

CARACTÉRISATION DES NIVEAUX DE MÉTAUX ET DE PARTICULES DANS L'AIR AMBIANT AUTOUR DE L'UIOM D'IVRY-SUR-SEINE (94)

Juin 2014





Surveillance de la Qualité de l’Air
en Île-de-France

CARACTERISATION DES NIVEAUX DE METAUX ET DE PARTICULES DANS L’AIR AMBIANT AUTOUR DE L’UIOM D’IVRY-SUR-SEINE (94)

JUIN 2014

CARACTERISATION DES NIVEAUX DE METAUX ET DE PARTICULES DANS L’AIR AMBIANT AUTOUR DE L’UIOM D’IVRY-SUR-SEINE (94)

JUIN 2014

AIRPARIF Surveillance de la Qualité de l’Air en Île-de-France

Pôle Études

7, rue Crillon 75004 PARIS – Tél. : 01.44.59.47.64 - Fax : 01.44.59.47.67 -

www.airparif.asso.fr

SOMMAIRE

<u>GLOSSAIRE.....</u>	<u>4</u>
<u>1. Introduction.....</u>	<u>5</u>
<u>2. Contexte de l'étude</u>	<u>5</u>
2.1. Description du secteur d'étude	5
2.2. Polluants mesurés.....	6
2.3. Normes de la qualité de l'air	6
2.3.1. Les métaux.....	6
2.3.2. Les particules PM10 et PM2.5	8
<u>3. Mise en œuvre de la campagne de mesure.....</u>	<u>9</u>
3.1. Moyens de mesure	9
3.2. Plan d'échantillonnage.....	10
3.3. Période de mesure.....	11
<u>4. Commentaires météorologiques.....</u>	<u>12</u>
<u>5. Résultats de mesure</u>	<u>14</u>
5.1. Niveaux moyens mesurés de particules	14
5.2. Niveaux moyens mesurés de métaux.....	15
5.3. Niveaux moyens de métaux en fonction des teneurs en PM2.5	18
5.4. Impact selon les secteurs de vent	19
5.5. Zoom sur la période d'arrêt des fours de l'UIOM	22
<u>6. Estimation du respect des normes de la qualité de l'air</u>	<u>25</u>
6.1. Estimation de la concentration moyenne annuelle pour les particules : méthodologie de calcul et incertitude associée	25
6.2. Teneurs de particules par rapport aux normes en vigueur	25
6.2.1 A l'échelle annuelle	25
6.2.2 A l'échelle journalière	27
6.3. Teneurs de métaux par rapport aux normes en vigueur et aux seuils d'évaluation	28
<u>7. Conclusions</u>	<u>31</u>

GLOSSAIRE

UIOM : Usine d'incinération des ordures ménagères

Syctom, l'agence métropolitaine des déchets ménagers : syndicat intercommunal de traitement des ordures ménagères de l'agglomération parisienne

OMS : Organisation mondiale de la santé

DRIEE : Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie

DGPR : Direction générale de la prévention des risques

Normes de la qualité de l'air :

Les valeurs limites sont définies par la réglementation européenne et reprises dans la réglementation française. Elles correspondent à 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 un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint. Ce sont donc des valeurs réglementaires contraignantes. Elles doivent être respectées chaque année. Un dépassement de valeur limite doit être déclaré au niveau européen. Dans ce cas, des plans d'actions motivés doivent être mis en œuvre afin de conduire à une diminution rapide des teneurs en dessous du seuil de la valeur limite. La persistance d'un dépassement peut conduire à un contentieux avec l'Union Européenne. La plupart des valeurs limites voyaient leurs seuils diminuer d'année en année. Pour les particules PM10 et le dioxyde de soufre, les valeurs limites ont atteint leur niveau définitif en 2005. Pour le dioxyde d'azote et le benzène, le seuil des valeurs limites a achevé sa décroissance au 1^{er} janvier 2010, pour les particules PM2.5 la décroissance se poursuit jusqu'au 1^{er} janvier 2015.

Les objectifs de qualité sont définis par la réglementation française. Ils correspondent à une qualité de l'air jugée acceptable ou satisfaisante.

Les valeurs cibles définies par les directives européennes correspondent à un niveau fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée. Elles se rapprochent dans l'esprit des objectifs de qualité français puisqu'il n'y a pas de contraintes contentieuses associées à ces valeurs. Elles ont été introduites fin 2008 dans la réglementation française.

Le seuil du niveau d'information et de recommandation en particules PM10 : 50 µg/m³ en moyenne calculé sur la période entre 0 et 24 heures. Ce seuil est défini en Ile-de-France par l'Arrêté interpréfectoral n° 2011-00832 du 27 octobre 2011.

Polluants :

PM10 : Particules dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres

PM2.5 : Particules dont le diamètre est inférieur à 2.5 micromètres

Al : Aluminium

As : Arsenic

Cd : Cadmium

Cu : Cuivre

Cr : Chrome

Hg : Mercure

Ni : Nickel

Mn : Manganèse

Pb : Plomb

Zn : Zinc

1. Introduction

Dans le cadre de sa mission de surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France, Airparif mesure les métaux réglementés en continu sur un site de fond situé à Paris, et via des campagnes annuelles au voisinage des principaux sites industriels émetteurs franciliens. Ces principaux sites ont été définis selon une hiérarchie établie d'après la quantité annuelle des rejets de métaux réglementés estimés¹ en 2005 (données issues de la Direction générale de la prévention des risques -DGPR- et de la Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie - DRIEE). Parmi les installations identifiées, une UIOM (Usine d'incinération des ordures ménagères) a fait l'objet d'une campagne de mesure en 2010 à Saint-Ouen (93).

Le Syctom a souhaité compléter cette étude avec une campagne autour de l'UIOM d'Ivry-sur-Seine (94) en assurant son financement.

En plus des mesures de métaux, le Syctom a souhaité intégrer à cette campagne une étude de caractérisation des niveaux de particules afin de déterminer l'impact de l'UIOM sur les niveaux de particules mesurés par rapport à celui des autres sources du secteur, en particulier le trafic routier (proximité du Boulevard Périphérique et de l'autoroute A4) et les voies ferrées.

Cette étude permet en outre de positionner les niveaux mesurés au sein du secteur d'étude par rapport aux normes en vigueur et à ce qui est enregistré généralement au cœur de l'agglomération parisienne.

2. Contexte de l'étude

2.1. Description du secteur d'étude

L'UIOM est implantée (en bleu Figure 1) sur la commune d'Ivry-sur-Seine, commune du département du Val-de-Marne (94) limitrophe de Paris.

