



Étude des retombées de poussières au centre des activités du port de Bonneuil-sur-Marne

Port autonome de Paris - Bonneuil-sur-Marne



ÉTUDE DES RETOMBÉES DE POUSSIÈRES AU CENTRE DES ACTIVITÉS DU PORT DE BONNEUIL-SUR-MARNE

Mai 2019

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
1. INTRODUCTION.....	4
1.1 CONTEXTE	4
1.2 MODALITES DE LA CAMPAGNE DE MESURES	7
1.3 NIVEAUX DE REFERENCE	9
2. RESULTATS DE LA CAMPAGNE 2018	10
2.1 CONDITIONS METEOROLOGIQUES GLOBALES DURANT LA CAMPAGNE DE MESURE	10
2.2 ANALYSE DES RESULTATS	11
2.2.1 Représentativité des sites sur l'année	11
2.2.2 Une hiérarchie des sites similaire entre 2016 et 2018 : de forts niveaux d'empoussièrement au centre des activités	11
2.2.3 Une forte variabilité mensuelle pour les sites au cœur du port	14
2.2.4 Recherche des facteurs météorologiques les plus influents : croisement de toutes les données	16
3. CONCLUSION	22
ANNEXE 1 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DE L'ENSEMBLE DES NIVEAUX D'EMPOUSSIEREMENT MESURES EN 2018	24
ANNEXE 2 : EMBLEMES DES SITES DE MESURE	33

1. INTRODUCTION

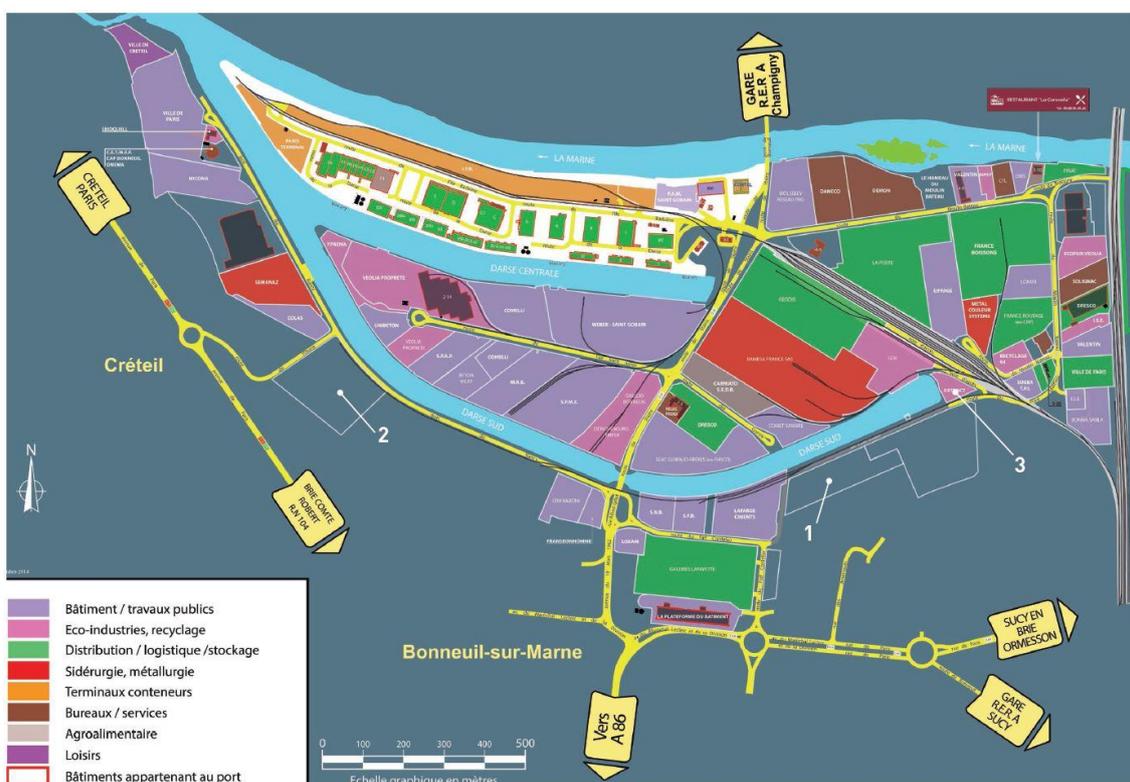
1.1 Contexte

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. Dans ce contexte, Airparif travaille avec Ports de Paris depuis 2015 pour évaluer la qualité de l'air au sein du port de Bonneuil-sur-Marne. Ce partenariat fait suite à des sollicitations régulières sur des questions relatives à la qualité de l'air dans le secteur, exprimées par les communes environnantes (Bonneuil-sur-Marne, Saint-Maur-des-Fossés, Sucy-en-Brie et Ormesson-sur-Marne), l'Etat, les riverains et leurs représentants.

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.

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 1).



¹ http://www.haropaports.com/sites/haropa/files/brochure_bonneuil_recto_v7.pdf
Etude des retombées de poussières au Port de Bonneuil-sur-Marne | Mai 2019

Outre le transport ferroviaire et fluvial, le trafic routier est aussi un moyen de transport important pour les marchandises de la zone d'activité. La circulation des véhicules, et notamment celle des poids lourds, engendre une remise en suspension des poussières et participe aux émissions diffuses de poussières. De plus, les multiples activités industrielles sont susceptibles de générer une grande quantité de poussières via les émissions des activités industrielles, l'abrasion mécanique et la remise en suspension de matériaux pulvérulents (vent, activités de manutention des graves etc.).

Airparif a été sollicitée régulièrement sur des questions relatives à la qualité de l'air dans le secteur du port de Bonneuil-sur-Marne depuis 2015. Les campagnes de mesures réalisées en 2016 ont permis de mettre en évidence un impact certain des activités du Port de Bonneuil-sur-Marne sur les concentrations de particules PM_{10} ² jusqu'à au moins 700m autour du port dans la direction des vents dominants, cependant sans dépassement de la valeur limite annuelle. Par ailleurs, sur l'ensemble des autres polluants analysés (particules $PM_{2.5}$, hydrocarbures aromatiques polycycliques, benzène, métaux, oxydes d'azote - NO_x), aucun impact significatif des activités du port n'a été noté, excepté un dépassement des valeurs réglementaires pour les NO_x à proximité du trafic routier, situation comparable aux axes routiers de même type en Ile-de-France.

Comme illustré à la Figure 2, des niveaux de poussières sédimentables³ plus forts ont été observés autour des activités industrielles, dans la zone sud du port essentiellement. Il n'existe pas de valeur limite réglementaire pour ce type de poussières : du fait de leur taille, leur sédimentation est rapide et elles ne pénètrent pas dans les voies respiratoires.

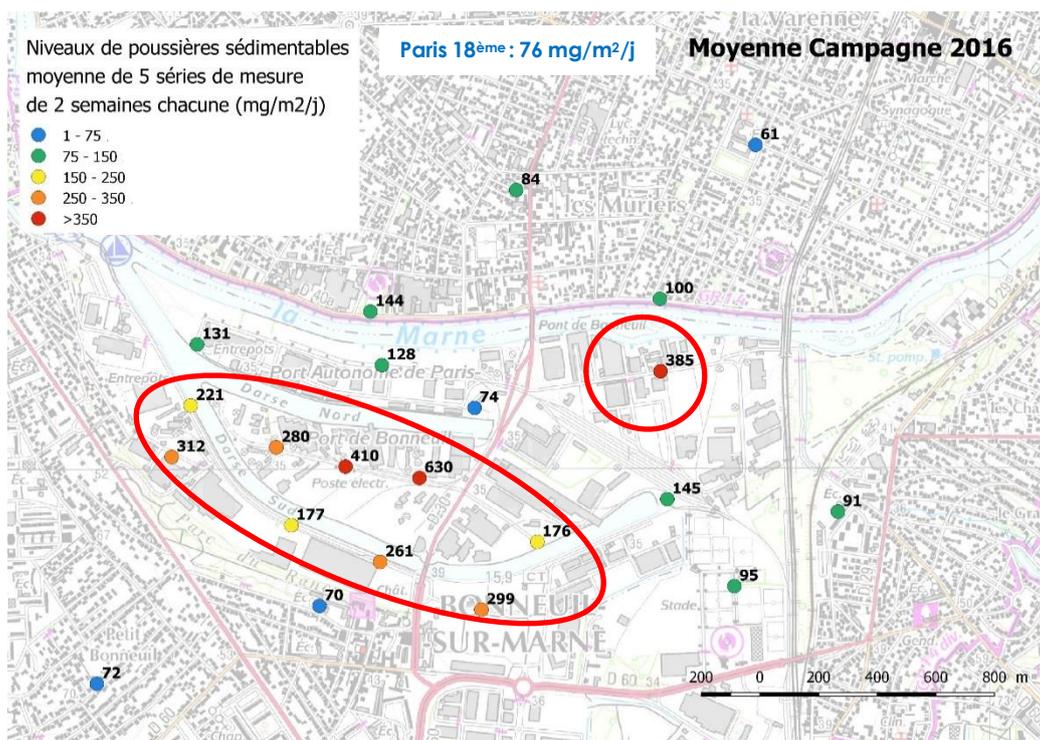


Figure 2 : Empoussièrément moyen sur et autour du port de Bonneuil-sur-Marne, lors de la campagne de 2016

La route de l'Île Saint-Julien et le Quai du Rancy ont été identifiés comme deux zones fortement impactées par ces poussières. Afin de fournir des éléments nécessaires de suivi de la qualité de l'air dans le cadre du Schéma d'Aménagement et de Développement Durable du port, Airparif a proposé un suivi des niveaux de poussières sédimentables sur un an de janvier à décembre 2018,

² PM_{10} : Particules de diamètre inférieur à 10 μm

³ **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.

sur et autour du Port de Bonneuil-sur-Marne. Le but était de qualifier et quantifier mois après mois l'évolution de l'empoussièrement sur et à proximité du port, afin de définir au mieux les solutions potentielles de suivi et d'abattement des poussières. Cette étude a été cofinancée par Ports de Paris et la ville de Saint-Maur-des-Fossés.

Les questions auxquelles cette étude propose de répondre sont les suivantes :

- ✓ **Les conclusions des mesures de 2018 sont-elles comparables à celles de 2016 ? Retrouve-t-on la même hiérarchie d'empoussièrement entre les sites ?**
- ✓ **Peut-on définir les zones les plus impactées ainsi que les causes locales possibles ?**
- ✓ **Quelles variations mensuelles peut-on observer ?**
- ✓ **Quels sont les principaux facteurs météorologiques influençant les dépôts de poussières (température, humidité, précipitations...) ?**
- ✓ **Y a-t-il des niveaux qui justifieraient une surveillance permanente sur certains sites ?**

Dans un deuxième temps, et si nécessaire selon les résultats, l'étude servira à alimenter une réflexion sur les dispositions à prendre pour diminuer l'empoussièrement sur le port.

1.2 Modalités de la campagne de mesures

Les poussières sédimentables (PSED) sont d'origine naturelle ou anthropique. Elles sont émises dans l'atmosphère et retombent sous l'effet de leur poids. Elles sont collectées par des plaquettes de dépôt, et mesurées pour la campagne 2018 de façon cumulative sur 1 mois. En 2016, les mesures ont été réalisées sur 2 semaines afin de multiplier les données sur une période de campagne plus courte. Cette différence de temps d'exposition des plaquettes entre les deux campagnes ne permet pas de comparer les résultats en valeur absolue, mais une comparaison de la hiérarchie des niveaux de poussières entre sites reste possible. Pour 2018, 12 sites ont été sélectionnés sur les 22 de 2016, ainsi qu'un site de référence à Vitry-sur-Seine, loin de l'impact potentiel du port mais représentatif du milieu urbain en petite couronne parisienne. Le site de référence de 2016 était situé à Paris 18^{ème}, où un grand nombre de mesures automatiques sont déjà réalisées continuellement par Airparif et qui constituait donc une référence pour l'ensemble des polluants mesurés lors de la campagne.

Les mesures se sont déroulées sur 12 mois (12 prélèvements), permettant de documenter la variabilité saisonnière des niveaux. Les mesures se sont portées sur 10 mois pour les sites n°23 et 24 à Saint-Maur-des-Fossés, à partir du mois de mars (ajout de ces sites à la demande de la ville).

La méthodologie de mesure des poussières sédimentables se réfère à la norme AFNOR NF X 43-007 de décembre 2008. Cette méthode de mesure concerne exclusivement les poussières sédimentables. Elle ne rend pas compte des éventuels problèmes liés aux poussières en suspension dans l'air, beaucoup plus fines (diamètre moyen inférieur à 10 microns), qui sédimentent de manière beaucoup plus limitée.

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 mesures se font dans un environnement dégagé, permettant la libre circulation des poussières autour du dispositif. Ces mesures permettent de quantifier un empoussièrément dans la zone d'étude.

Les analyses sont réalisées par ATMO Occitanie, spécialisée dans ces mesures depuis les années 1980. L'analyse se déroule en 3 temps :

1 / Lavage de la plaquette à l'aide d'un solvant afin de récupérer les poussières sur un filtre préalablement pesé ;

2 / Passage du filtre chargé de poussières à l'étuve pour évaporer le solvant ;

3 / Pesée du filtre chargé de poussières.

Les résultats sont exprimés en milligrammes de poussières déposées par mètre carré et par jour (mg/m²/jour). Une valeur moyenne est ainsi calculée pour chaque mois de l'année.

La Figure 3 présente l'emplacement des 10 sites de mesure sélectionnés pour la campagne 2018 (en orange), à partir des niveaux mesurés en 2016 (nombreux sites conservés au centre des activités).

Le site n°16 de 2016 a été déplacé en 2018 de 130 mètres (site n°16b) en raison d'un changement d'environnement au précédent emplacement (plantation d'arbres) ne permettant plus l'installation de la plaquette. Ce changement modifie légèrement la nature du site : il était en 2016 au droit de la route de l'île Barbière : la route n'était pas empoussiérée, les poussières provenaient majoritairement des activités situées au centre du port par vents de sud. Il est placé en 2018 au bord de la darse centrale, pour évaluer plus directement le transfert au nord du port des poussières provenant de ces activités.

Le site n°12, situé route de l'île Saint-Julien au centre du port, présentait les niveaux les plus élevés en 2016 mais n'a pas été replacé en 2018 en raison aussi d'un environnement modifié (suppression du poteau électrique de soutien). Le site n°13, deuxième site empoussiéré en 2016, a été conservé. Comme précisé plus haut, deux sites ont été instrumentés à Saint-Maur-des-Fossés n°23 et n°24) à la demande de la mairie, afin de continuer la surveillance de l'influence du port dans cette zone urbaine, à partir de mars 2018. Cette surveillance permet de vérifier les conclusions de la campagne de 2016, qui a montré que les poussières sédimentables ne se retrouvent pas à l'extérieur de la zone portuaire.

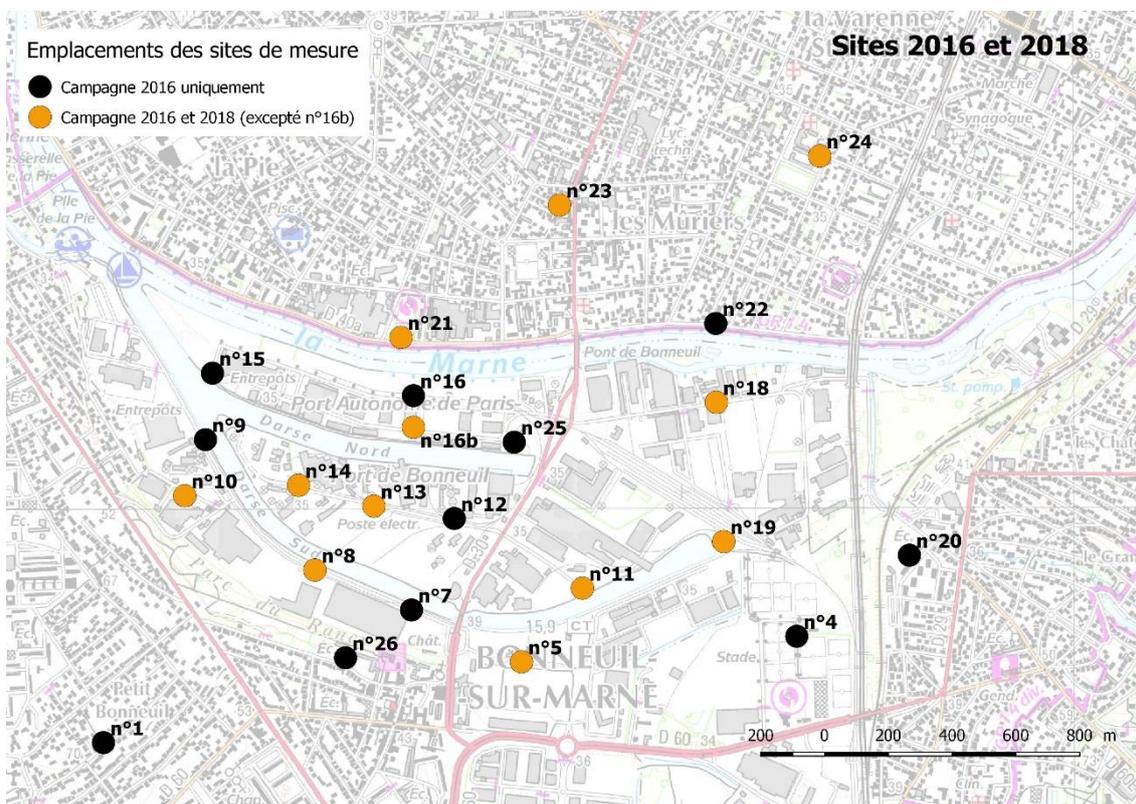


Figure 3 : Localisation des sites de mesure des poussières sédimentables par plaquette pour les campagnes 2016 et 2018

Les poussières sédimentables ont aussi été mesurées sur le site du réseau de mesures permanentes d'Airparif de Vitry-sur-Seine. Cela permet de comparer les résultats des mesures sur le secteur d'étude à des niveaux de fond urbain. 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.

1.3 Niveaux de référence

En l'absence de seuil réglementaire, des ordres de grandeur qualifiant l'empoussièremont ont été définis par ATMO Occitanie, qui a une longue expérience dans ces mesures. Cette échelle s'appuie sur les classes d'empoussièremont en moyennes annuelles selon les niveaux mesurés généralement en région Occitanie (suivi des retombées de poussières à proximité de carrières et de zones industrielles) : un empoussièremont « faible » en-dessous de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$, empoussièremont moyen entre 150 et 250 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$, et empoussièremont fort au-dessus de 250 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$.

Empoussièremont annuel	
< 150 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$	Empoussièremont faible
150 à 250 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$	Empoussièremont moyen
> 250 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$	Empoussièremont fort
Empoussièremont mensuel	
> 350 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$	Gêne potentielle importante
> 1000 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$	Exceptionnel, il se rencontre dans l'environnement immédiat de certaines carrières ou de certains centres industriels particulièrement empoussiérés, généralement au cours de mois secs et / ou ventés.

