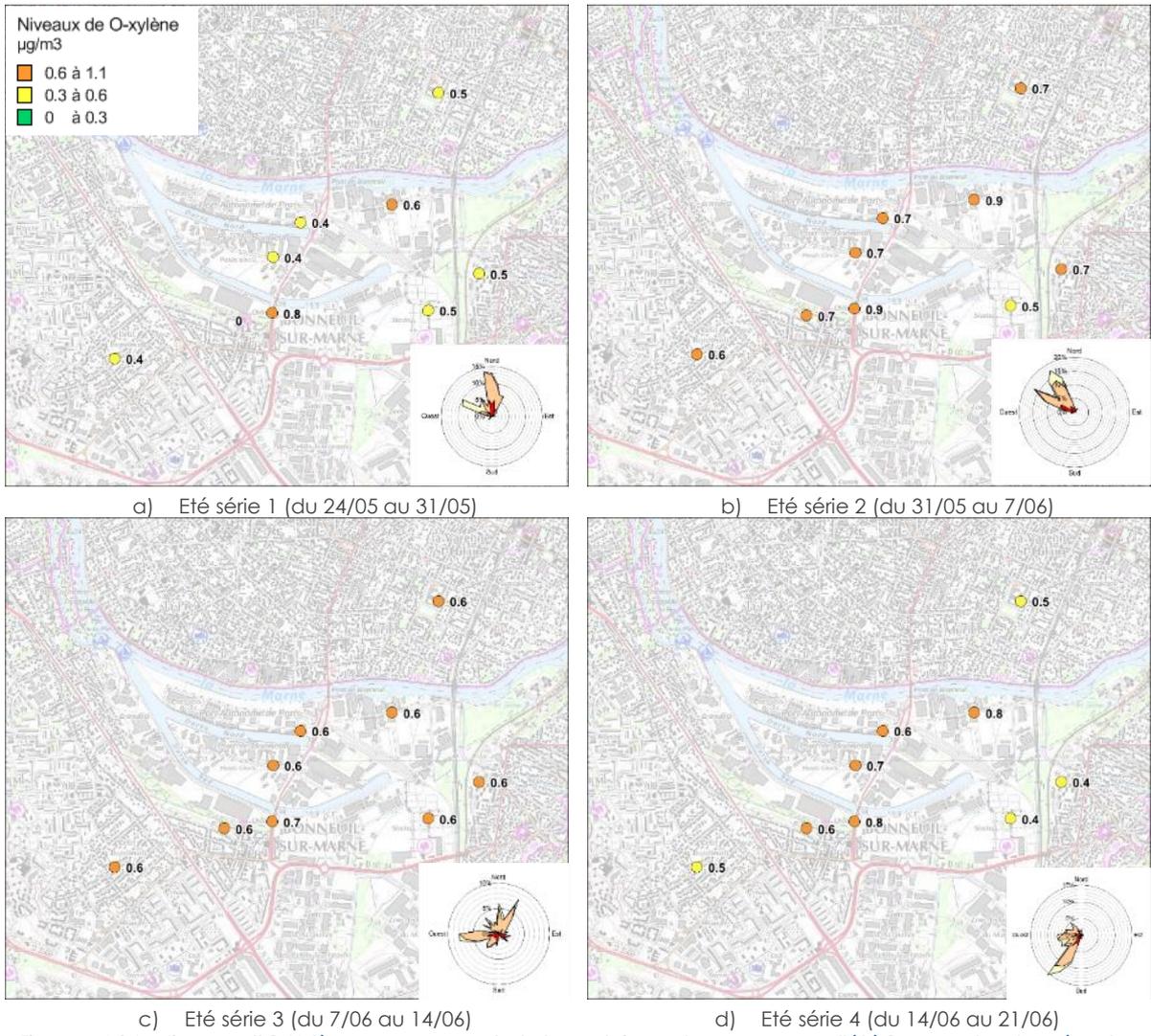


Figure A4 34 : Niveaux d'O-Xylène en moyenne hebdomadaire sur la campagne d'été [source des données de vent : Météo France] [fond de carte : IGN]