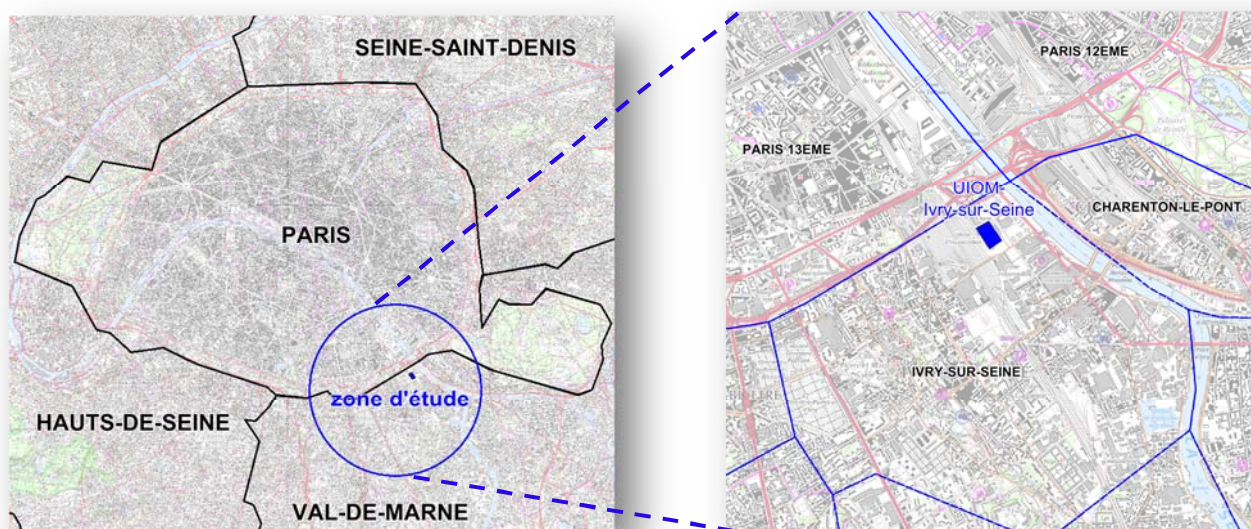


Figure 1 : Plan de situation du domaine d'étude autour de l'UIOM d'Ivry-sur-Seine.

¹ D'après la bibliographie réalisée : « Surveillance des métaux dans l'air ambiant » - http://www.airparif.asso.fr/pdf/publications/Rapmontereau_biblio.pdf. A noter que ce document est basé sur des données de l'année 2005 donc antérieures aux dernières améliorations sur le traitement des fumées des UIOM.

La densité urbaine au sein du domaine d'étude y est importante. La commune d'Ivry-sur-Seine accueille près de 58 000 habitants² et présente ainsi une densité de population de près de 10 000 habitants/km². Cette densité est encore plus importante sur la commune de Charenton-le-Pont (15 800 habitants/km²) et à Paris (Paris 13^{ème} : 25 000 habitants/km²).

De nombreuses infrastructures liées au transport sont localisées à proximité de l'UIOM avec essentiellement le Boulevard Périphérique (à 300 mètres au Nord) sur lequel on compte plus de 250 000 véhicules par jour³, l'autoroute A4 dont le tracé suit la Seine à 400 mètres à l'Est de l'UIOM, et où circulent plus de 205 000 véhicules/jour⁴) et une importante gare ferroviaire de triage à proximité immédiate du site à l'Ouest.

2.2. Polluants mesurés

Lors de la campagne, les métaux ainsi que les particules ont fait l'objet de mesures autour de l'UIOM d'Ivry-sur-Seine.

Les quatre métaux normés dans l'air ambiant⁵ ont été mesurés, à savoir l'arsenic, le cadmium, le nickel et le plomb. Outre ces métaux réglementés, d'autres métaux ont fait l'objet d'analyses afin de distinguer au mieux l'impact potentiel des différentes sources d'émissions du domaine d'étude. En effet, d'autres sources de métaux sont présentes au sein du domaine d'étude telles que le trafic routier (émissions à l'échappement liées à la combustion de carburant, et émissions liées à l'usure des freins) et le trafic ferroviaire (émissions liées à l'usure des voies ferrées, des systèmes de frein, des caténaies...). Le cuivre, le zinc, le chrome et le manganèse ont ainsi été mesurés lors des six semaines de la campagne. Par ailleurs, à la demande du Sycotom, le mercure et l'aluminium ont également été suivis.

Des mesures de particules PM2.5 et PM10 ont également été réalisées afin de quantifier les niveaux de particules au regard des niveaux mesurés dans l'agglomération parisienne et déterminer l'impact respectif des différentes sources de pollution présentes dans le secteur. Les PM10 et PM2.5 représentent les particules dont le diamètre est inférieur respectivement à 10 µm et 2.5 µm, ce qui correspond aux particules inhalables. Ces deux polluants sont réglementés dans l'air ambiant (directive 2008/50/CE).

L'accent a été mis sur la mesure des particules les plus fines PM2.5 (5 sites de mesure), sachant que les émissions issues de l'UIOM sont essentiellement des particules fines inférieures à 2.5 µm. En effet, d'après les mesures de granulométrie réalisées plus de 95 % des particules totales issues des émissions liées à l'incinération des déchets sont dans la tranche granulométrique PM2.5⁶.

2.3. Normes de la qualité de l'air

2.3.1. Les métaux

La directive européenne⁷ 2004/107/CE du 15 décembre 2004, publiée conformément à la directive cadre de 1996 et transposée en droit français par le décret n°2008-1152, s'intéresse spécifiquement aux Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et aux métaux. Trois métaux sont concernés, en

² Source : INSEE, 2010.

³ Source : Direction de la voirie et des déplacements – Mairie de Paris – 2005.

⁴ Source : Direction des transports, de la voirie et des déplacements – Conseil Général Val-de-Marne – 2012.

⁵ Directives 2004/107/CE et 2008/50/CE.

⁶ Source : Sycotom.

⁷ <http://www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/dcret15122004.pdf>

plus du plomb déjà réglementé en 2004 et repris dans la directive 2008/50/CE en 2008 : **l'arsenic, le cadmium et le nickel**.

Des **valeurs cibles pour ces 3 composés** sont définies et à **respecter depuis le 31 décembre 2012**. La moyenne est calculée sur une année civile pour le total de la fraction des particules PM10.