Tableau 1 : Niveaux de référence de l'empoussièremont définis par ATMO Occitanie

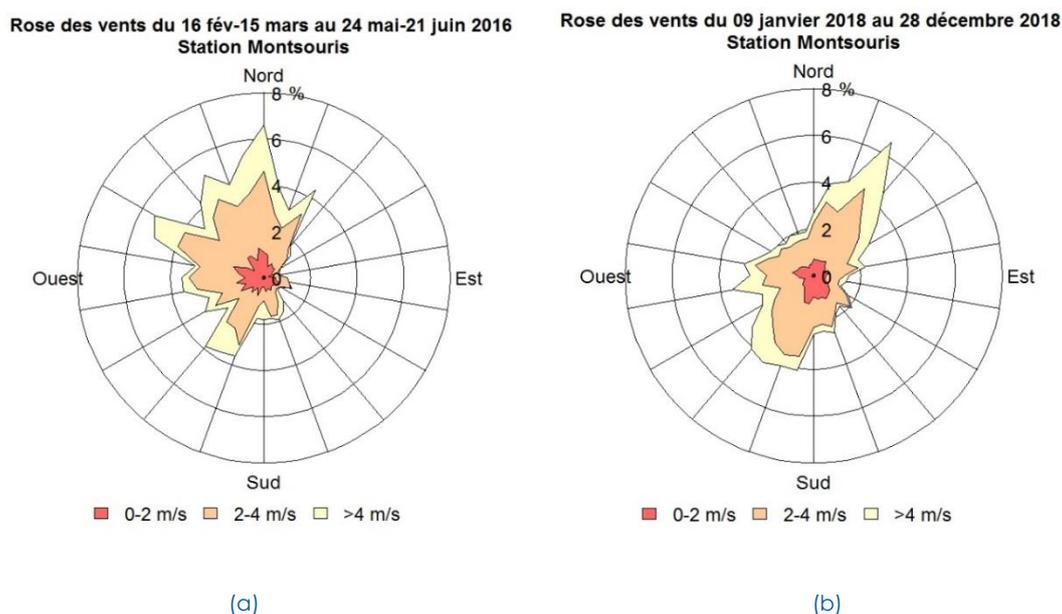
A titre informatif, la norme allemande fixe à 350 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ le seuil des nuisances importantes (en niveau mensuel).

2. Résultats de la campagne 2018

2.1 Conditions météorologiques globales durant la campagne de mesure

Les commentaires suivants s'appuient sur les observations de la station Météo-France de référence située à Montsouris (Paris 14^{ème} arrondissement), pour la vitesse et la direction de vent, l'humidité relative et les précipitations.

La Figure 4 représente la fréquence des régimes de vent ainsi que les vitesses de vent pour l'année 2018 (à droite) et la période de mesure de la campagne de 2016 (à gauche) : 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). D'une rose des vents « habituelle » en Ile-de-France sur une année ressortent majoritairement les vents de sud-ouest et de nord-est avec davantage de vents de sud-ouest. En 2016, la rose des vents sur la période de mesure différait d'une rose « habituelle » annuelle par une grande proportion de vents du quart nord-ouest. Les directions des vents en 2018 sont majoritairement de nord-est puis de sud-ouest, ce qui est légèrement atypique mais nettement plus proche d'une rose « habituelle ». Les régimes de vent sont globalement dispersifs (favorables à la remise en suspension pour les poussières sédimentables).



La température moyenne annuelle mesurée à la station Montsouris est de 14°C en 2018. D'après Météo France, cette année est au 1^{er} rang des années les plus chaudes depuis le début du XX^e siècle. L'humidité moyenne à Montsouris en 2018 est de 70%, variant fortement d'un mois à l'autre. Le premier semestre, de janvier à juin, a bénéficié d'une pluviométrie abondante mais hétérogène, avec les mois de février et d'avril moins pluvieux que les autres. La région a ensuite subi un déficit persistant jusqu'à novembre. Ces éléments permettent d'expliquer de possibles forts niveaux de poussières au second semestre, la sécheresse étant favorable à la remise en suspension des poussières.

2.2 Analyse des résultats

2.2.1 Représentativité des sites sur l'année

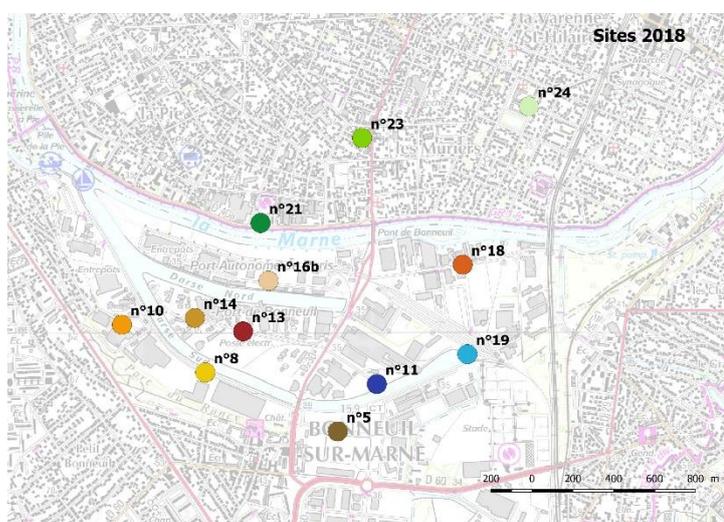
Au cours des mesures, il arrive que les plaquettes soient endommagées, retrouvées à terre ou enlevées.

Sur l'année 2018, la majorité des sites de mesure ont suffisamment de données pour que les résultats globaux soient représentatifs d'une année (voir Tableau 2).

Pour les sites n°23 et 24, les mesures n'ont débutées qu'à partir de mars. Le résultat annuel du site n°24 est à prendre avec précaution car 5 mois n'ont pas pu être analysés (3 mois où les plaquettes ont été vandalisées).

Site	Nombre de mois sans analyse possible	Pourcentage de plaquettes analysées sur l'année 2018
n°13	0	100%
n°10	0	100%
n°18	0	100%
n°8	0	100%
n°5	1 (mai)	92%
n°14	0	100%
n°11	2 (mai, août)	83%
n°19	2 (avril, juillet)	83%
n°21	2 (octobre, décembre)	83%
n°16b	1 (février)	92%
n°23	2 (janvier, février)	83%
N°24	5 (janvier, février, juillet, août, octobre)	58%
VITRY	0	100%

(a)



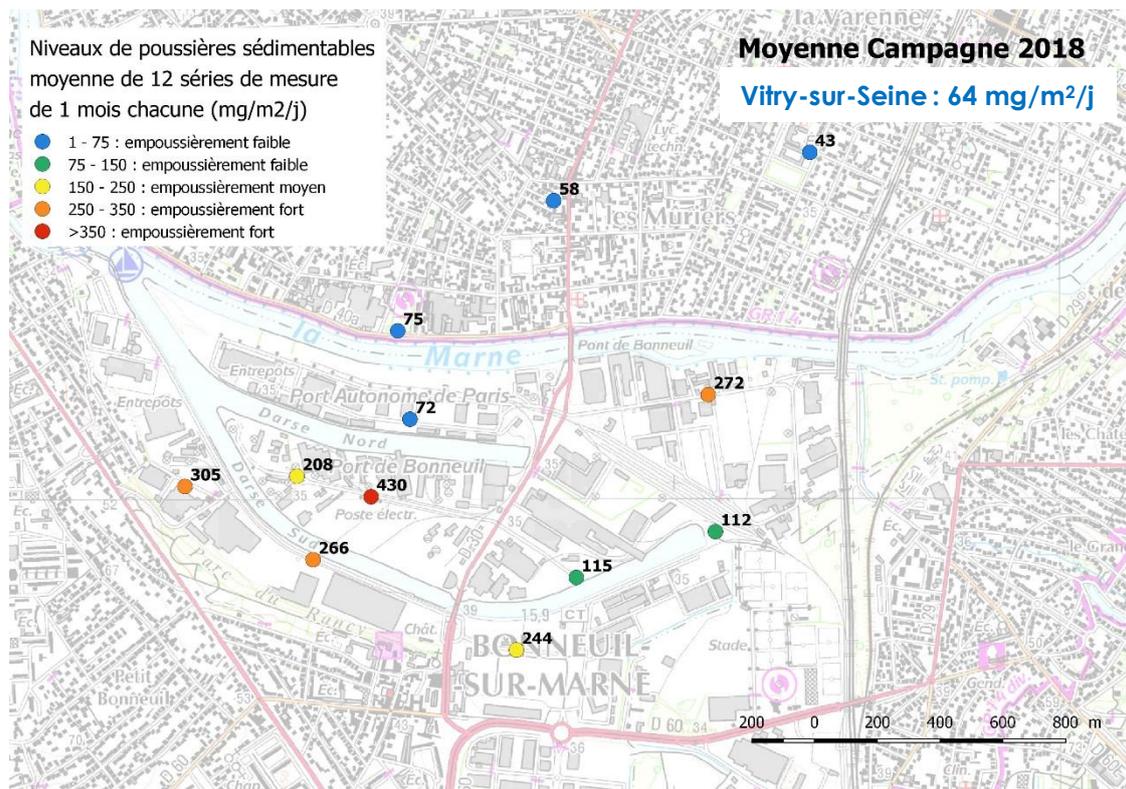
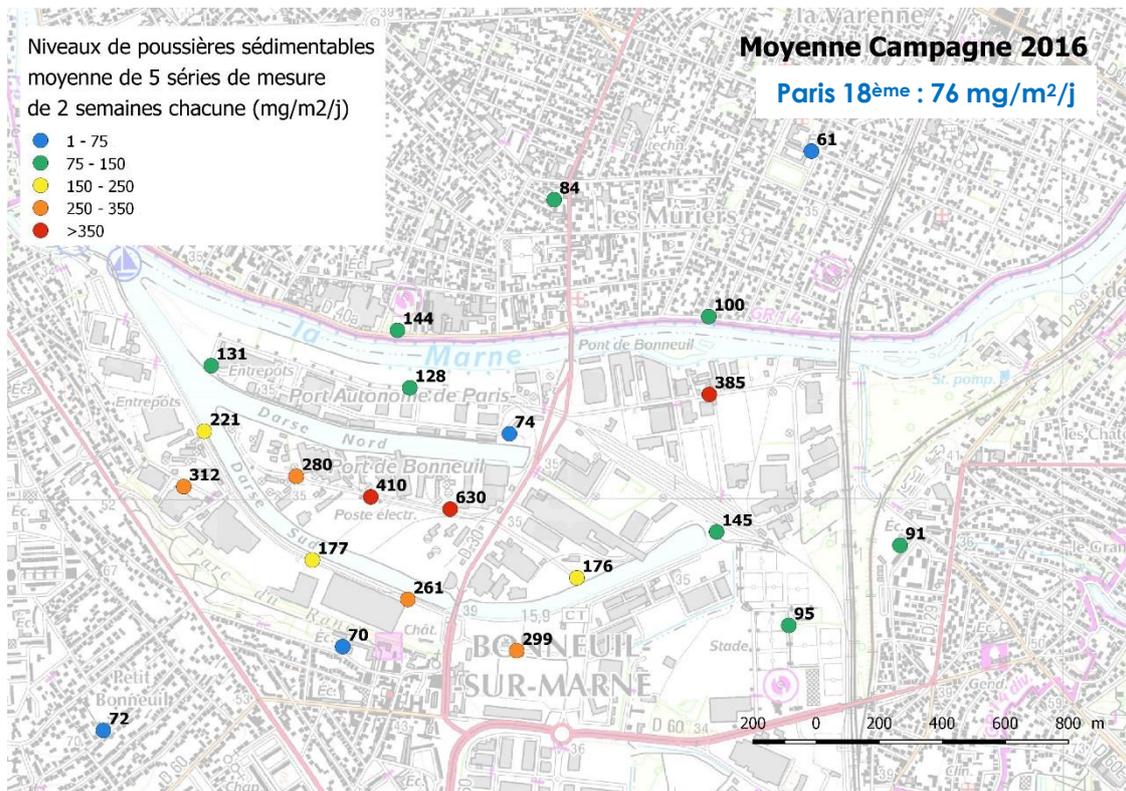
(b)

Tableau 2 : Données analysées en 2018 (a), localisation des sites (b)

2.2.2 Une hiérarchie des sites similaire entre 2016 et 2018 : de forts niveaux d'empoussièremment au centre des activités

Les moyennes d'empoussièremment sur 5 séries de mesure de 2 semaines chacune en 2016 sont présentées Figure 5, regroupant des semaines hivernales (février/mars) et des semaines estivales (mai/juin), afin d'être représentatives des différentes conditions météorologiques sur l'année. Ceci permet de comparer la hiérarchie des sites entre 2016 et 2018. L'échelle de couleur pour cette figure est indicative car les mesures qui ont abouti à l'élaboration des valeurs repères d'ATMO Occitanie sont sur 1 mois, et non 2 semaines.

Les moyennes des mesures de 2018 sont présentées Figure 6. La moyenne se base cette fois sur 12 séries de 1 mois chacune. Il est important de rappeler que la durée d'exposition des plaquettes étant différente en 2018 par rapport à 2016 (1 mois contre 2 semaines), les valeurs absolues des résultats ne sont pas comparables. La hiérarchie d'empoussièremment des sites peut en revanche être comparée.



Une première observation peut être faite sur ces cartes : sur l'année 2018, quatre sites ont un empoussièrment « fort » selon les valeurs repères d'ATMO Occitanie. Ils se trouvent sur le Quai du Rancy, sur la rue du Moulin Bateau et au centre de la route de l'Île Saint-Julien. Sur deux sites, l'empoussièrment est « moyen », au bout de la route de l'Île Saint-Julien et rue du Fief Cordelier. Tous ces sites se situent en bord de route, à proximité du passage de poids lourds et d'activités émettrices de poussières de tailles plus ou moins importantes (PM₁₀, cf. résultats de 2016, poussières sédimentables) : sables industriels, enrobés bitumineux, recyclage de métaux, fabrication de

béton... Ces activités peuvent produire des poussières par abrasion, des poussières remises en suspension par le vent issues du stockage de matériaux pulvérulents, et générer un trafic de poids lourds qui peuvent remettre aussi en suspension les poussières ayant sédimenté aux abords des activités et sur les routes. Tout ceci conduit à ces niveaux de dépôt de poussières qualifiés de « moyens » à « forts ».

Par ailleurs, d'autres sites observent des niveaux de dépôt de poussières faibles : partie sud-est du port, à l'extrémité de la route des Gorres et de la rue du Moulin Bateau, partie nord-ouest du port, route de l'île Barbière et en-dehors du port sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés. Cela confirme les conclusions de 2016 : les sites de Saint-Maur-des-Fossés sont représentatifs du milieu urbain de la petite couronne, avec des niveaux de retombées de poussières similaires à ceux de Vitry-sur-Seine.

L'intérêt de cette comparaison est avant tout de répondre à la question suivante : la hiérarchie d'empoussièremment des sites est-elle la même en 2018 et en 2016 ?

La Figure 7 présente les niveaux moyens d'empoussièremment sur l'année 2018. Les valeurs repères annuelles d'ATMO Occitanie, basées sur des mesures d'exposition de 4 semaines, sont reportées sur le graphique de 2018 et non sur celui de 2016, les mesures ayant été réalisées sur 2 semaines et non 1 mois.

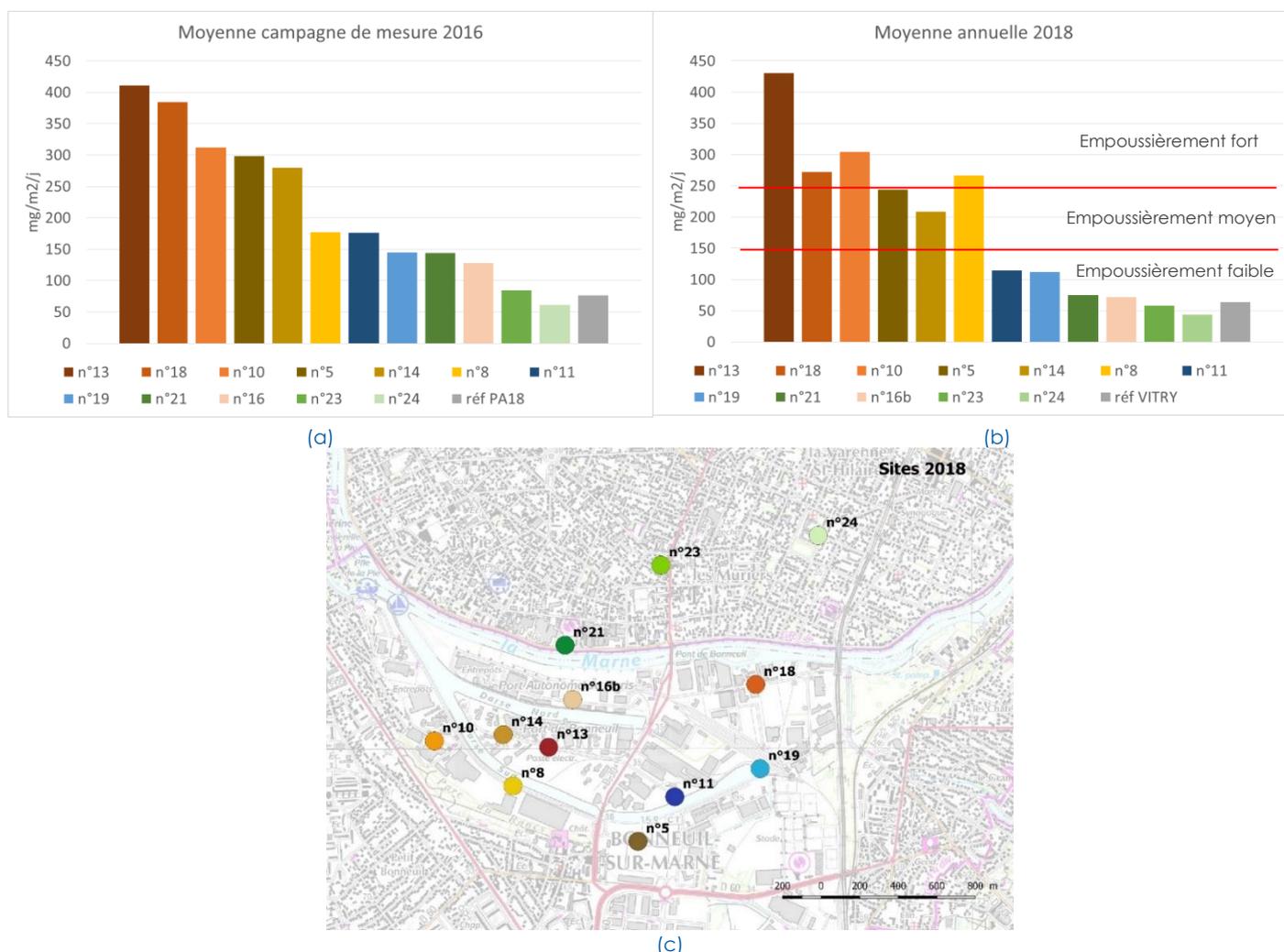


Figure 7 : Moyenne d'empoussièremment des sites lors de la campagne en 2016 (a) et sur l'ensemble de l'année 2018 (b) et localisation des sites (c)

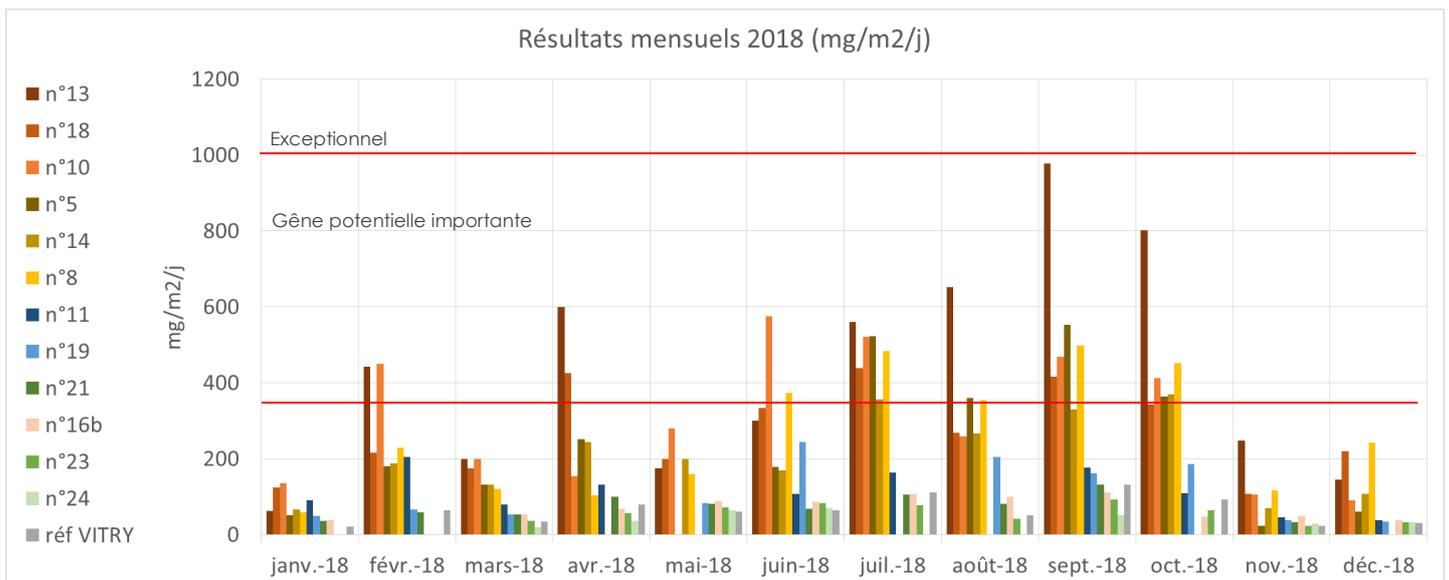
Globalement, une même hiérarchie d'empoussièrément selon les sites est observée. Les mêmes sites qu'en 2016 se retrouvent les plus impactés par le dépôt de poussières en 2018. Cependant, deux sites voient leur place dans les niveaux moyens changer : le site rue du Moulin Bateau (n°18) est moins exposé en moyenne sur l'année 2018 que le site n°10 au bout du Quai du Rancy, ce qui était l'inverse au cours de la campagne de 2016. Il semble que le site rue du Moulin Bateau soit moins exposé en 2018, même s'il reste à un niveau d'empoussièrément « fort ». Le site n°8 sur le Quai du Rancy est aussi davantage exposé en 2018 par rapport à 2016, passant de la position 6 à la position 4 dans la hiérarchie et rentrant dans la classe d'empoussièrément fort comme les sites n°13, 18 et 10. Ces deux changements peuvent refléter une évolution des activités et/ou des pratiques aux alentours de ces sites.