Le Tableau 1 présente les valeurs cibles établies à l'échelle annuelle pour l'arsenic, le cadmium et le nickel, d'après la directive européenne n°2004/107/CE et le décret français n°2008-1152 du 7 novembre 2008 relatif à la qualité de l'air.

Polluant	Valeur cible ⁸ à respecter depuis le 31 décembre 2012
Arsenic	6 ng/m ³
Cadmium	5 ng/m ³
Nickel	20 ng/m ³

Tableau 1 : valeurs réglementaires définies dans l'air ambiant.

La valeur réglementaire (valeur limite⁹) pour **le plomb (Pb)** dans l'air ambiant, définie par la directive européenne n° 1999/30/CE du 22 avril 1999, est fixée à 0.5 µg/m³ (soit 500 ng/m³) en concentration moyenne annuelle. La directive européenne n° 2008/50/CE du 21 mai 2008 reprend cette valeur limite.

Cette valeur réglementaire doit être respectée depuis le 1^{er} janvier 2005. Il est à noter que ces directives européennes ont été transposées en droit français en 2002 (décret n°2002-213 du 15 février 2002) et en 2010 (décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 complété par l'arrêté du 21 octobre 2010).

La directive européenne n°2004/107/CE outre le fait d'établir pour l'arsenic, le cadmium et le nickel des valeurs cibles, fixe le nombre de points de prélèvement pour la mesure fixe des concentrations de ces métaux. Le nombre de points de mesure, afin d'évaluer le respect des valeurs cibles, est ainsi déterminé en fonction :

- du positionnement des niveaux annuels relevés pour les trois métaux au regard des seuils d'évaluation minimal¹⁰ et maximal¹¹ (cf. Tableau 2) ;

- de la population de l'agglomération ou de la zone dans laquelle s'effectuent les mesures (en Ile-de-France : soit la zone « ZAG » correspondant à l'agglomération parisienne, soit la zone « ZR » correspondant à la Zone Régionale hors agglomération de Paris).

⁸ **Valeur cible** : 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.

⁹ **Valeur limite** : 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.

¹⁰ **Seuil d'évaluation minimal (SEMI)** : correspond au niveau en-dessous duquel il est possible de se borner à l'emploi de techniques de modélisation ou d'estimation objective pour évaluer la qualité de l'air ambiant.

¹¹ **Seuil d'évaluation maximal (SEMA)** : correspond au niveau en-dessous duquel une combinaison de mesures et de techniques de modélisation peut être employée pour évaluer la qualité de l'air ambiant.

	Arsenic	Cadmium	Nickel	Plomb
Seuil d'évaluation maximal en % de la valeur cible	60 % 3.6 ng/m ³	60 % 3 ng/m ³	70 % 14 ng/m ³	70 % 0,35 µg/m ³
Seuil d'évaluation minimal en % de la valeur cible	40 % 2.4 ng/m ³	40 % 2 ng/m ³	50 % 10 ng/m ³	50 % 0,25 µg/m ³

Tableau 2 : Seuils d'évaluation minimaux et maximaux pour l'arsenic, le cadmium, le nickel et le plomb.

Outre les valeurs réglementées fixées à l'échelle européenne, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) définit des valeurs guides pour certains métaux. Ainsi, pour le **manganèse**, l'OMS recommande une valeur guide pour l'exposition de la population de 0.15 µg/m³ (soit 150 ng/m³) en moyenne annuelle.

2.3.2. Les particules PM10 et PM2.5

Les directives européennes et la réglementation française définissent pour les particules PM10 des niveaux réglementaires pour deux échelles de temps, à savoir l'échelle annuelle et l'échelle journalière, afin de distinguer deux types de situations vis-à-vis des effets sur la santé : la pollution chronique à l'échelle de l'année et les épisodes de courte durée à l'échelle d'une ou plusieurs journées (épisode de « pic de pollution »). Concernant les particules PM2.5, si une réglementation existe à l'échelle annuelle, il n'y a cependant pas de normes fixées pour le court terme.

Le Tableau 3 présente les normes en vigueur pour la protection de la santé pour les particules PM10 et PM2.5 à l'échelle annuelle (effet chronique) et journalière (effet aigu).

Polluant	Type de norme	Seuil	Nombre de dépassements maximum/an
PM10	Objectif de qualité	30 µg/m ³ moyenne annuelle	
	Valeur limite annuelle	40 µg/m ³	
	Valeur limite journalière	50 µg/m ³ moyenne journalière	35
	Seuil d'information et de recommandation	50 µg/m ³ moyenne journalière	
	Seuil d'alerte	80 µg/m ³ moyenne journalière	
PM2.5	Valeur cible	20 µg/m ³ moyenne annuelle	
	Valeur limite 2013-2014	26 µg/m ³ moyenne annuelle	
	Valeur limite 2015	25 µg/m ³ moyenne annuelle	
	Objectif de qualité	10 µg/m ³ moyenne annuelle	

Tableau 3 : Principales normes en vigueur pour les particules PM10 et PM2.5.

3. Mise en œuvre de la campagne de mesure

3.1. Moyens de mesure

L'ensemble des sites d'étude est instrumenté de manière à mesurer les particules PM2.5 et les métaux. Ce dispositif est complété par la mesure des particules PM10 sur deux sites d'intérêt (Ecole D. September et Centre technique Lamant à Ivry-sur-Seine).

Les **mesures de particules PM10 et PM2.5** sont réalisées par micro-balance, à l'aide d'analyseurs automatiques de type RP1400 (R&P) appelés aussi TEOM (Tapered element oscillating microbalance). Les analyseurs de particules ont été installés au sein de laboratoires mobiles, prenant la forme soit d'un véhicule (cf. Figure 2) soit d'une remorque, dans lesquels un raccordement électrique et téléphonique permet le fonctionnement des appareils et l'intégration des données à distance. Des données au pas de temps horaire sont alors disponibles sur l'ensemble de la campagne.

Les **mesures de métaux** dans l'air ambiant sont réalisées à l'aide d'un « Leckel SEQ47/50 » (cf. Figure 2). Ce moyen de mesure est un préleveur automatique de particules en suspension avec un débit d'aspiration¹² de 2,3 m³/h en continu. 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 raccordé à une alimentation électrique.

Les particules en suspension mesurées sont des particules dont le diamètre est inférieur à dix micromètres¹³ (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 via une minéralisation et un dosage par ICP/MS¹⁴.



Figure 2 : Moyen de mesure « Leckel SEQ47/50 » implanté lors de l'étude.

¹² Débit équivalent à la norme NF EN 12341.

¹³ « 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.

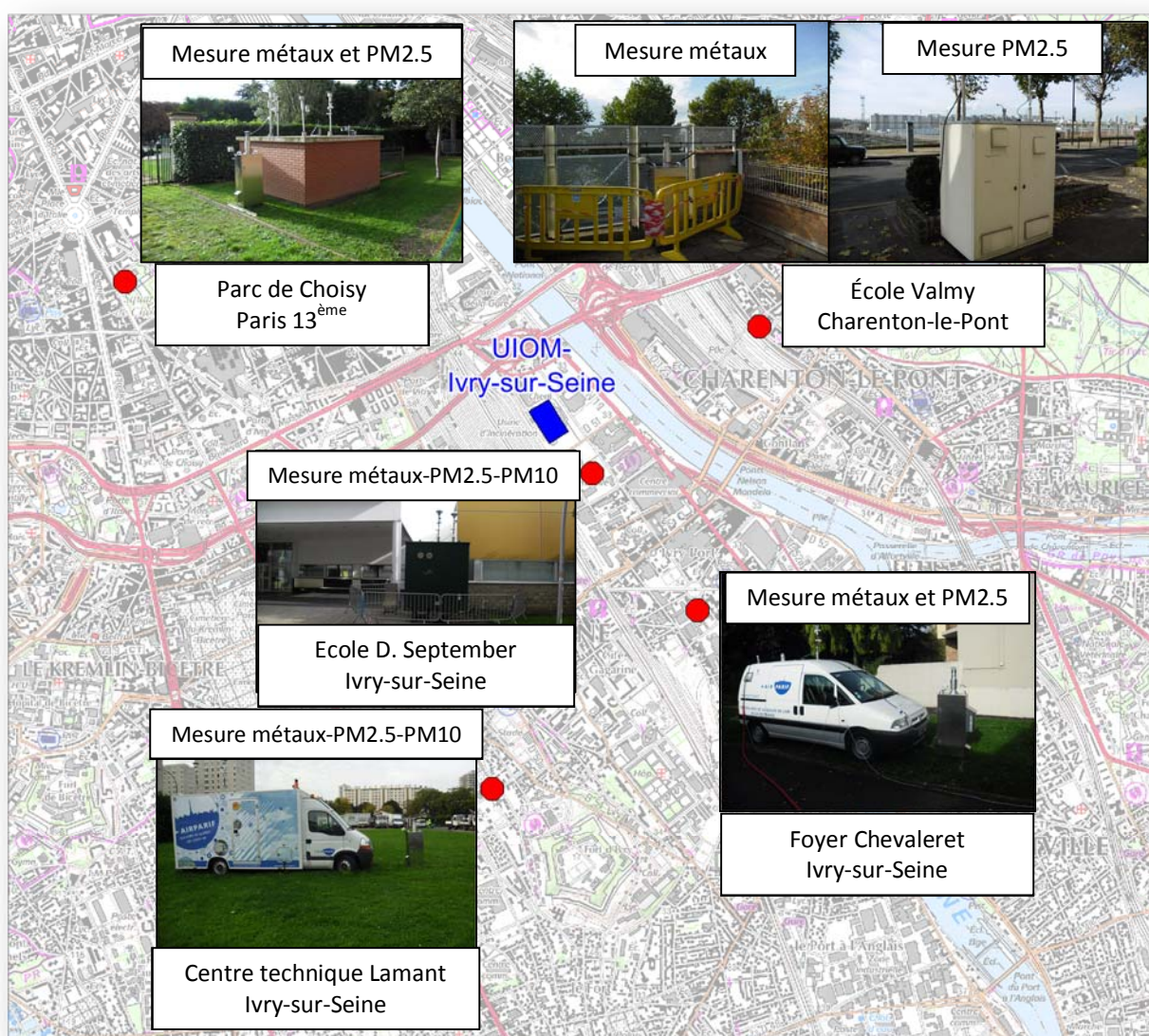
¹⁴ Analyse par spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif (NF EN 14902) pour le plomb, le cadmium, l'arsenic et le nickel.

3.2. Plan d'échantillonnage

Cinq sites ont été équipés pour la mesure des métaux et des particules dans l'air autour de l'UIOM d'Ivry-sur-Seine. Ils ont été définis à partir d'un croisement de différents éléments :

- Les régimes de vent dominants ;
- Les résultats existants relatifs à la surveillance de l'impact des rejets atmosphériques sur les éléments de la biosphère et de mesures de retombées de métaux ;
- L'étude des retombées de panache industriel réalisée à partir d'informations obtenues auprès du registre français des émissions (IREP).

De plus, un site complémentaire a été instrumenté à l'école D. September¹⁵ à Ivry-sur-Seine en accord avec le Syctom et à la demande notamment d'une association et des parents d'élèves de l'école relayée par la mairie d'Ivry-sur-Seine. Ce dernier site est situé à environ 250 mètres au Sud de l'UIOM. La Figure 3 présente la localisation ainsi que les moyens de mesure mis en œuvre lors de la campagne de mesure sur les cinq sites.



¹⁵ Ecole Dulcie September – 5, allée Chanteclair – Ivry-sur-Seine.

Les sites de mesure ont été mis en œuvre sur trois communes permettant à la fois la surveillance selon différents secteurs de vent, mais également selon l'éloignement à l'UIOM :

- Trois sites de mesure ont été instrumentés sur la commune d'Ivry-sur-Seine : le centre technique Lamant¹⁶ localisé à 1.8 km de l'UIOM, le foyer Chevaleret¹⁷ à une distance de 1.1 km et l'école Dulcie September¹⁸ à 250 mètres.
- Un point de mesure à Paris 13^{ème} au sein du Parc de Choisy¹⁹ situé à 2.3 km ;
- Un site à 1.1 km de l'UIOM implanté sur la commune de Charenton-le-Pont à proximité de l'école Valmy (Avenue Winston Churchill).

Ce plan d'échantillonnage prend également en compte les contraintes techniques nécessaires à la mise en œuvre des moyens de mesure (électricité, site sécurisé, accessibilité...).

Les niveaux des métaux réglementés mesurés dans le périmètre d'influence de l'UIOM d'Ivry-sur-Seine seront comparés aux données recueillies sur le site de mesure Airparif implanté à Paris 18^{ème} arrondissement (lycée Ferdinand Flocon), qui représentent les concentrations de référence du niveau de fond du cœur de l'agglomération parisienne.