En conclusion, les sites les plus empoussiérés restent ceux situés au centre des activités : route de l'île Saint-Julien, Quai du Rancy, rue du Moulin Bateau et rue du Fief Cordelier. La hiérarchie diffère légèrement entre ces six sites, mais celui au centre de l'île Saint-Julien reste le plus empoussiéré. Les sites au sud-est et au nord du port, davantage éloignés, ne subissent pas cet empoussièrément et observent des niveaux représentatifs de ceux de la petite couronne, non influencés par des activités spécifiques. Ce constat est également vrai sur les sites les plus éloignés (n°23 et n°24), signifiant que l'impact des activités sur l'empoussièrément est limité au cœur du port.

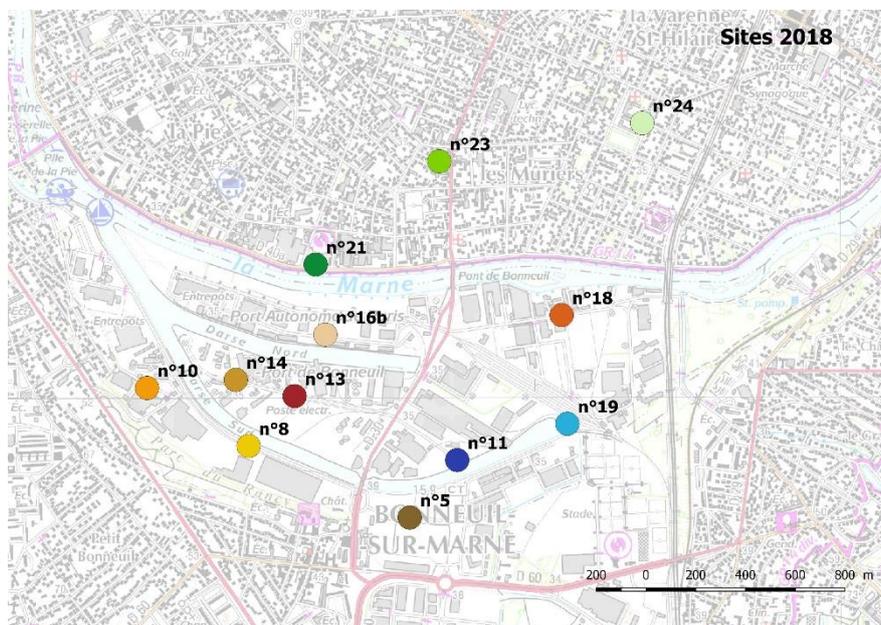
2.2.3 Une forte variabilité mensuelle pour les sites au cœur du port

Les niveaux d'empoussièrément dans la zone d'activités du port peuvent être « faibles » certains mois, représenter une « gêne importante » d'autres mois et se rapprocher de niveaux « exceptionnels » un autre mois.

La Figure 8 regroupe l'ensemble des valeurs mensuelles d'empoussièrément relevées en 2018, avec la couleur d'identification du site reportée sur la carte. Les valeurs repères mensuelles d'ATMO Occitanie sont reportées sur le graphique.



(a)



(b)

Figure 8 : Niveaux mensuels de chaque site instrumenté (a) et localisation des sites (b)

La hiérarchie des sites n'est pas identique selon les mois, mais les seuls sites dépassant parfois les 350 mg/m²/j sont les six sites proches des activités, repérés en moyenne annuelle comme moyennement à fortement empoussiérés. Les autres sites ne dépassent jamais cette valeur sur l'année 2018.

Les mois durant lesquels le plus d'empoussièremment a été mesuré aux sites les plus exposés sont les mois de février, avril, et de juin à octobre, donc majoritairement en période estivale.

Lors des périodes d'empoussièremment les plus élevées (dépassement des 350 mg/m²/j), le site n°13 au centre de la route de l'île Saint-Julien fait partie des sites en situation de « gêne potentielle importante », excepté au mois de juin, lors duquel seuls les sites n°10 et 8, Quai du Rancy, ont dépassé cette valeur. Ceci était a priori contextuel aux activités industrielles proches de ces sites, voire aux régimes de vent de nord-est observés au mois de juin, plaçant davantage les sites n°10 et n°8 sous le vent des principales activités émettrices de poussières. Cependant, l'influence des vents à l'échelle mensuelle n'est pas confirmée dans la suite de l'analyse.

Aucun site ne dépasse le niveau qualifié d' « exceptionnel » par ATMO Occitanie de 1000 mg/m²/j à l'échelle mensuelle, mais le site n°13, route de l'île Saint-Julien, s'en approche en septembre (977 mg/m²/j) et en octobre (801 mg/m²/j), mois très secs.

2.2.4 Recherche des facteurs météorologiques les plus influents : croisement de toutes les données

L'objectif de cette partie est d'évaluer l'influence de certains paramètres météorologiques (température, humidité, précipitations, régimes de vent) sur les niveaux d'empoussièrement. L'influence de la pluviométrie/humidité est d'abord évaluée, suivie par celle des régimes de vent. Celle de la température n'est pas abordée car elle n'est pas significative. Par ailleurs, le paramètre "volume d'activité" des entreprises n'a pas été pris en compte dans cette étude.

Influence de la pluviométrie

La Figure 9 (niveaux d'empoussièrement de juillet) et la Figure 10 (niveaux d'empoussièrement de novembre) ont été choisies pour montrer deux situations extrêmes : des niveaux « faibles » en novembre pour tous les sites (avec des niveaux toutefois plus élevés toujours aux sites au centre de la zone portuaire), et « élevés » (>350 mg/m²/j) aux six sites le plus exposés de la zone portuaire en juillet. L'ensemble des cartes mensuelles est présenté en Annexe 1.

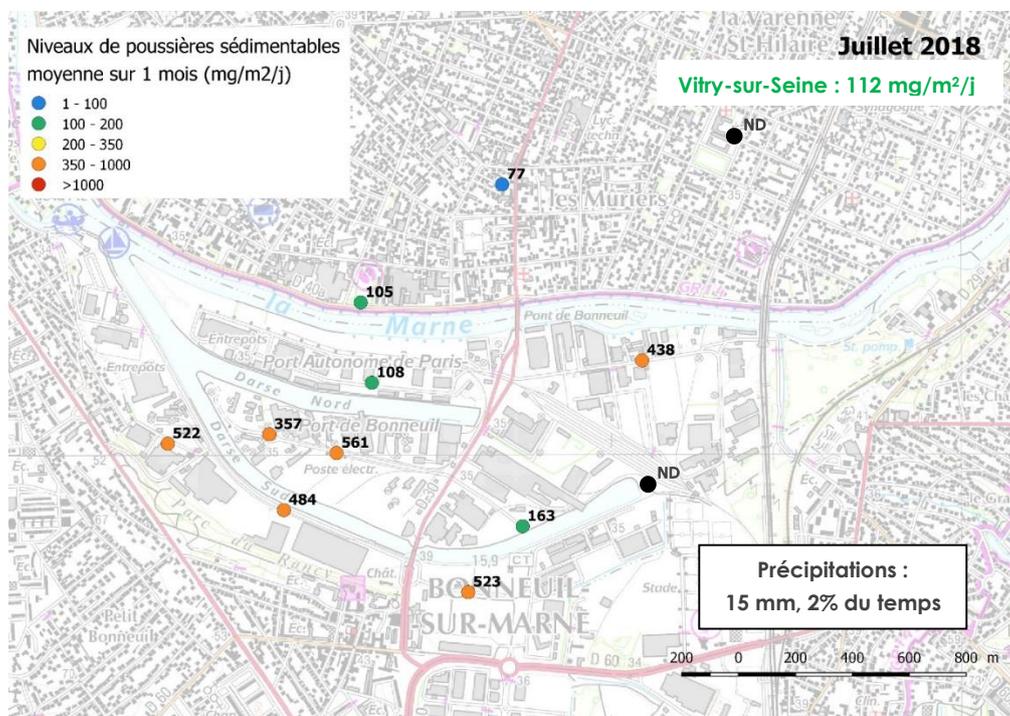


Figure 9: Niveaux d'empoussièrement de juillet 2018

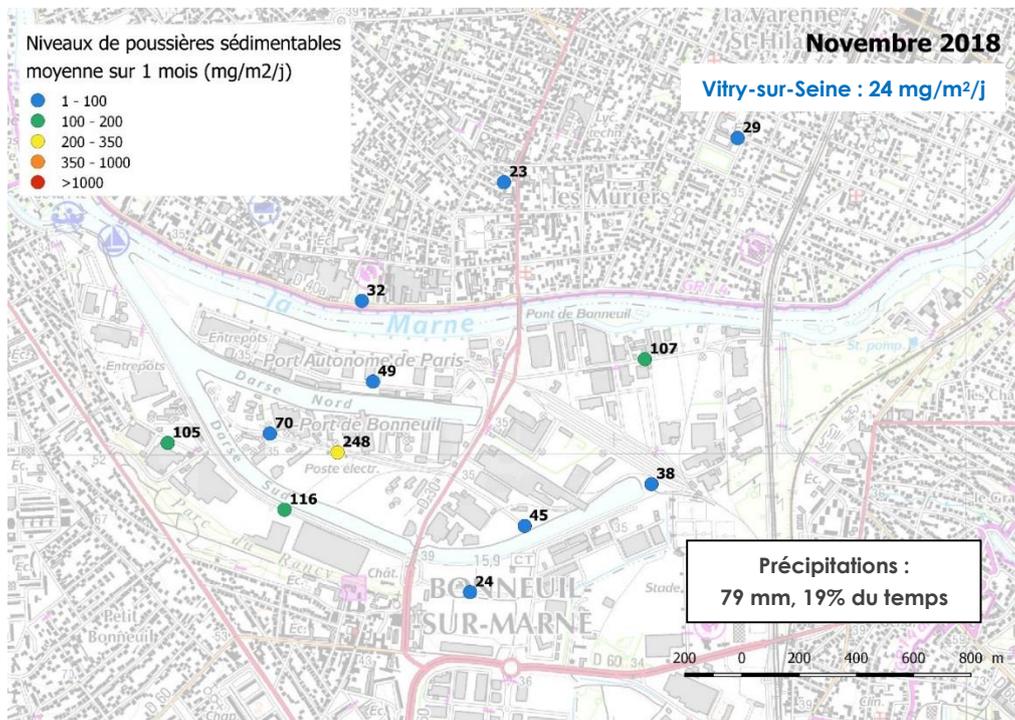


Figure 10: Niveaux d'empoussièrement de novembre 2018

Le mois de juillet a enregistré de forts niveaux d'empoussièrement sur les six sites situés au cœur des activités du port (Quai du Rancy, route de l'Île Saint-Julien, rue du Moulin Bateau). Ceci s'explique essentiellement par des précipitations quasi inexistantes.

Par ailleurs, les précipitations sont revenues au mois de novembre, avec une forte humidité, ce qui a nettement limité l'empoussièrement.

La Figure 11 regroupe sur un même graphique les niveaux mensuels d'empoussièrement (moyennes de tous les sites), les précipitations (mm), l'humidité (%) et la fréquence des précipitations en pourcentage du temps d'exposition (données météorologiques exploitées à l'échelle horaire). Ce dernier paramètre permet de différencier les mois observant peu de précipitations mais ponctuellement de très fortes pluies, des mois avec de nombreux jours de pluie légère. Si la quantité de précipitations peut être la même, l'impact sur les niveaux d'empoussièrement peut être très différent.

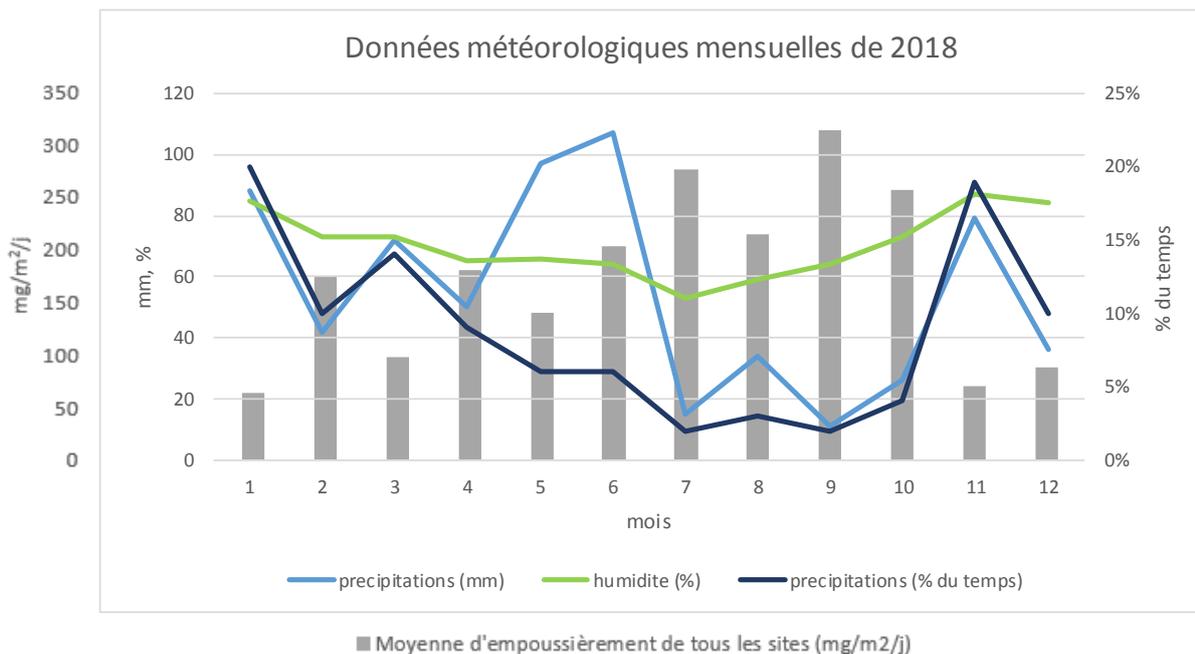


Figure 11 : Données météorologiques mensuelles de 2018 et niveaux moyens d'empoussièrment mensuels de tous les sites (station Montsouris, source Météo France)

Les mois de mai à octobre ont vu une fréquence très faible de précipitations, moins de 10% du temps, et de fortes précipitations ponctuelles ont été enregistrées en mai et juin. Les niveaux d'empoussièrment ont une forte relation avec la fréquence des précipitations. Cette relation est confirmée aussi statistiquement par des analyses de covariance de chaque paramètre avec l'empoussièrment. L'humidité, la température et la somme des précipitations ne sont pas statistiquement significatifs, contrairement à la fréquence des précipitations.

Cette relation (logarithmique) entre niveaux d'empoussièrment de l'ensemble des sites et fréquence des précipitations est illustrée par le graphique Figure 12.

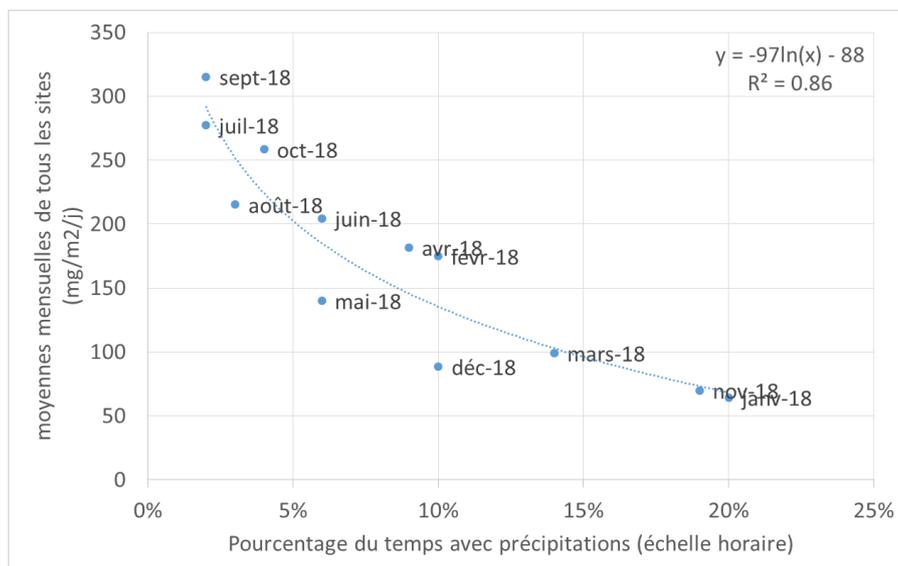


Figure 12 : Relation entre niveaux d'empoussièrment sur la zone du port et fréquence de précipitations

La Figure 13 et la Figure 14 font le même exercice avec les niveaux d'empoussièrment mensuels du site le plus exposé, à savoir le site n°13, route de l'Île Saint-Julien. Ce site est celui retranscrivant individuellement le mieux cette relation entre empoussièrment et fréquence des précipitations, et ce malgré les exceptions de mai et juin.