Pour les particules PM2.5, les sites fixes du réseau Airparif implantés à Vitry-sur-Seine et Paris centre constituent les sites de référence de ce qui est mesuré au sein de Paris et de la petite-couronne au même titre que les stations de Paris 18^{ème} et Vitry-sur-Seine pour les particules PM10.

3.3. Période de mesure

Les mesures de métaux et de particules dans l'air se sont déroulées durant six semaines entre le 16 septembre et le 27 octobre 2013. L'objectif étant de caractériser l'impact des sources locales de particules primaires, la période de septembre-octobre a été privilégiée car la proportion des particules secondaires (nitrates, sulfates...) issues principalement des transports longue distance des masses d'air est plus limitée à cette période qu'en période hivernale.

Au cours de la campagne de mesure, l'exploitation de l'UIOM a nécessité des arrêts de fours. Le détail de ces arrêts est présenté dans le tableau 4. Il est à noter que les deux fours ont été à l'arrêt simultanément entre le 10 octobre à 12h40 et le 11 octobre à 1h.

Arrêt de la Ligne 1	Arrêt entre le 10/10 à 12h40 et le 11/10 à 1h
	Arrêt entre le 13/10 à 23h00 et le 24/10 à 14h30
Arrêt de la Ligne 2	Arrêt entre le 10/10 à 11h00 et le 12/10 à 11h45

Tableau 4 : Périodes d'arrêt des fours des Lignes 1 et 2 durant la campagne de mesure réalisée entre le 16/09/13 et le 27/10/13 (Source Syctom).

Pour cette étude, après analyses en laboratoire des filtres, une concentration moyenne pour chacun des métaux est obtenue à partir des périodes d'exposition hebdomadaires, soit six séries de mesure. Les concentrations de particules PM2.5 et PM10 ont été mesurées au pas de temps horaire durant les six semaines de campagne.

¹⁶ 6, ter, rue Marcel Lamant – Ivry-sur-Seine.

¹⁷ 4, rue Maurice Couderchet – Ivry-sur-Seine.

¹⁸ 5, allée Chanteclair – Ivry-sur-Seine.

¹⁹ 11, rue George Eastman – Paris 13^{ème}.

4. Commentaires météorologiques

Les commentaires météorologiques s'appuient sur les observations (vitesse et direction de vent) de la station météorologique implantée sur le site même de l'UIOM d'Ivry-sur-Seine, soit au cœur du domaine d'étude.

La Figure 4 illustre pour l'ensemble de la campagne de mesure, la fréquence et la vitesse des régimes de vent. Les secteurs en rouge indiquent les vents les plus faibles, favorables à l'accumulation de la pollution atmosphérique (vitesses de vent comprises entre 0,1 m/s et 2 m/s), et en jaune les régimes de vent les plus dispersifs (vitesses supérieures à 4 m/s).

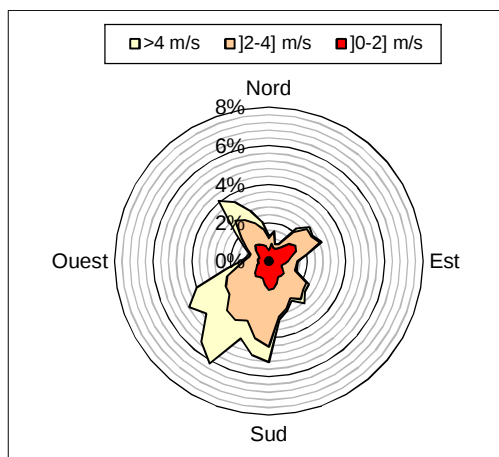
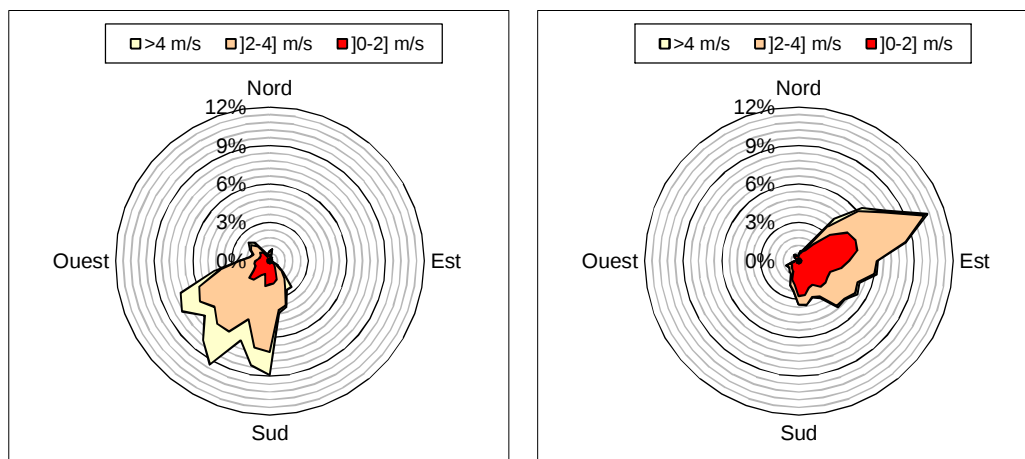


Figure 4 : Fréquence (en %) des vents observés à Ivry-sur-Seine en fonction de leur secteur et leur vitesse lors de la campagne de mesure (d'après mesures sur le site de l'UIOM).

La rose de vent issue des mesures du site de l'UIOM durant les six semaines de campagne présente un secteur de vent dominant de secteur Sud-Ouest avec une fréquence d'environ 30 % du temps. Ce régime de vent est souvent accompagné de vent de vitesse élevée (> 4 m/s : partie jaune) pour plus d'un tiers du temps, autrement dit favorable à la dispersion de la pollution (brassage de l'atmosphère).

Secondairement, les régimes de vent de Nord-Ouest (15 % du temps) et de Nord-Est (10 %) complètent les secteurs de vent les plus représentés durant la campagne de mesure. Pour ces derniers, les vitesses de vents sont plus faibles puisque, plus de la moitié du temps, le vent était inférieur à 2 m/s, ce qui représente une stabilité atmosphérique engendrant des teneurs de pollution potentiellement plus élevées.