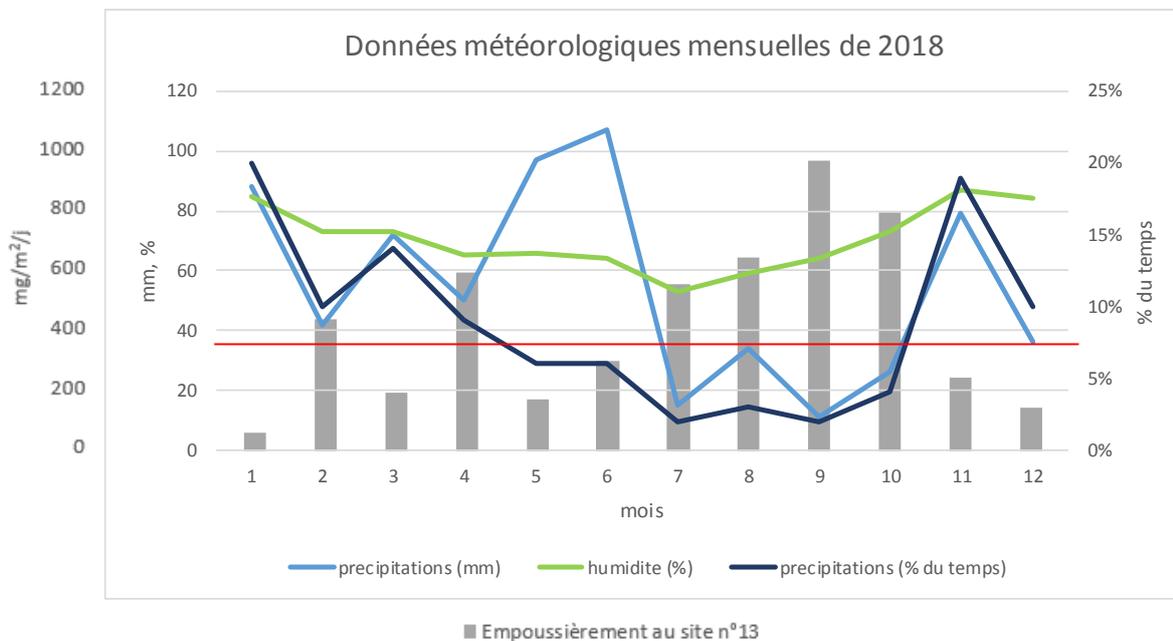


Figure 13: Données météorologiques mensuelles de 2018 (station Montsouris, source Météo France) et niveaux d'empoussièrment mensuels du site 13 route de l'Île Saint-Julien

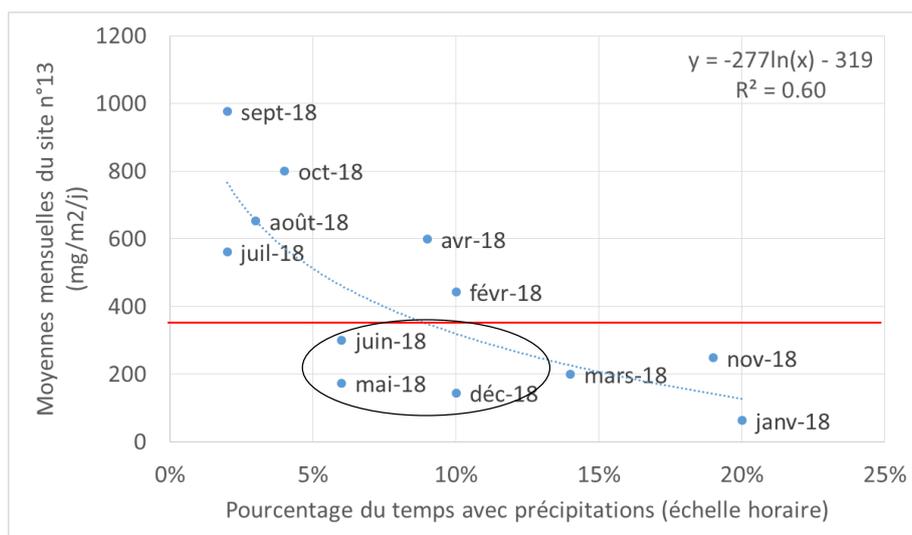


Figure 14 : Relation entre niveaux d'empoussièrment du site n°13 au centre du port et fréquence de précipitations

En effet, les mois de mai et juin, entourés sur la Figure 14, n'ont pas engendré de forts niveaux d'empoussièrment au site n°13, du fait de très fortes précipitations, pourtant particulièrement ponctuelles, ayant limité la remise en suspension durablement. Les vents de nord-est ont aussi pu avoir une influence ponctuelle pour ce mois-ci, même si l'effet du vent n'est pas généralisable pour les niveaux mensuels d'empoussièrment, comme cela est analysé dans la section suivante. En décembre, même si la fréquence de précipitations a été faible, l'humidité a été assez élevée sur le mois pour limiter la remise en suspension.

Le nombre de données de cette étude n'est pas suffisant pour établir une règle générale, mais **il se dégage tout de même une tendance : de forts empoussièrments mensuels à proximité des activités (zone portuaire centrale) sont liés à une fréquence faible de précipitations (<10% du temps), dans le cas où il n'y a pas de précipitations ponctuelles majeures (>60 mm par exemple) ou d'humidité moyenne importante (>80%, comme en décembre 2018).**

Influence des régimes de vent

En étudiant l'ensemble des cartographies (Annexe 1), il apparaît que la **direction des vents** n'a pas d'influence généralisable sur la répartition géographique de l'empoussièremment, au niveau mensuel. Un mois où les vents de nord-est sont majoritaires peut observer des niveaux de poussières forts au sud-ouest du port (juin 2018, Figure 15), ou non (mai 2018, Figure 16). Pour ces deux exemples, il y a eu plusieurs jours de vents dispersifs de nord-est, hors jours de précipitations, qui auraient pu provoquer de forts niveaux d'empoussièremment au sud-ouest du port par influence des activités centrales. Ce résultat n'est visible que pour le mois de juin et n'est donc pas systématique. D'après ces résultats, il s'avère que les niveaux de poussières sédimentables mesurés en un point proviennent plutôt, en grande partie, des activités en environnement proche (quelques centaines de mètres maximum).

Cette variabilité des résultats pour des conditions météorologiques similaires pourrait aussi provenir en partie de l'efficacité fixative de l'enduit des plaquettes de dépôt en fin de mois. Une intempérie importante en fin de mois (comme en mai) pourrait avoir un léger impact sur les poussières déposées auparavant sur les plaquettes.

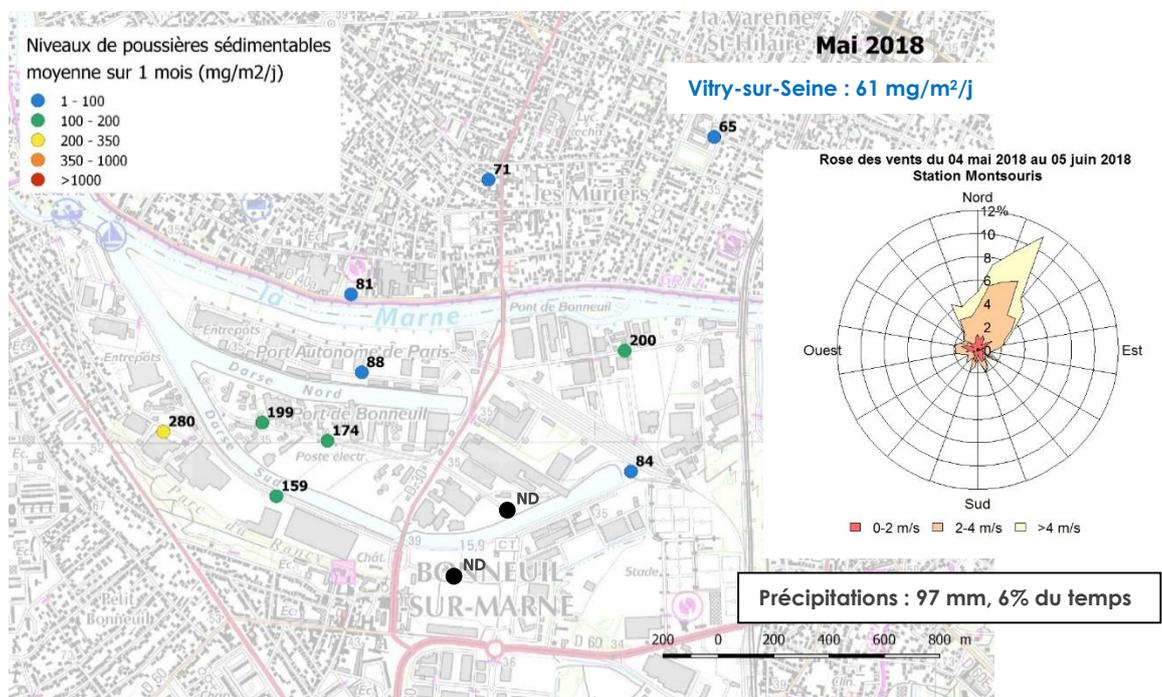


Figure 15: Niveaux d'empoussièremment et rose des vents de mai 2018

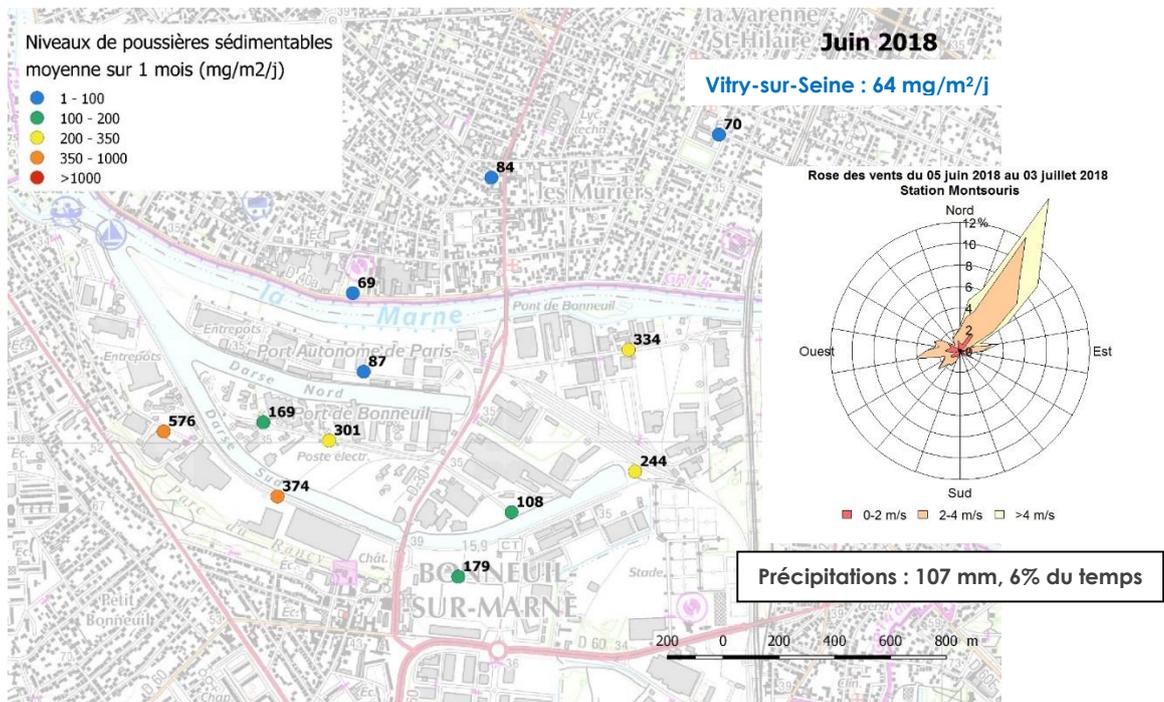


Figure 16: Niveaux d'empoussièrement et rose des vents de juin 2018

La **vitesse des vents**, par ailleurs, ne semble pas non plus être un facteur d'influence à l'échelle mensuelle. En effet, les moyennes mensuelles des vitesses de vent n'ont pas de relation statistique avec les niveaux mensuels d'empoussièrement. Il apparaît cependant que, lors de conditions très sèches, des vitesses de vent élevées favorisent la remise en suspension (mois de février et octobre par exemple).

Les régimes et les directions de vent n'ont globalement pas d'influence sur les moyennes mensuelles d'empoussièrement. Il est important de préciser que cette conclusion s'applique à une échelle mensuelle, et non à une échelle plus fine pour laquelle ces paramètres pourraient être significatifs.

3. Conclusion

✓ **Les conclusions des mesures de 2018 sont-elles comparables à celles de 2016 ? Retrouve-t-on la même hiérarchie d'empoussièrément entre les sites ?**

Globalement, la même hiérarchie d'empoussièrément est retrouvée en 2018 par rapport à 2016, avec les six sites déjà repérés en 2016 comme étant les plus propices à un empoussièrément important, toujours sujets à cet empoussièrément en 2018. Ce sont les sites situés route de l'Île Saint-Julien, rue du Moulin Bateau, Quai du Rancy et rue du Fief Cordelier. La hiérarchie diffère légèrement entre ces six sites (rue du Moulin Bateau moins empoussiérée, Quai du Rancy davantage), mais celui au centre de l'Île Saint-Julien reste le plus empoussiéré. Les sites au sud-est et au nord du port, davantage éloignés des activités émettrices de poussières (sables industriels, enrobés bitumineux, recyclage de métaux, fabrication de béton...) et des axes empruntés par les poids lourds, ne subissent pas cet empoussièrément et observent des niveaux représentatifs de ceux de la petite couronne, non influencés par des activités spécifiques.

✓ **Peut-on définir les zones les plus impactées ainsi que les causes locales possibles ?**

Les mesures ont eu lieu à proximité des voiries afin de rendre compte de l'empoussièrément que peuvent subir les usagers du port se déplaçant dans le port. Trois zones du port sont donc identifiées comme « moyennement » voire « fortement » empoussiérées : la route de l'Île Saint-Julien, le Quai du Rancy et la rue du Moulin Bateau sont « fortement » empoussiérées en moyenne annuelle (a priori seulement sur un secteur de la rue du Moulin Bateau) ; la rue du Fief Cordelier est « moyennement » empoussiérée. Les causes locales sont certaines activités susceptibles de générer une grande quantité de poussières via les émissions des activités industrielles, l'abrasion mécanique et la remise en suspension de matériaux pulvérulents sous l'action du vent et de la circulation des poids lourds.

✓ **Quelles variations mensuelles peut-on observer ?**

De fortes variations mensuelles sont observées pour les sites susceptibles d'être empoussiérés, au centre des activités portuaires. Les niveaux de dépôt de poussières peuvent passer de « faibles » (de 20 à 100 mg/m²/j) à proches « d'exceptionnels » (entre de 800 et 1000 mg/m²/j) d'un mois à l'autre selon les conditions météorologiques rencontrées. Ces variations sont essentiellement liées à des différences de fréquence de précipitations et d'humidité d'un mois à l'autre.

✓ **Quels sont les principaux facteurs météorologiques influençant les dépôts de poussières (température, humidité, précipitations...) ?**

Le principal facteur, pour les sites les plus exposés à l'empoussièrément, est la fréquence de précipitations. Sans faire office de règle générale, une tendance peut être tirée de ces mesures : de forts empoussièrément mensuels à proximité des activités (zone portuaire centrale) sont liés à une fréquence faible de précipitations (<10% du temps), associée à une absence de précipitations ponctuelles majeures (>60 mm) et peu d'humidité (<80%).

✓ **Y a-t-il des niveaux qui justifieraient une surveillance permanente sur certains sites ?**

L'intérêt d'une surveillance permanente serait d'être capable de mettre en œuvre rapidement des solutions de diminution de l'empoussièrément sur le port lorsque nécessaire, grâce à une information continue. Une autre possibilité serait d'implémenter des solutions d'abattement des poussières et de faire de nouvelles mesures ponctuelles par la suite afin d'en vérifier l'efficacité. Ce sont les pistes étudiées par Ports de Paris avec Airparif pour 2020. Les solutions d'abattement recourront a priori à l'eau/humidification en suppléance des précipitations.

Annexe 1 : Représentation graphique de l'ensemble des niveaux d'empoussièrement mesurés en 2018

Les Figures 17 à 28 représentent par cartographie l'ensemble des niveaux mensuels mesurés en 2018, associés aux roses de vent mensuelles, aux histogrammes des niveaux de température et d'humidité, et aux données de précipitations.

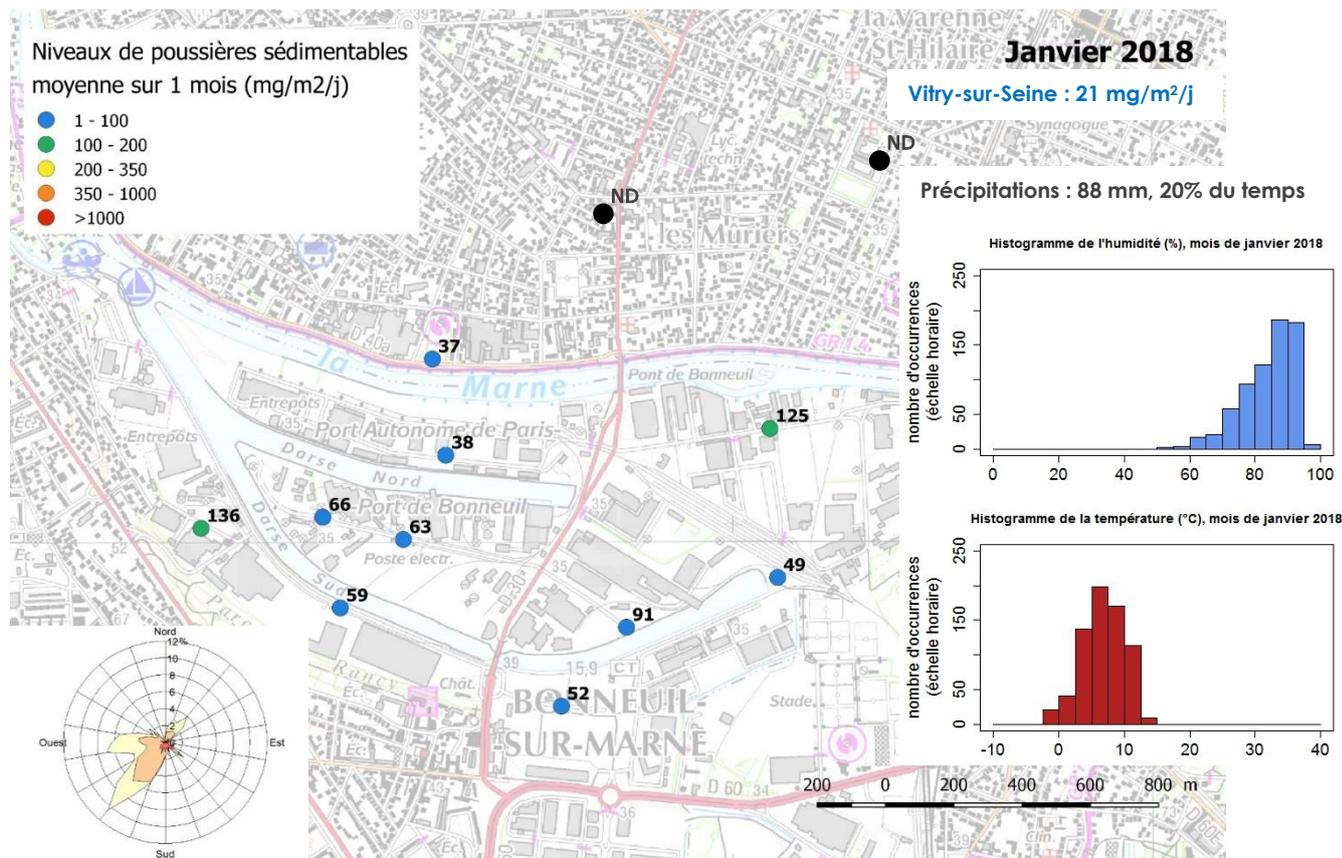


Figure 17: Niveau d'empoussièrement et rose des vents de janvier 2018

Ce mois de janvier a vu des chutes de neige en fin de période. S'accumulant sur les plaquettes de dépôt, elle a sensiblement « lavé » les plaquettes et baissé les niveaux de poussières. Etant donné les paramètres météorologiques, une forte humidité notamment, d'importantes précipitations totales, et des précipitations fréquentes (20% du temps), ce mois-ci était très peu propice à la remise en suspension.

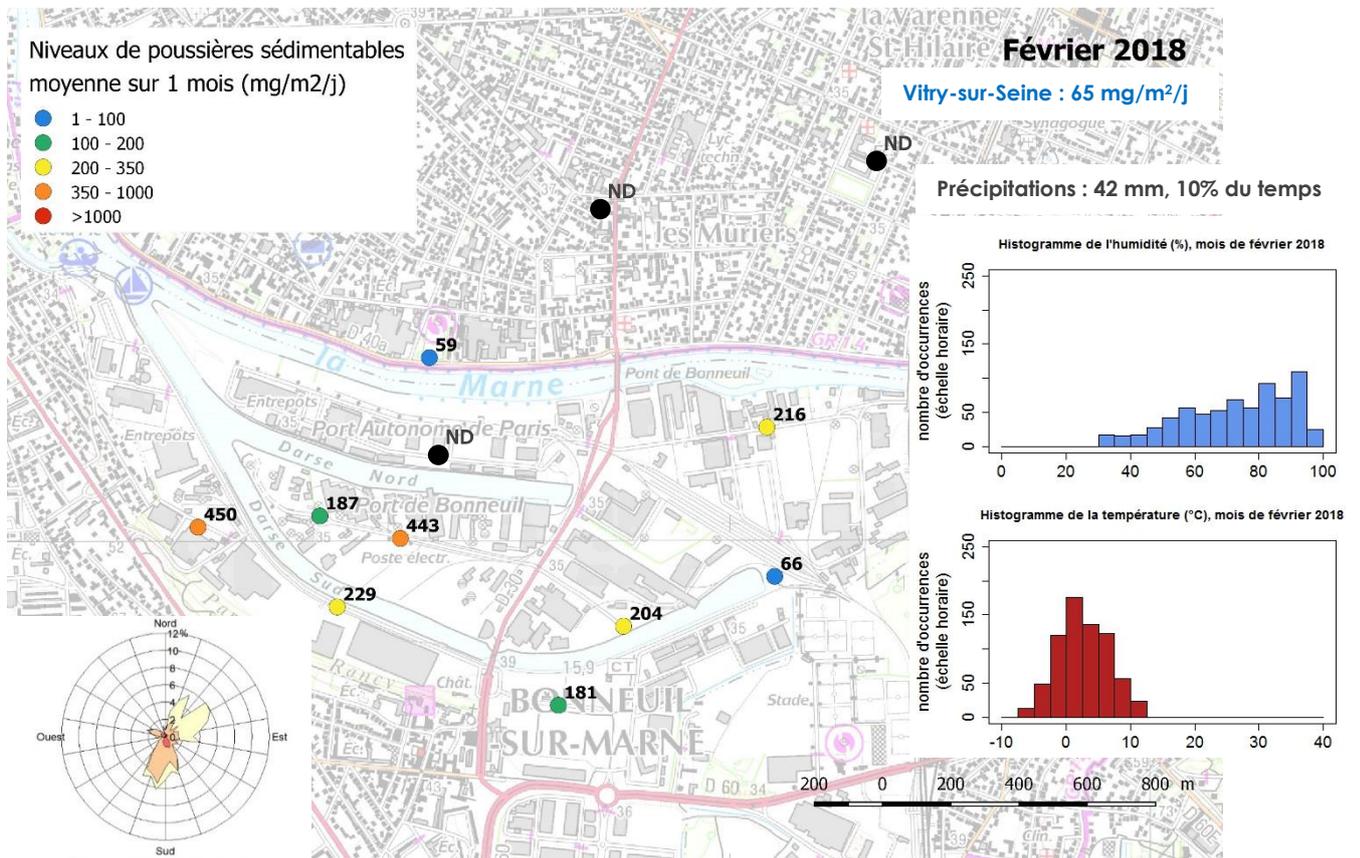


Figure 18: Niveaux d'empoussièrement et rose des vents de février 2018

Le mois de février a vu deux sites avec des niveaux mensuels supérieurs à 350 mg/m²/j, du fait de précipitations peu abondantes.

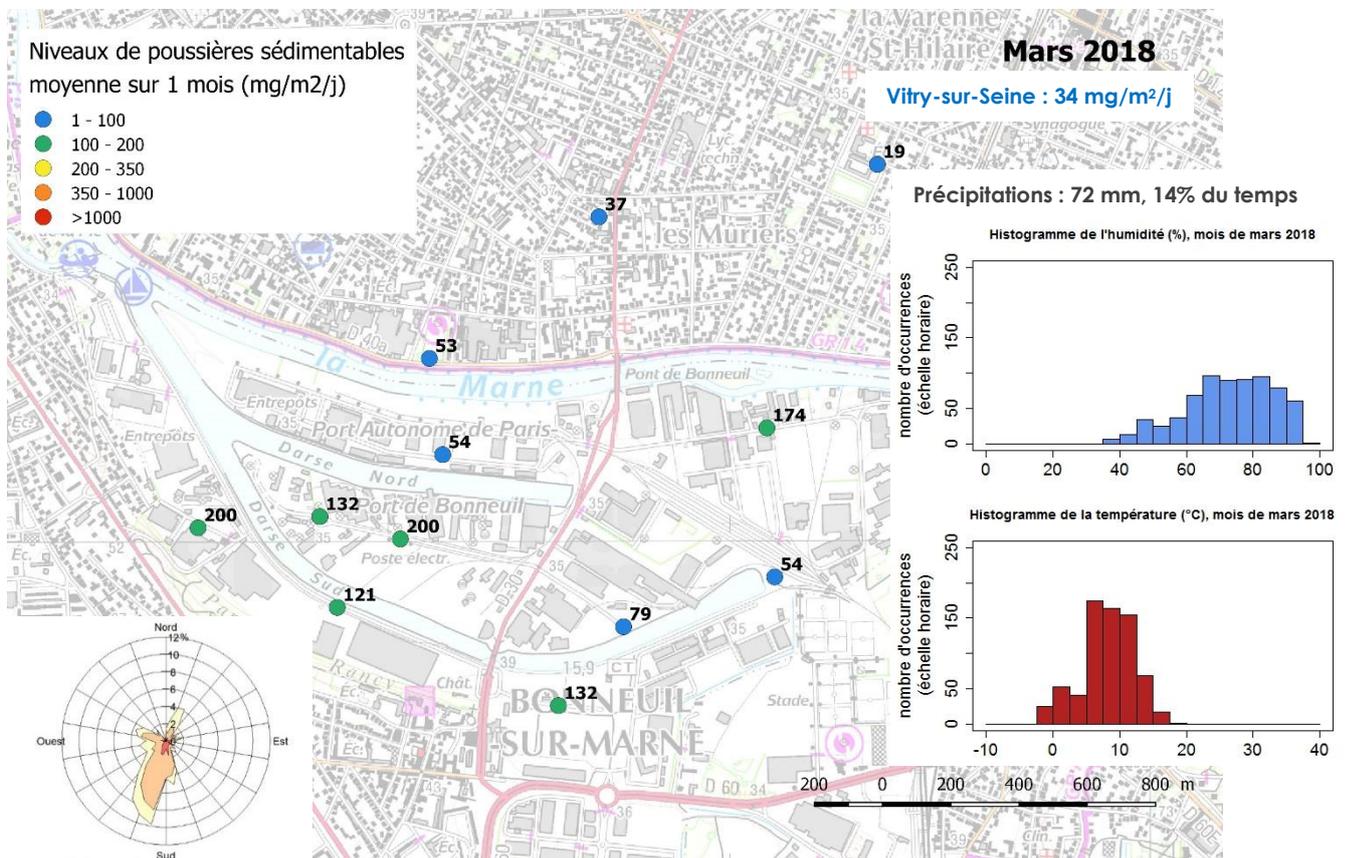
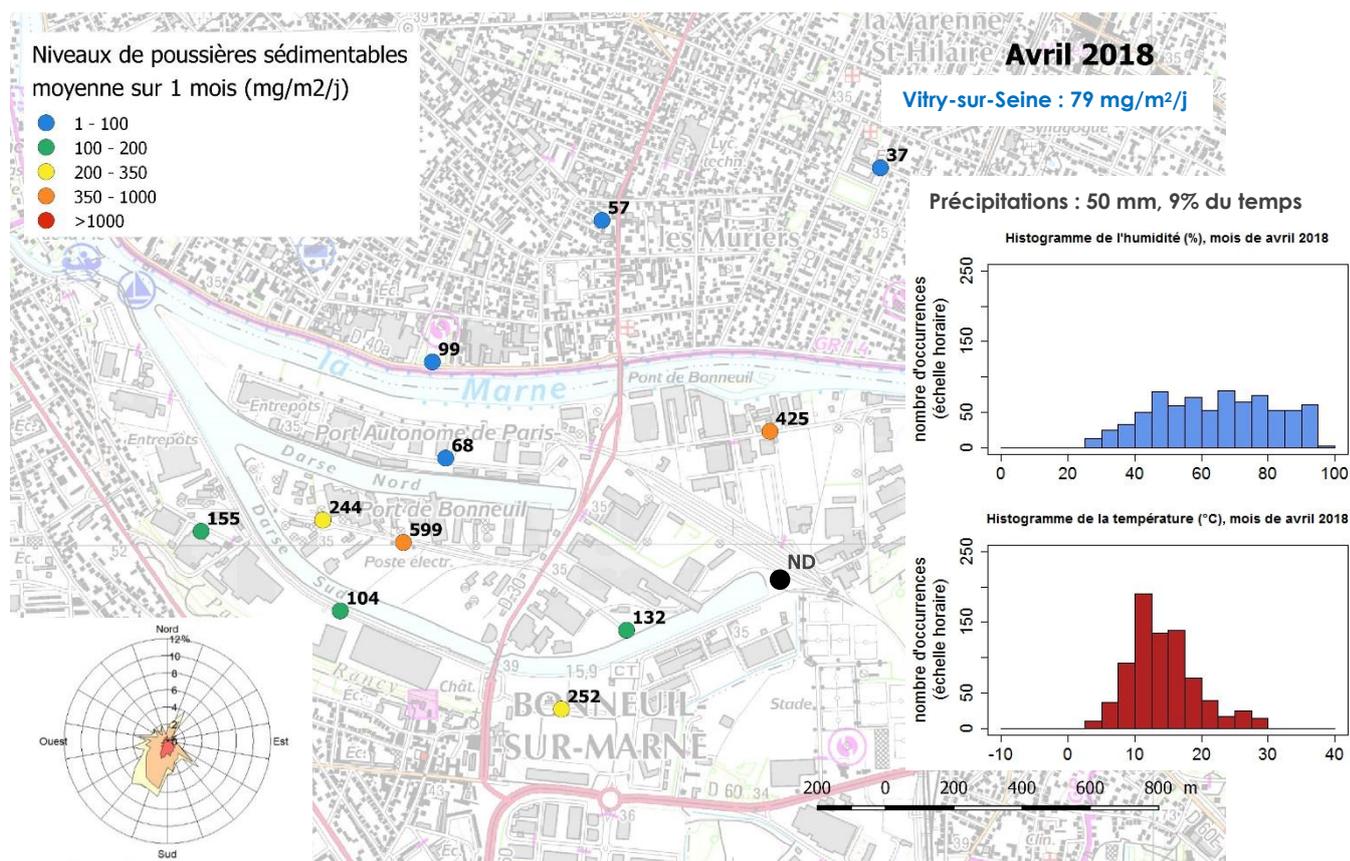


Figure 19: Niveaux d'empoussièrement et rose des vents de mars 2018

Le mois de mars a été peu propice à la remise en suspension de poussières (fortes précipitations, humidité élevée).



Durant le mois d'avril, deux dépassements des 350 mg/m²/j ont été enregistrés, route de l'île Saint-Julien et rue du Moulin Bateau. Peu de précipitations (9% du temps) ont été observées.

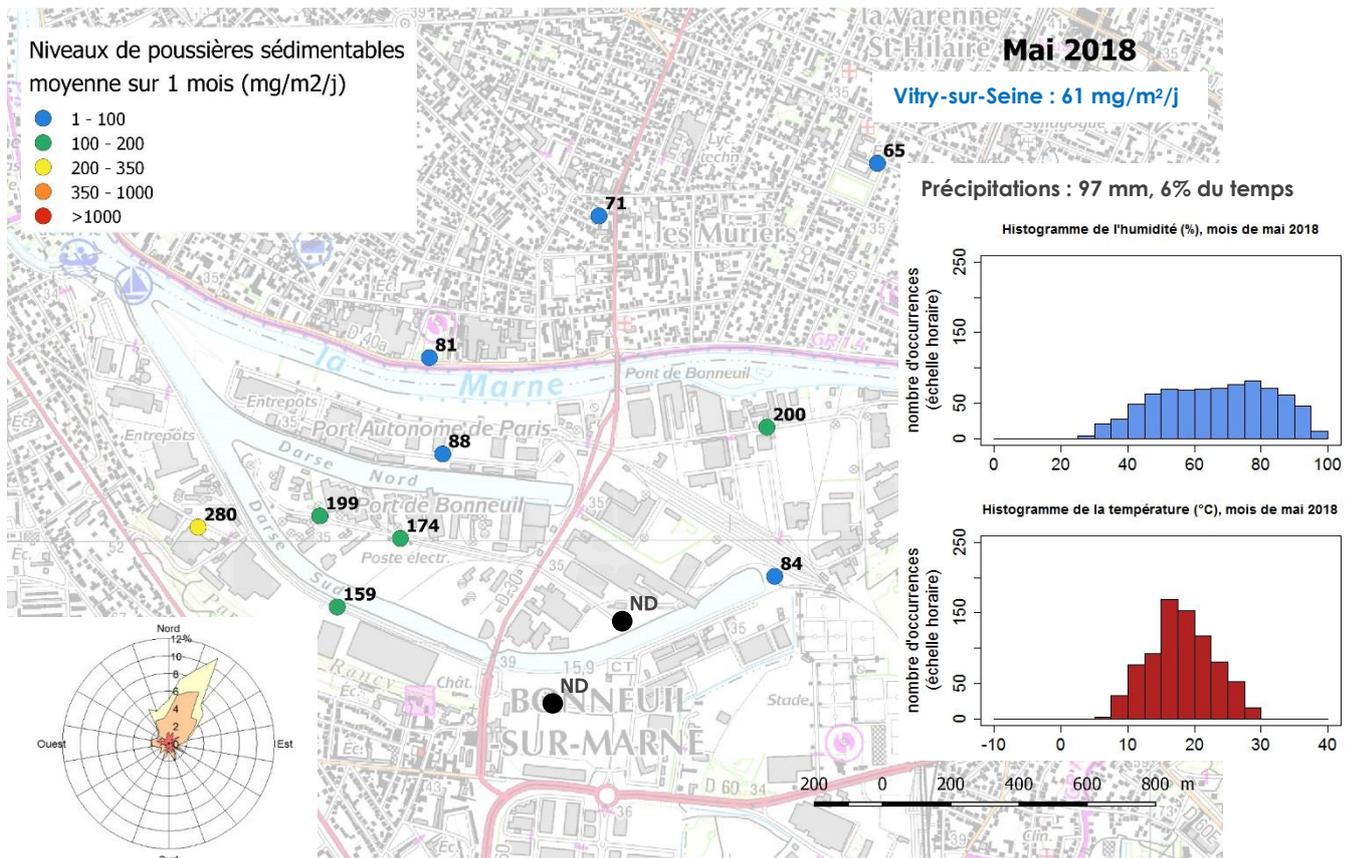


Figure 21: Niveaux d'empoussièrement et rose des vents de mai 2018

Au mois de mai, les fortes pluies (97 mm), même si sporadiques (6% du temps seulement), ont limité l'empoussièrement.

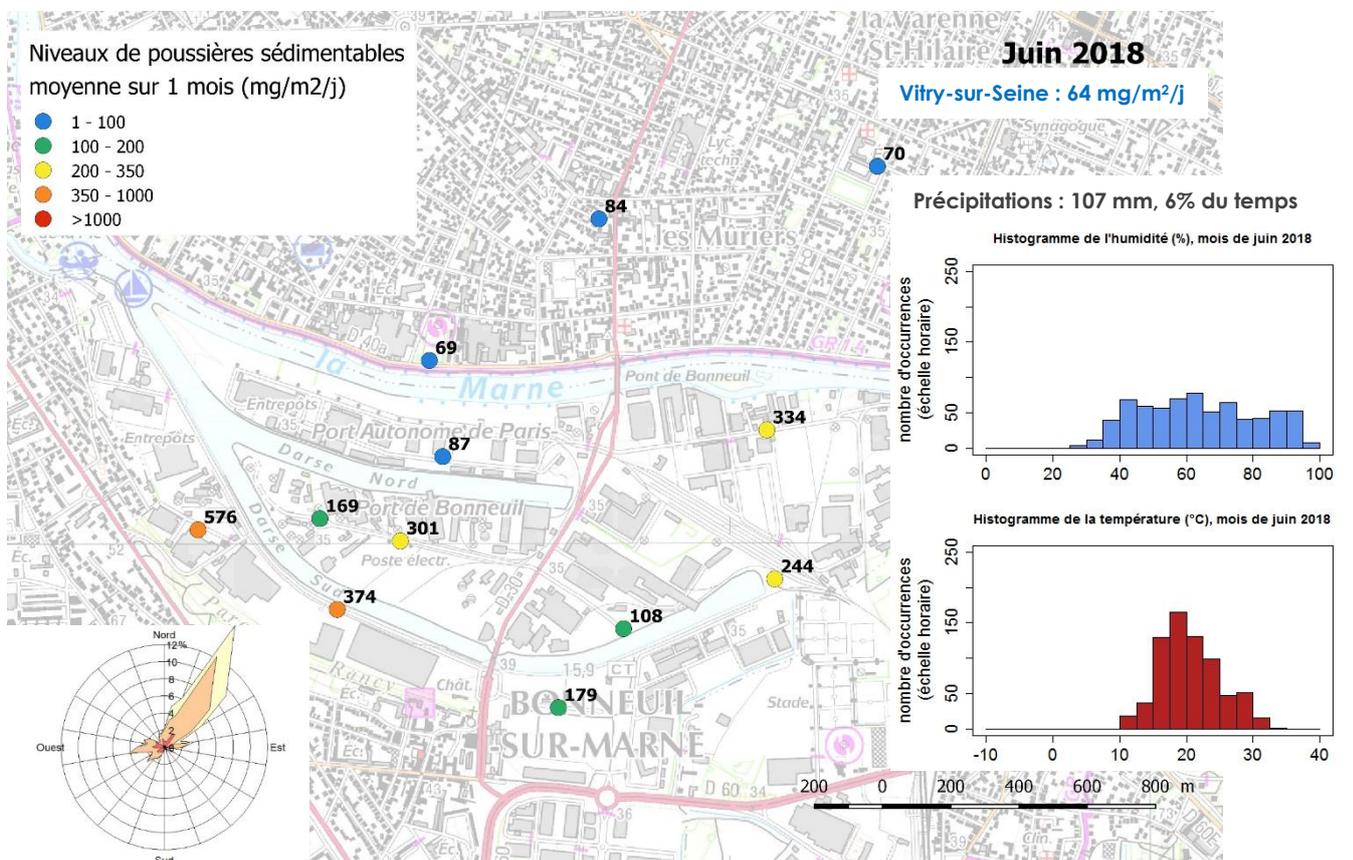


Figure 22: Niveaux d'empoussièrement et rose des vents de juin 2018

Au mois de juin, des dépassements ont été enregistrés aux deux sites situés Quai du Rancy, au sud-ouest de la majeure partie des activités industrielles. Les fortes pluies (107 mm) ont été trop ponctuelles (6% du temps) pour limiter ces niveaux. Les sites au centre du port n'ont pas observé de très forts niveaux d'empoussièremment ce mois-ci. Les vents de nord-ouest pourraient expliquer cette répartition géographique mais il a été montré dans l'analyse qu'ils ne sont globalement pas corrélés à l'empoussièremment.