Les conditions de vent ont été contrastées d'une semaine à l'autre, avec des séries de mesure où les régimes de vent observés étaient dispersifs et établis au Sud-Ouest (cf. Figure 5-a) ou au contraire peu dispersifs d'Est à Nord-Est (cf. Figure 5-b), plaçant ainsi le site de l'Ecole Valmy de Charenton-le-Pont sous l'influence potentielle des émissions de l'UIOM ou au contraire hors de leur influence (autrement dit « au vent » de celles-ci).



a) Du 14/10 au 20/10/2013 – Série 5

b) Du 23/09 au 29/09/2013 – Série 2

Figure 5 : Fréquence (en %) des vents observés à Ivry-sur-Seine en fonction de leur secteur et leur vitesse lors de la campagne de mesure (d'après mesures sur le site de l'UIOM) ; détail hebdomadaire.

L'ensemble des roses de vent relevées sur le site de l'UIOM durant les six semaines de mesure est illustré en Annexe 2.

5. Résultats de mesure

5.1. Niveaux moyens mesurés de particules

Afin de caractériser la qualité de l'air relevée sur les sites de mesure du domaine d'étude, les niveaux moyens de pollution enregistrés durant la campagne sont comparés aux teneurs relevées sur des stations fixes du réseau Airparif, situées d'une part non loin du domaine d'étude et d'autre part représentatives d'environnements similaires (niveau de fond).

La Figure 6-a présente les teneurs moyennes de **particules PM2.5** mesurées lors des six semaines de campagne sur les sites temporaires du domaine d'étude et sur les sites fixes de fond du réseau Airparif implantés à Paris et au sein de la petite-couronne parisienne.

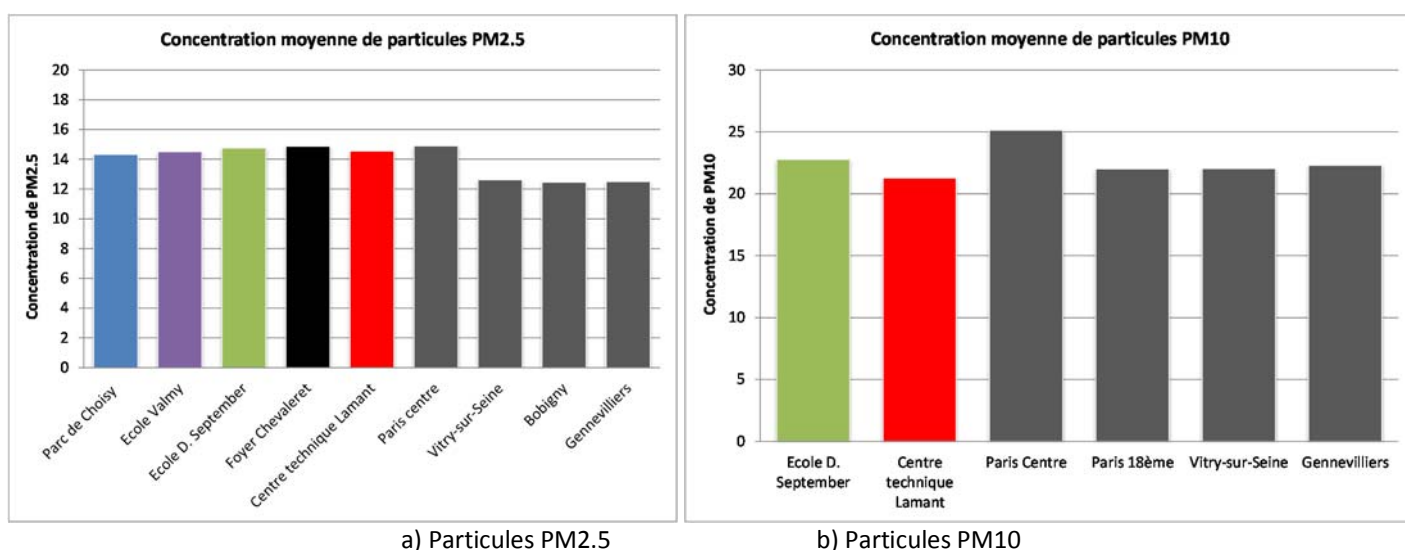


Figure 6 : Concentrations moyennes de particules PM2.5 (a) et PM10 (b) enregistrées entre le 16/09 et le 27/10/2013 sur les sites de mesure temporaire implantés au sein du domaine d'étude ainsi que sur 4 stations de fond du réseau permanent d'Airparif.

Les concentrations moyennes relevées sur les différents sites temporaires sont du même ordre de grandeur, avec des teneurs comprises entre 14.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et 14.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui dénote une homogénéité des niveaux de PM2.5 au sein du domaine d'étude. Ces teneurs sont comparables à ce qui est mesuré au cœur de Paris (14.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

En s'éloignant du cœur dense de l'agglomération parisienne, les concentrations moyennes de PM2.5 sont légèrement plus faibles (12.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur les stations fixes du réseau Airparif, comme mesuré à la station de Vitry-sur-Seine.

La Figure 6-b présente les teneurs de **particules PM10** sur les deux sites instrumentés sur le domaine d'étude (Ecole D. September et Centre technique Lamant à Ivry-sur-Seine) et les stations parisiennes et de la petite-couronne du réseau Airparif.

La teneur moyenne de particules PM10 sur le site de l'école D. September est légèrement supérieure à celle relevée durant la campagne au Centre technique Lamant, avec des concentrations respectivement de 22.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et de 21.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Néanmoins, cela reste inférieur à ce qui est mesuré à Paris centre (25.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), mais comparable aux mesures de PM10 enregistrées au sein de la petite-couronne (22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur Vitry-sur Seine et 22.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à Gennevilliers).

5.2. Niveaux moyens mesurés de métaux

La Figure 7 présente les niveaux moyens de métaux normés enregistrés sur les sites temporaires mis en œuvre autour de l'UIOM d'Ivry-sur-Seine sur la période d'étude, du 16 septembre au 27 octobre 2013, ainsi qu'à la station de fond du réseau Airparif implantée à Paris 18^{ème}.