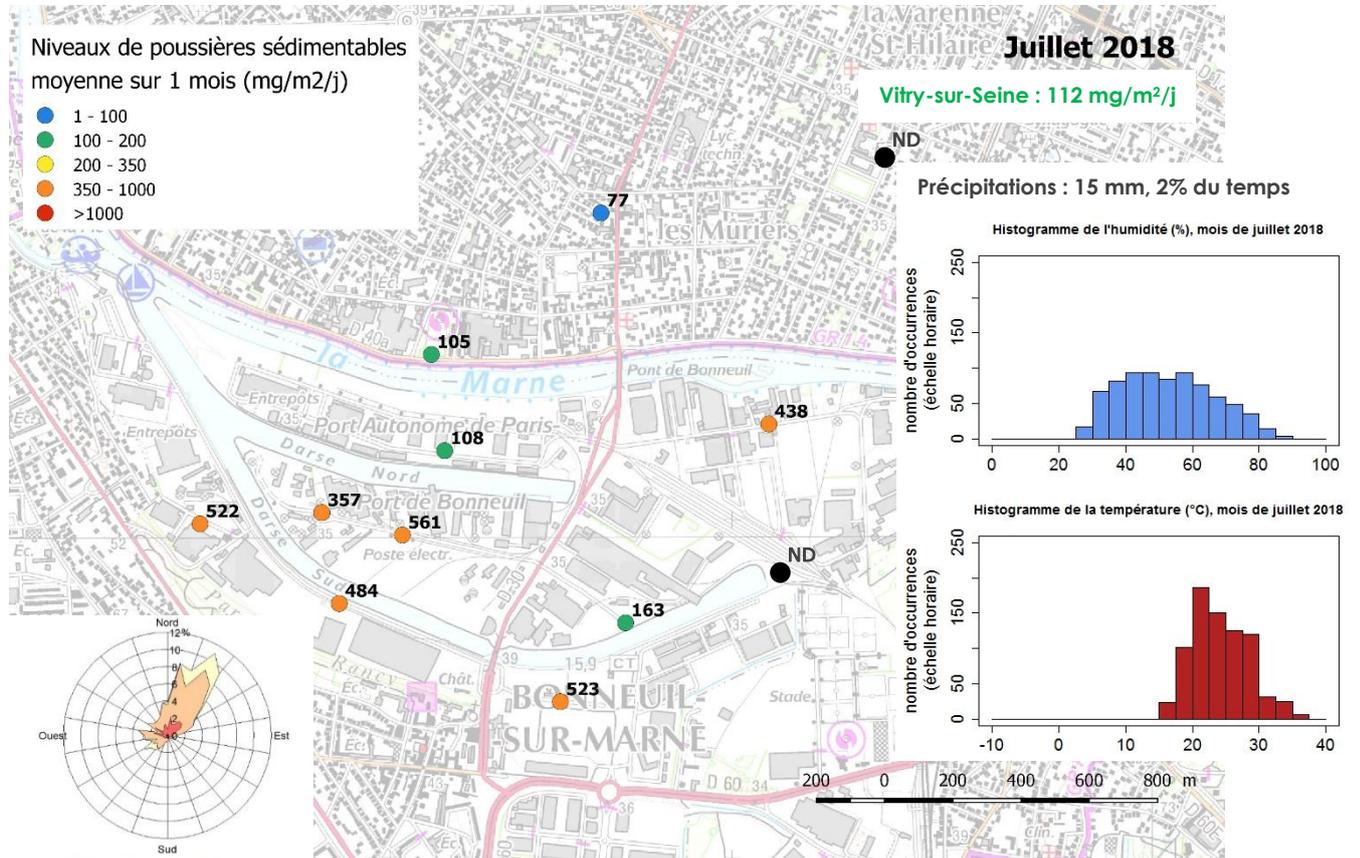


Figure 23: Niveaux d'empoussièremment et rose des vents de juillet 2018

Le mois de juillet a enregistré de forts niveaux d'empoussièremment sur les six sites situés au cœur des activités du port (Quai du Rancy, route de l'île Saint-Julien, rue du Moulin Bateau). Ceci s'explique essentiellement par des précipitations quasi inexistantes.

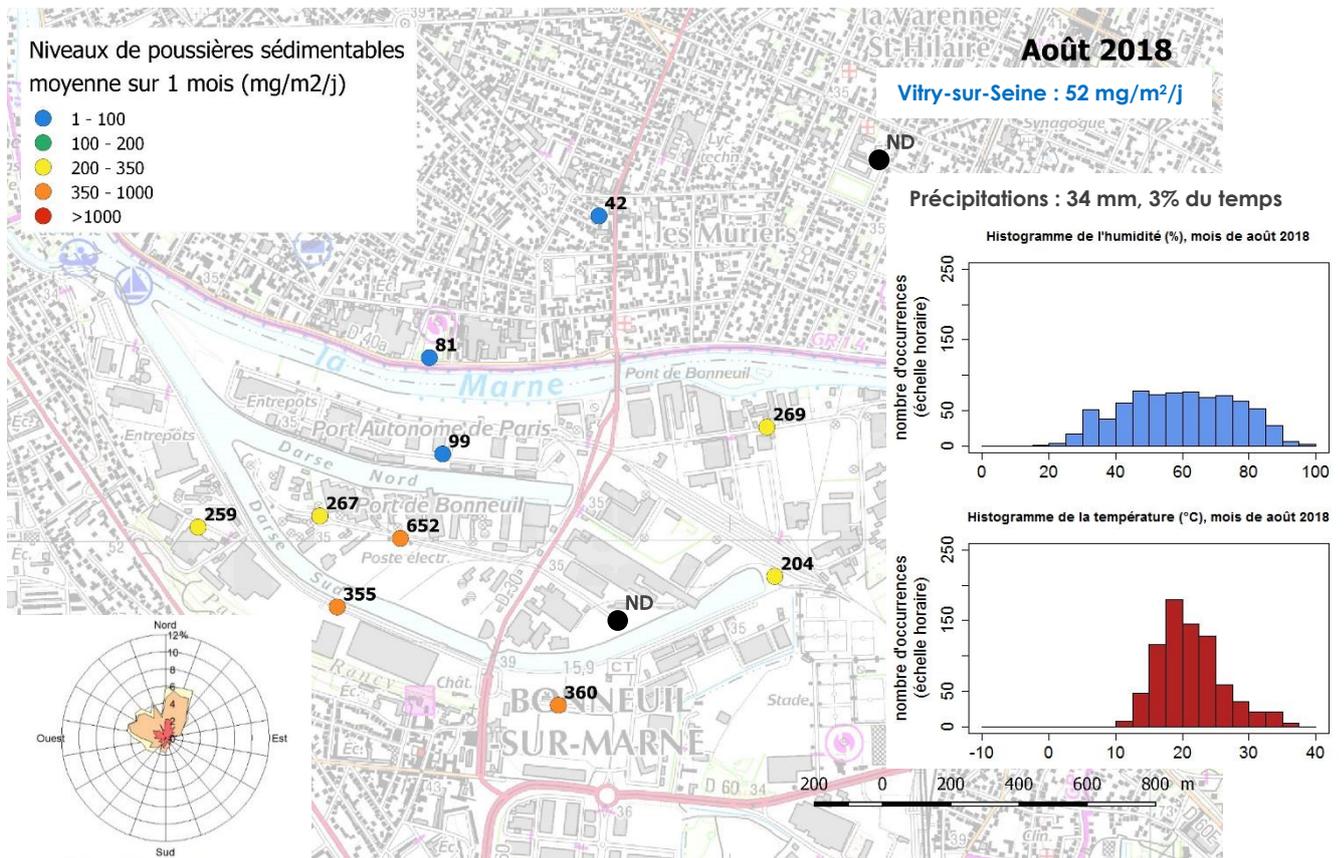


Figure 24: Niveaux d'empoussièrement et rose des vents d'août 2018

Le mois d'août a été similaire au mois de juillet, avec légèrement plus de précipitations, ce qui peut expliquer des dépassements des 350 mg/m²/j enregistrés sur seulement trois des six sites habituellement les plus exposés.

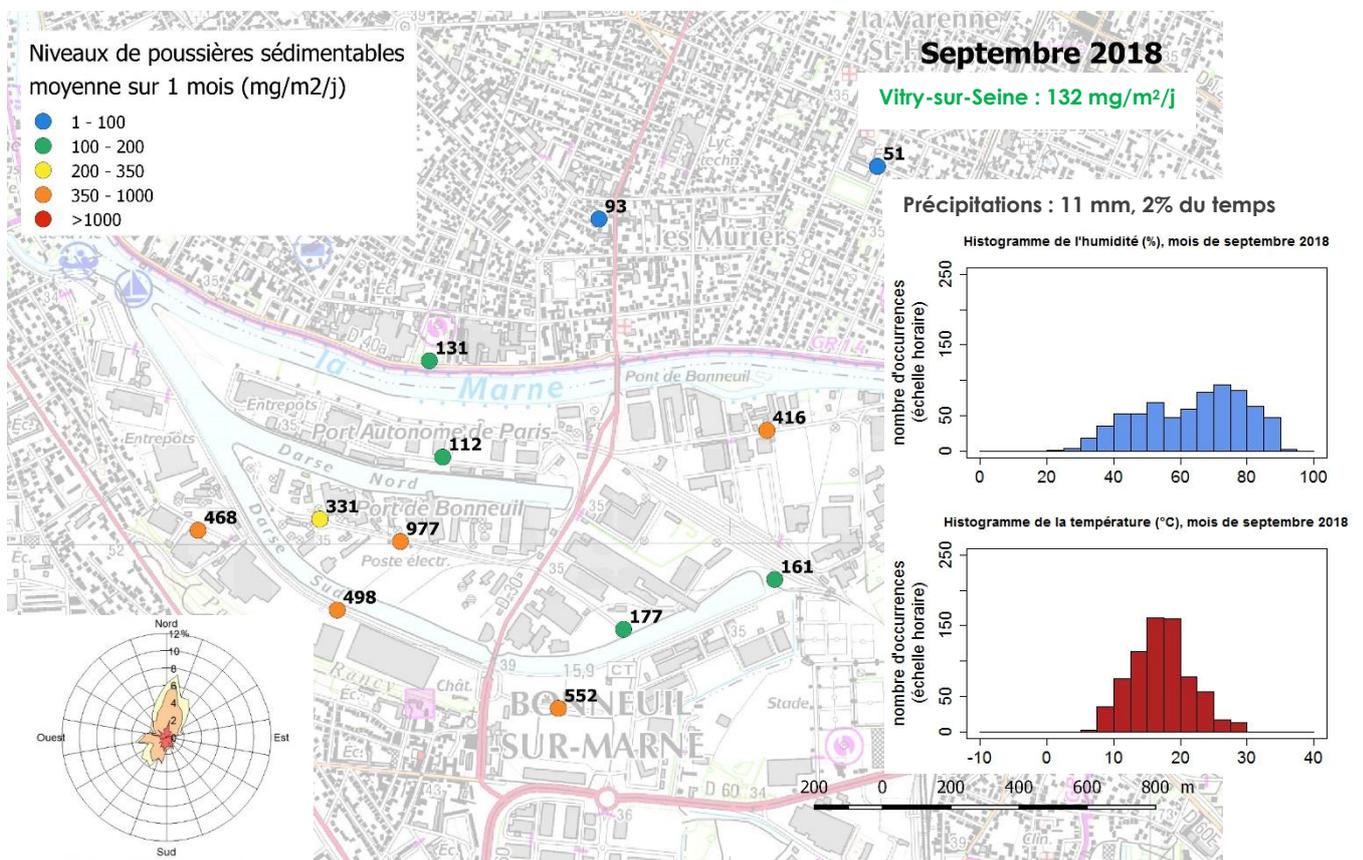


Figure 25: Niveaux d'empoussièrement et rose des vents de septembre 2018

Les nombreux dépassements des 350 mg/m²/j au mois de septembre s'expliquent, comme pour juillet, par des précipitations quasi-inexistantes.

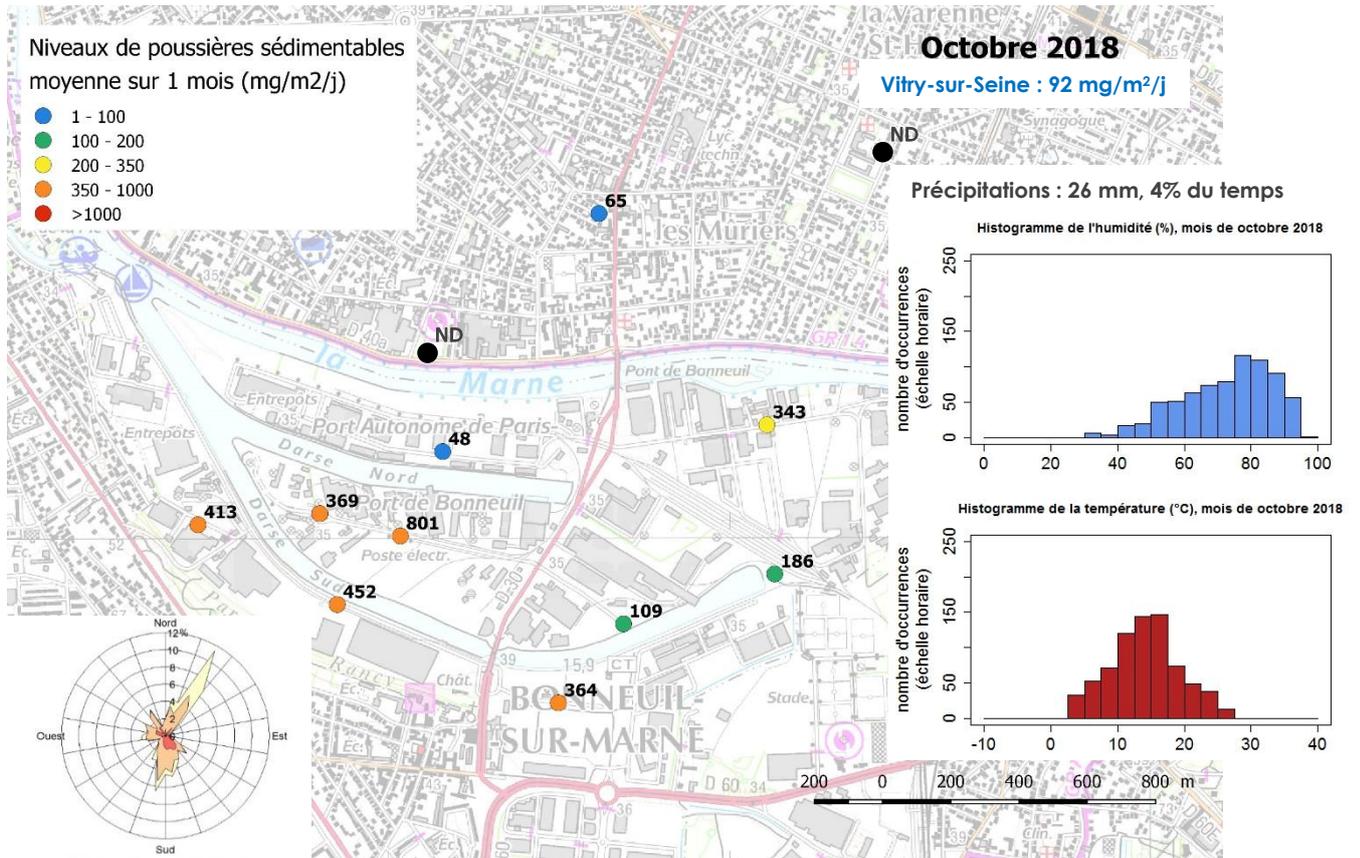


Figure 26: Niveaux d'empoussièrement et rose des vents d'octobre 2018

En octobre, il a plu seulement 4% du temps, ce qui explique en partie à nouveau de forts niveaux d'empoussièrement au-dessus de 350 mg/m²/j, pour presque l'ensemble des six sites les plus exposés (niveau proche rue du Moulin Bateau).

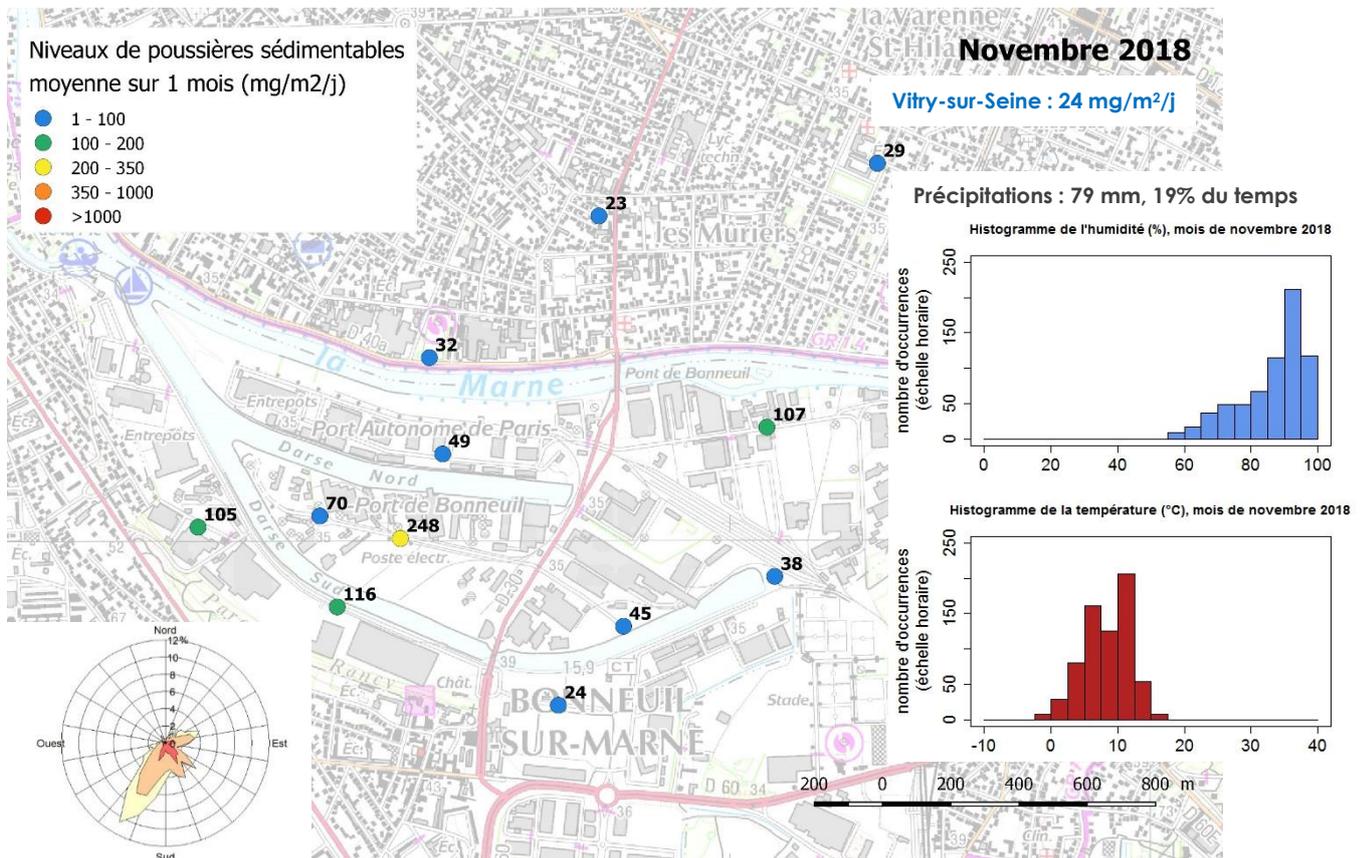


Figure 27: Niveaux d'empoussièrement et rose des vents de novembre 2018

Les précipitations sont revenues au mois de novembre, avec l'humidité, ce qui a fortement limité l'empoussièrement.