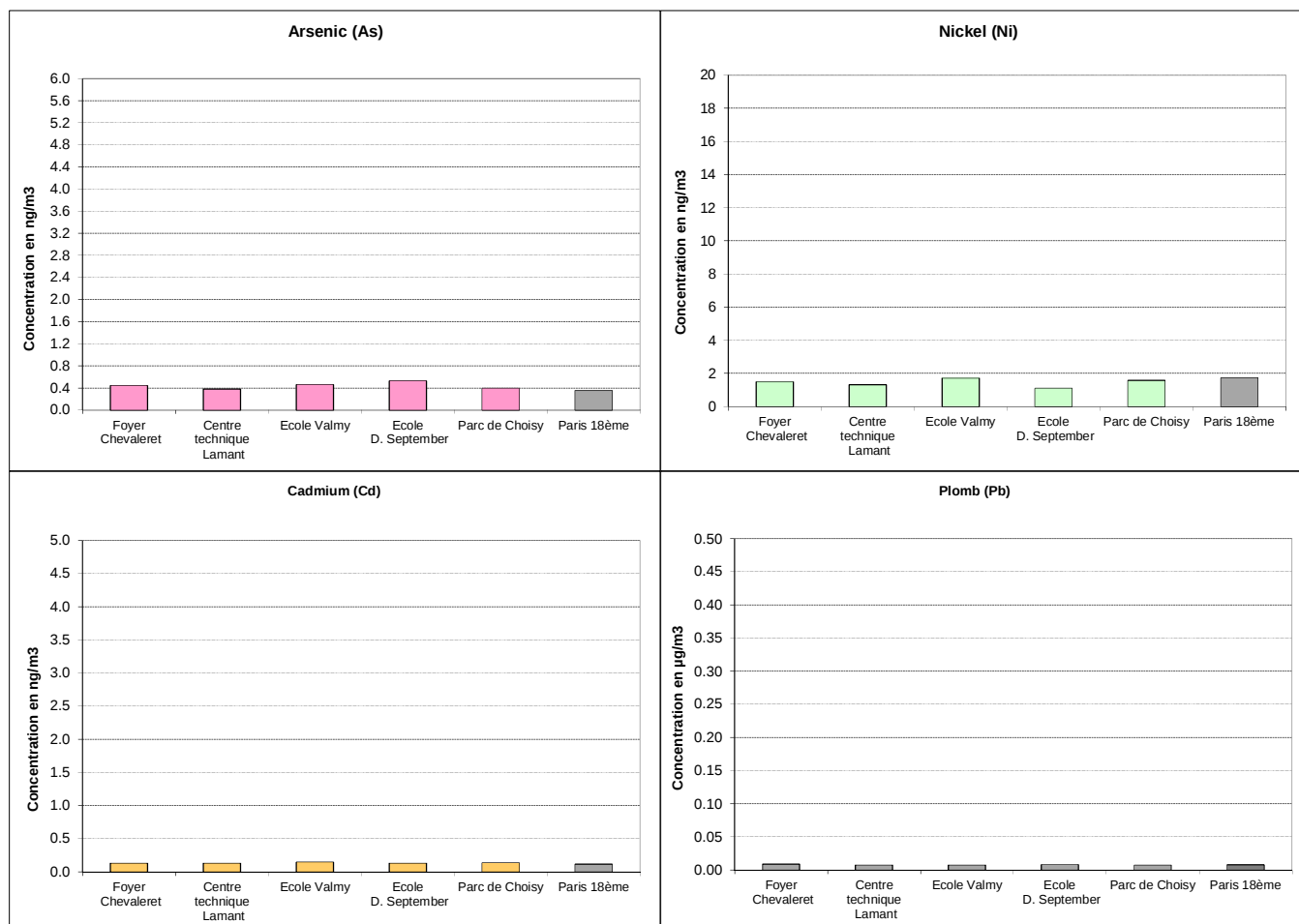


Figure 7 : Concentrations moyennes de métaux normés enregistrées lors de la campagne entre le 16 septembre et le 27 octobre 2013 sur les sites de mesure temporaire implantés au sein du domaine d'étude ainsi que sur une station de fond du réseau permanent d'Airparif.

Les teneurs moyennes sur l'ensemble des sites du domaine d'étude, ainsi que sur la station permanente du réseau Airparif implantée à Paris 18^{ème}, sont très faibles et homogènes sur la période de mesure.

Pour l'arsenic, les concentrations sont comprises entre 0.4 et 0.5 ng/m³, sont comparables à ce qui est mesuré à la station permanente de Paris 18^{ème} (0.4 ng/m³).

Ce constat est identique pour le cadmium et le plomb pour lesquels les niveaux moyens sont comparables à la fois sur le domaine d'étude et sur la station de référence située à Paris 18^{ème}, avec respectivement des teneurs comprises entre 0.1 ng/m³ et 0.2 ng/m³ et entre 0.008 et 0.009 µg/m³.

Les teneurs en nickel sur le domaine d'étude sont également très faibles (entre 1.1 ng/m³ et 1.7 ng/m³) et inférieures à ce qui est mesuré à la station fixe de Paris 18^{ème} (1.8 ng/m³).