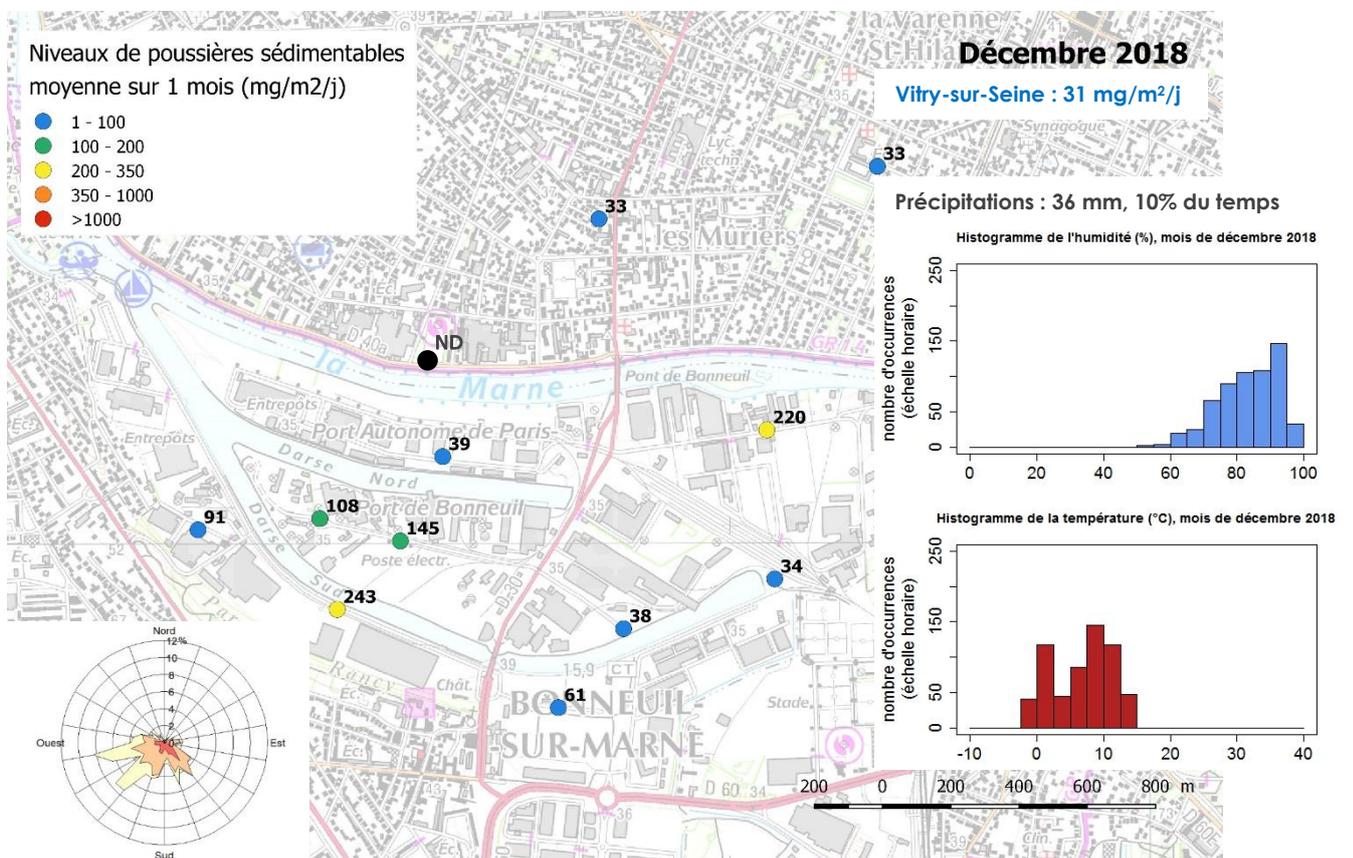


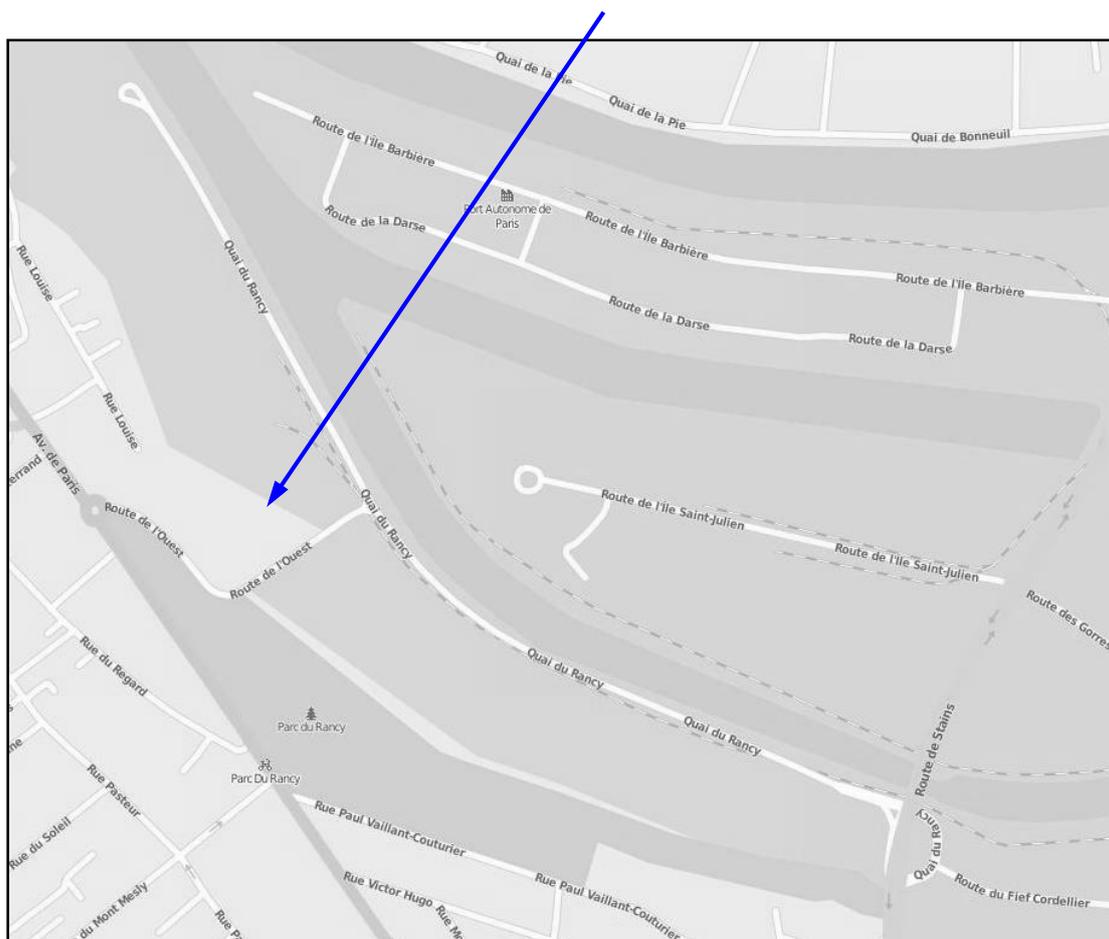
Figure 28: Niveaux d'empoussièrement et rose des vents de décembre 2018

Le mois de décembre a vu suffisamment de précipitations (36 mm, 10% du temps) et surtout beaucoup d'humidité pour limiter les niveaux d'empoussièrement.

Annexe 2 : emplacements des sites de mesure

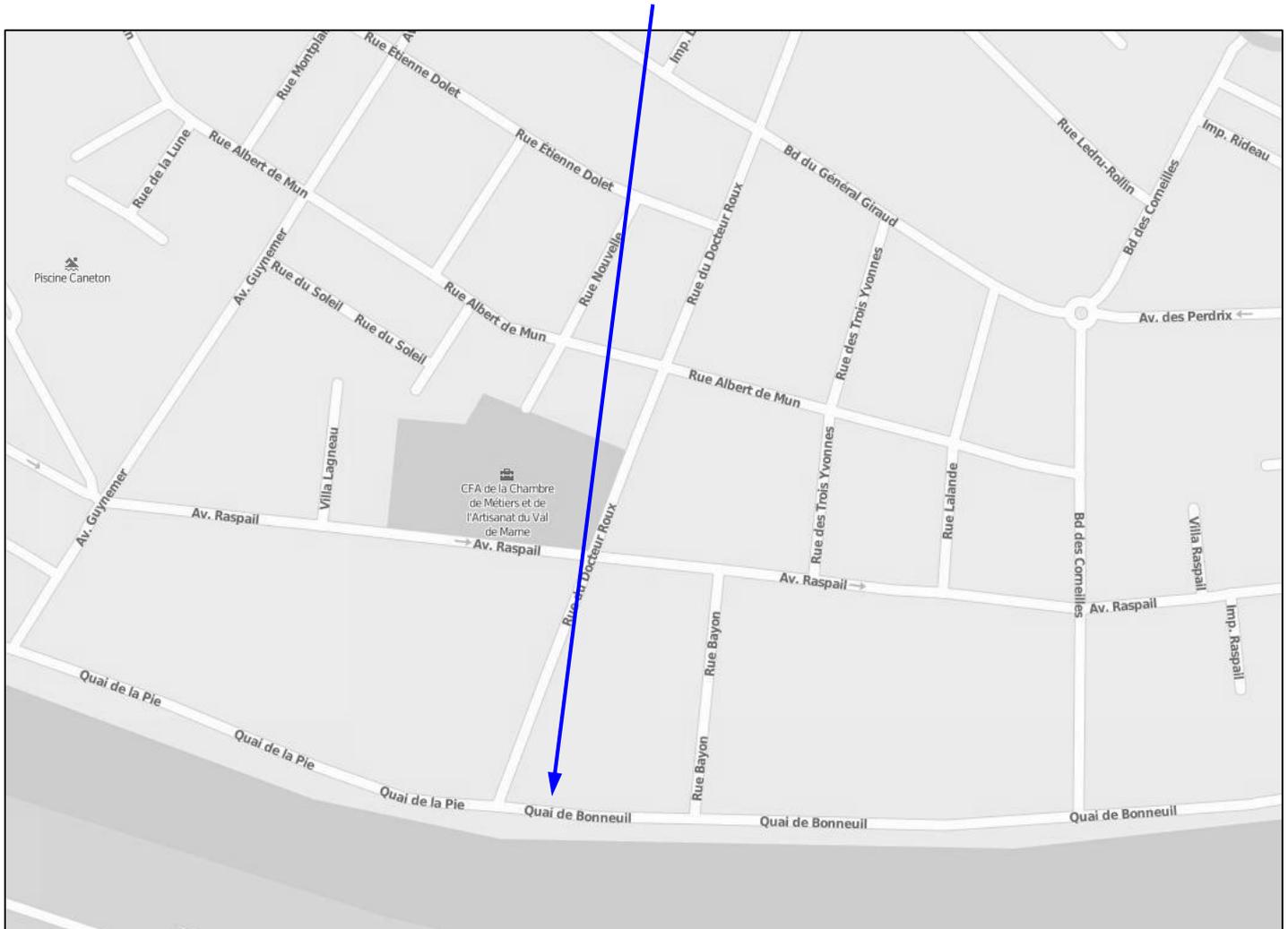
Bonneuil-sur-Marne

Site n°10 : 3 route de l'Ouest, au niveau de la Direction des Services Techniques de Bonneuil.
Espace vert du parking



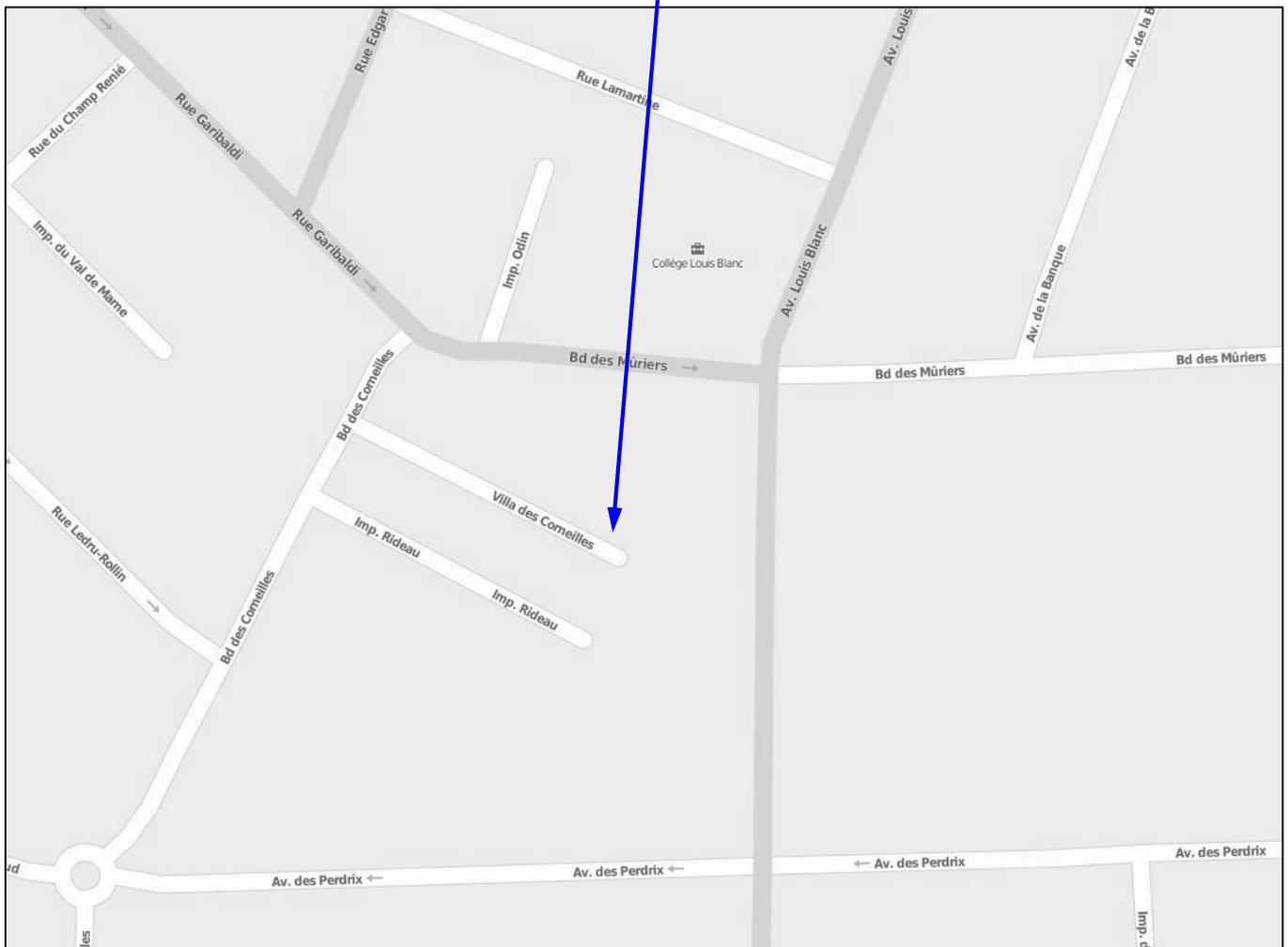
Saint-Maur-des-Fossés

Site n°21 : Stade Fernand SASTRE, quai de Bonneuil, espace du stade le long du quai.
Massif de terre face aux poteaux



Saint-Maur-des-Fossés

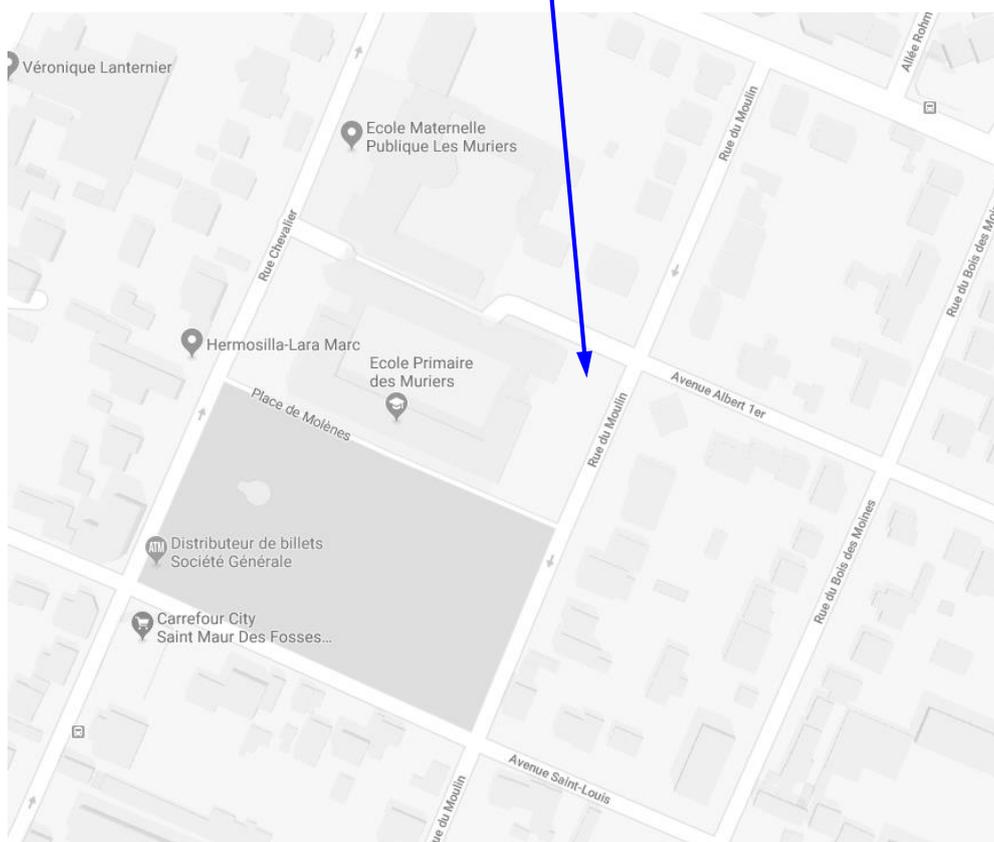
Site n°23 : 15 villa des Corneilles.
Espace vert



Saint-Maur-des-Fossés

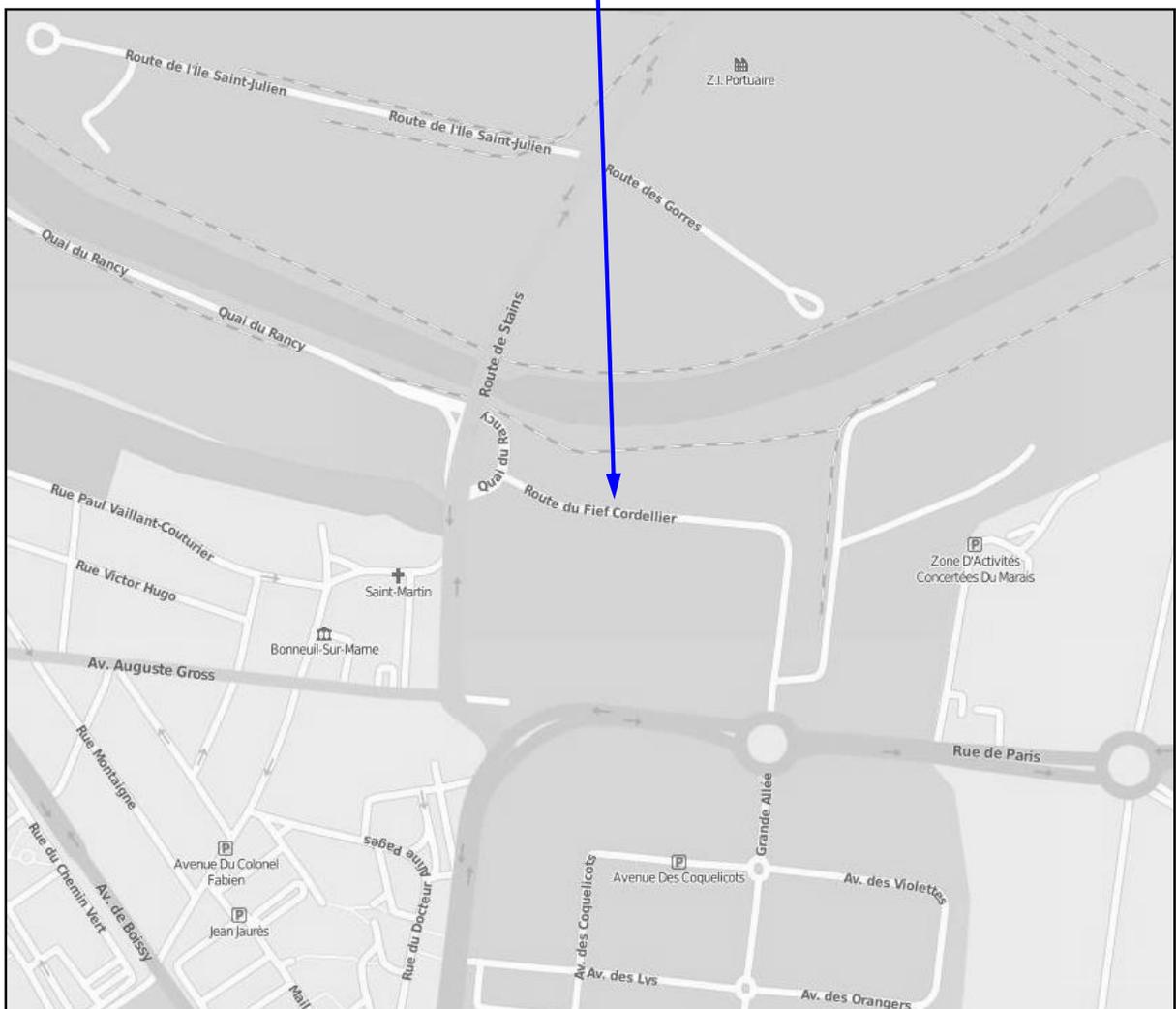
Site n°24 : Ecole primaire « Les Muriers », rue du Moulin.

Grille extérieure



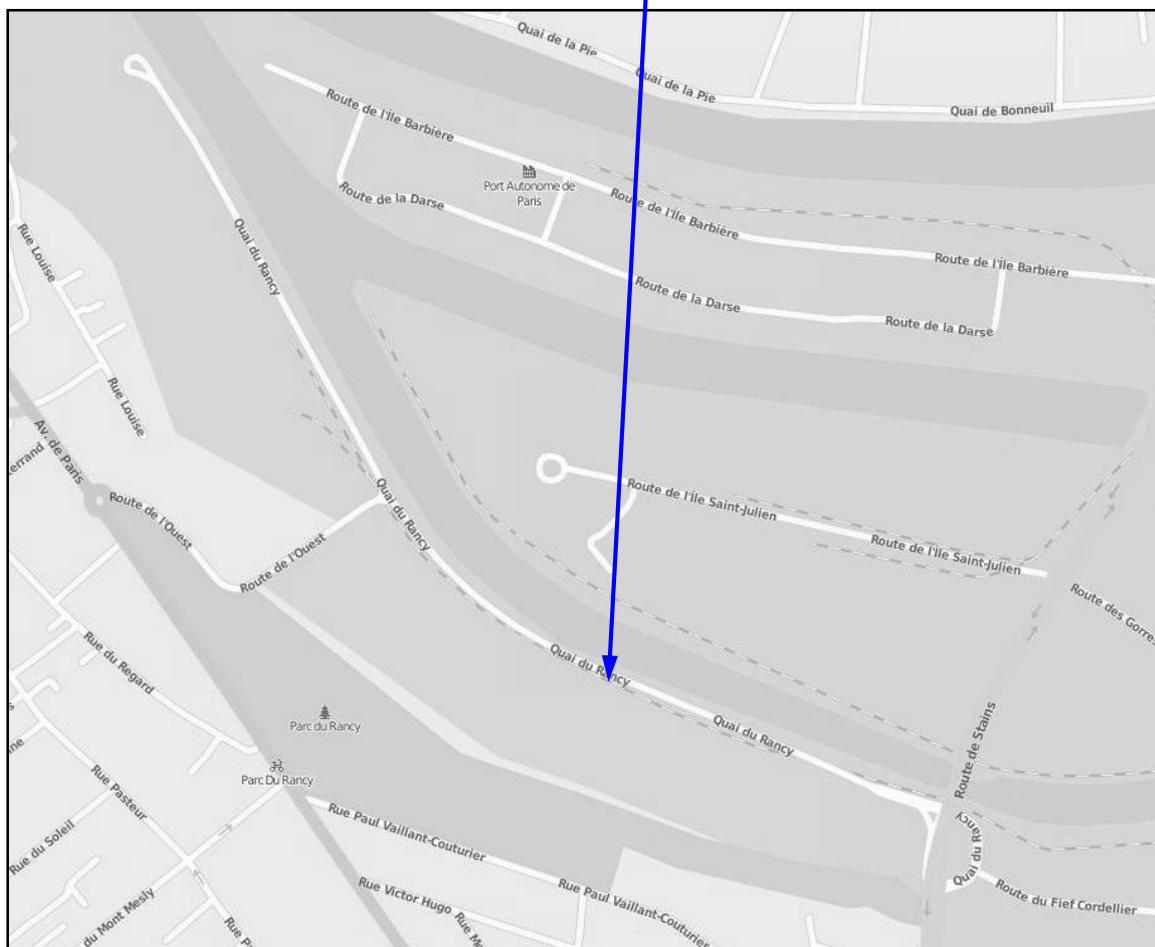
Port de Bonneuil-sur-Marne

Site n°5 : 16 route du fief Cordelier, au niveau de « SFB béton ».
Espace vert face au candélabre, côté Prologis



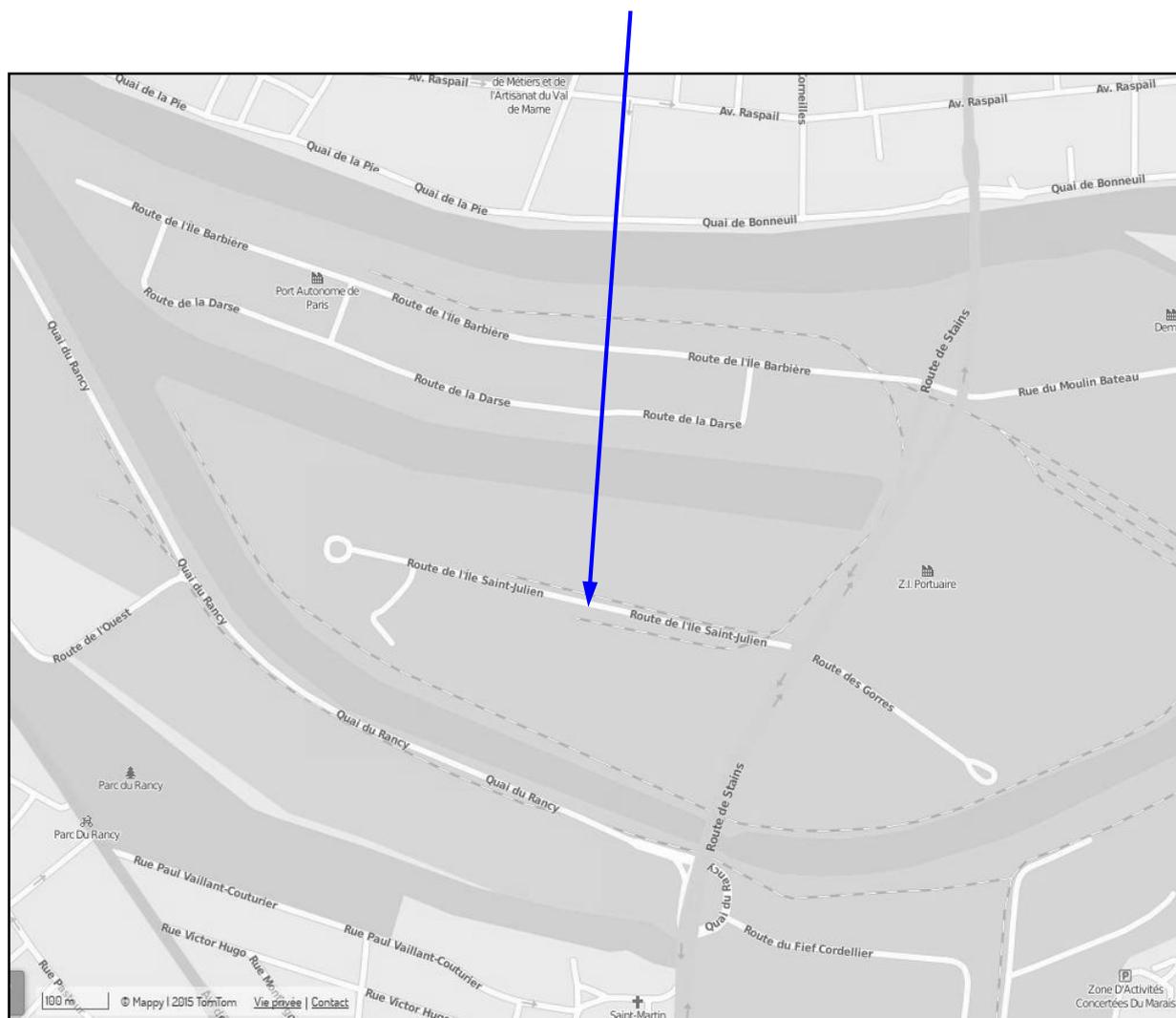
Port de Bonneuil-sur-Marne

Site n°8 : quai du Rancy, au niveau de « Descours et Cabaud ».
Espace vert à côté du candélabre



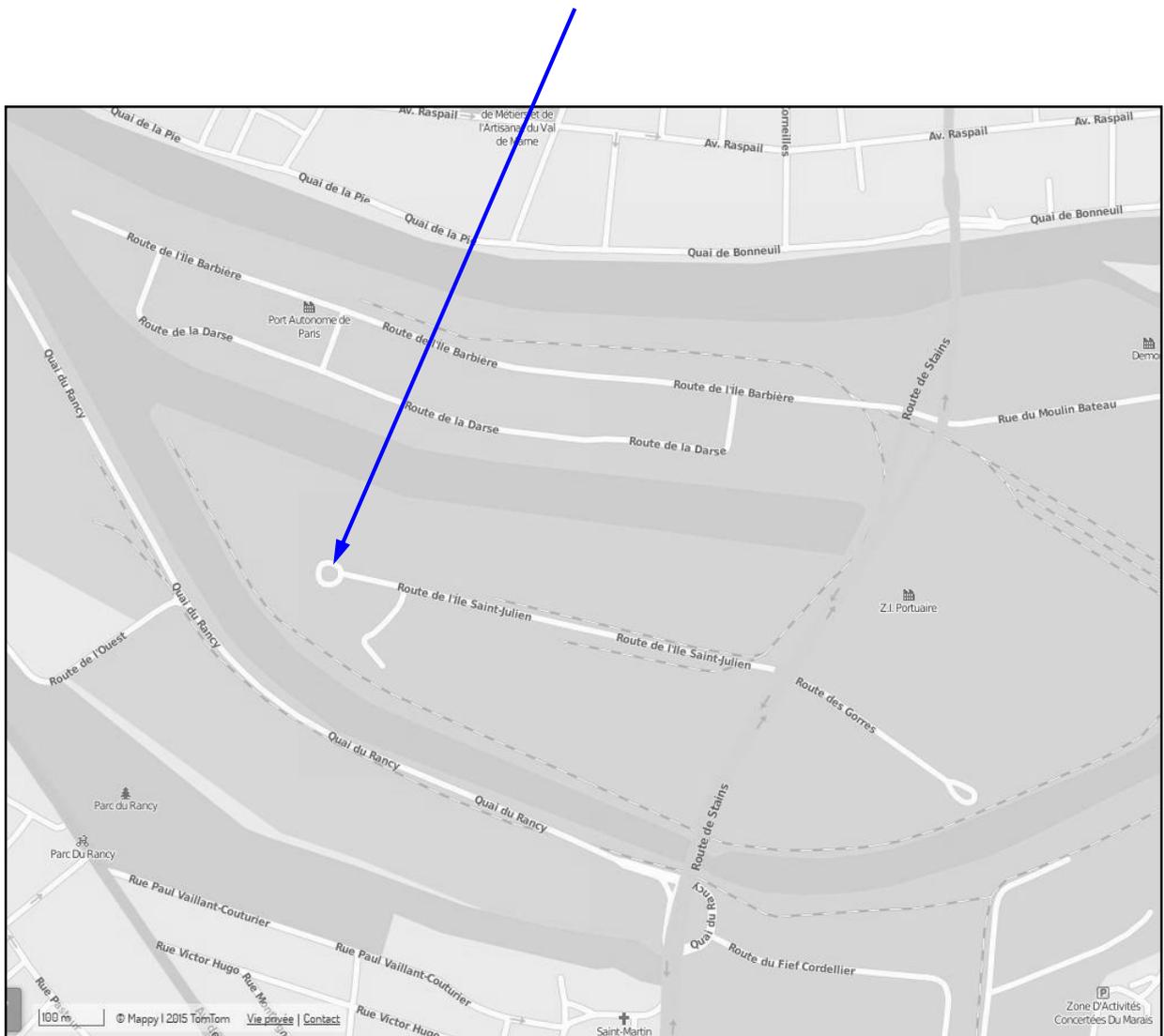
Port de Bonneuil-sur-Marne

Site n°13 : 35 route de l'île Saint-Julien, en face de l'entreprise « COMELLI ».
Espace vert



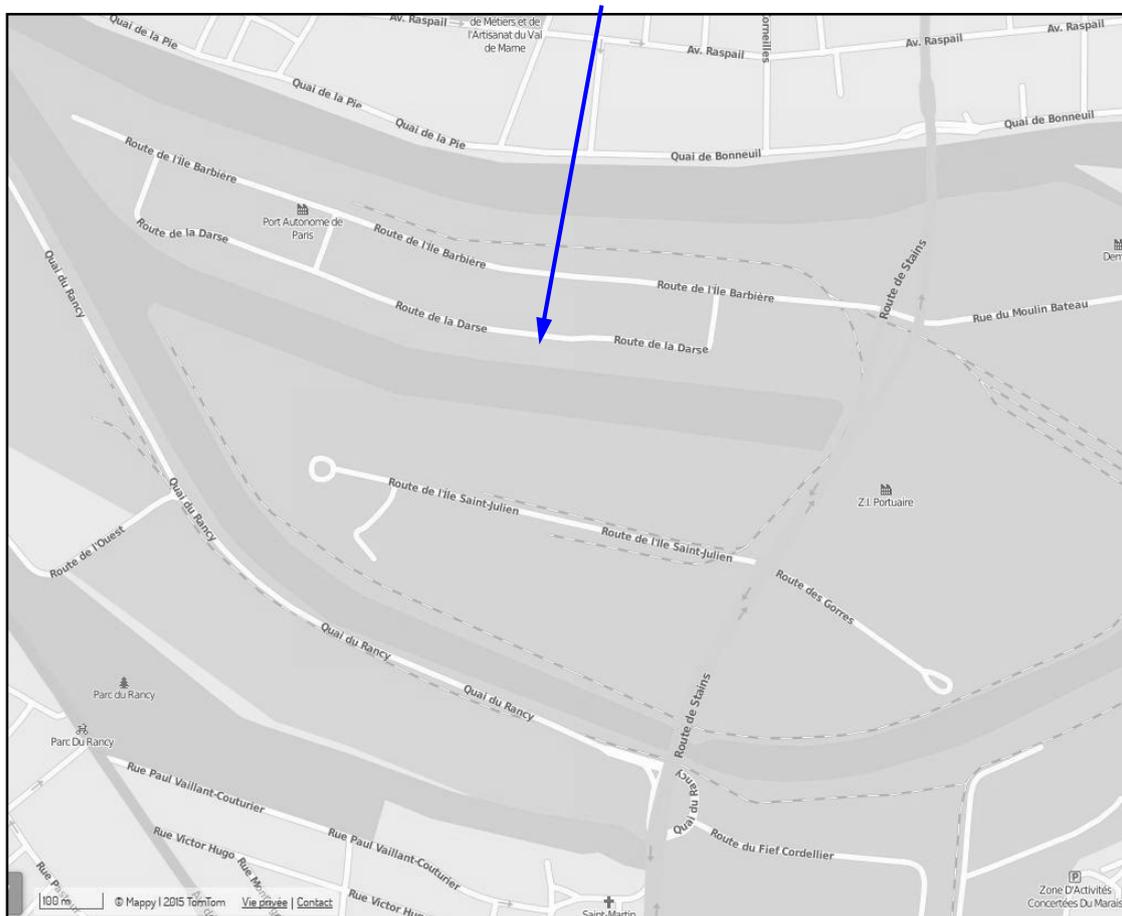
Port de Bonneuil-sur-Marne

Site n°14 : 64 route de l'île Saint-Julien, à proximité de l'entreprise « UNI Béton Ile-de-France ».
Espace vert du rond-point



Port de Bonneuil-sur-Marne

Site n°16b : 27 route de l'île Barbière au sud du hangar K, sur les berges
Espace vert



Port de Bonneuil-sur-Marne

Site n°18 : au niveau du n°43 rue du Moulin Bateau.
Espace vert