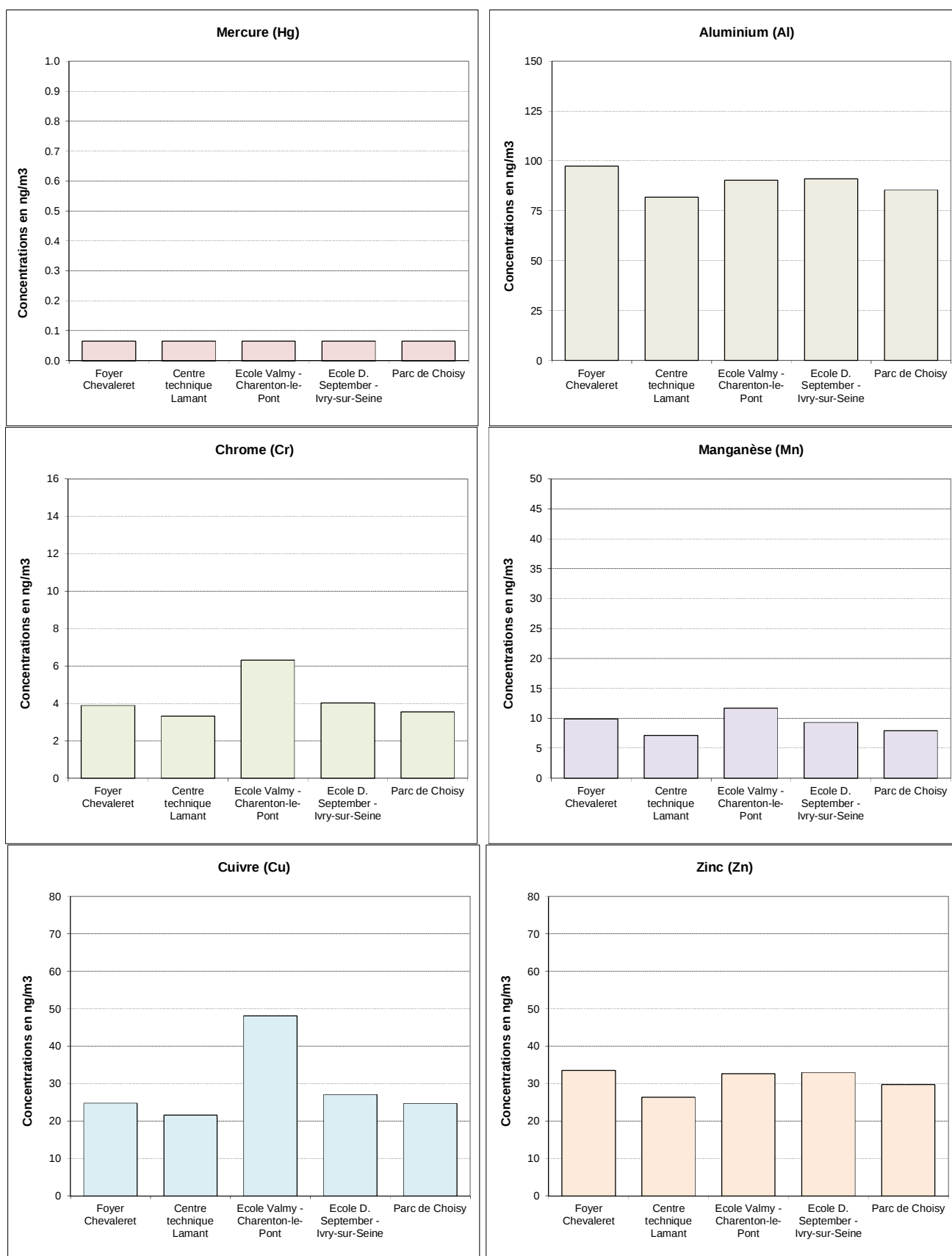
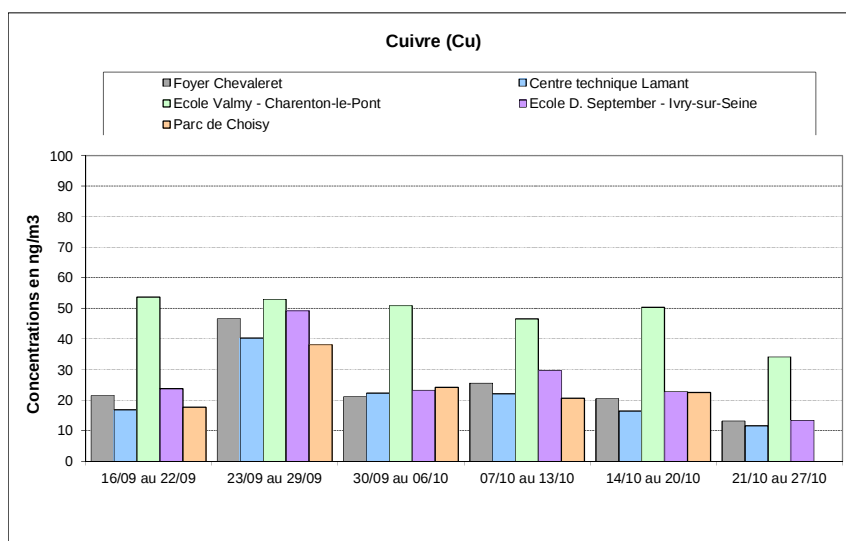


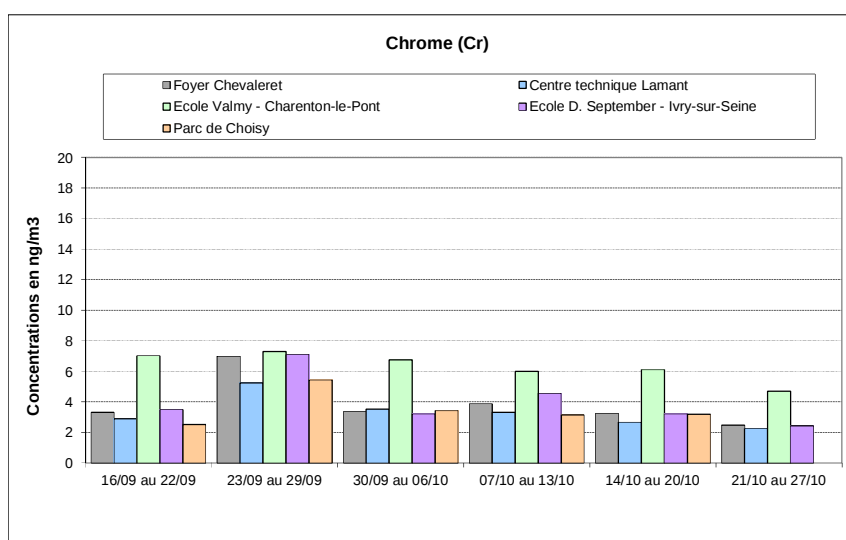
Figure 8 : Concentrations moyennes de métaux non normés enregistrées lors de la campagne entre le 16 septembre et le 27 octobre 2013 sur les sites de mesure temporaire implantés au sein du domaine d'étude

Concernant les mesures de métaux non normés (cf. Figure 8), les concentrations relevées au cours de la campagne sont également faibles et homogènes d'un site à l'autre, hormis pour le cuivre et le chrome pour lesquels les teneurs sur le site implanté à l'Ecole Valmy de Charenton-le-Pont présentent des niveaux plus élevés.

Ainsi, les teneurs en cuivre sont en moyenne d'environ 50 ng/m³ sur le site de Charenton-le-Pont contre seulement 25 ng/m³ en moyenne sur les autres sites du domaine d'étude. Ces teneurs moyennes plus élevées sont concordantes avec des niveaux plus élevés relevés lors de chaque série de mesure (cf. Figure 9-a), autrement dit quel que soit le régime de vent plaçant ou non le site sous l'influence de l'UIOM. Cela est certainement dû à la proximité des voies ferrées (moins de 30 mètres pour la voie la plus proche) et au trafic ferroviaire qui en découle entraînant notamment l'usure des caténaires²⁰.



a) Cuivre



b) Chrome

Figure 9 : Concentration hebdomadaire de cuivre (a) et de chrome (b) sur les sites implantés sur le domaine d'étude lors de la campagne

Les teneurs en chrome sont également sur ce site plus élevées tout au long de la campagne, indépendamment des régimes de vent plaçant ou non le site sous l'impact potentiel de l'UIOM

²⁰ Emissions de cuivre via l'usure des caténaires : <http://www.citepa.org/fr/pollution-et-climat/polluants/metaux-lourds/cuivre>.

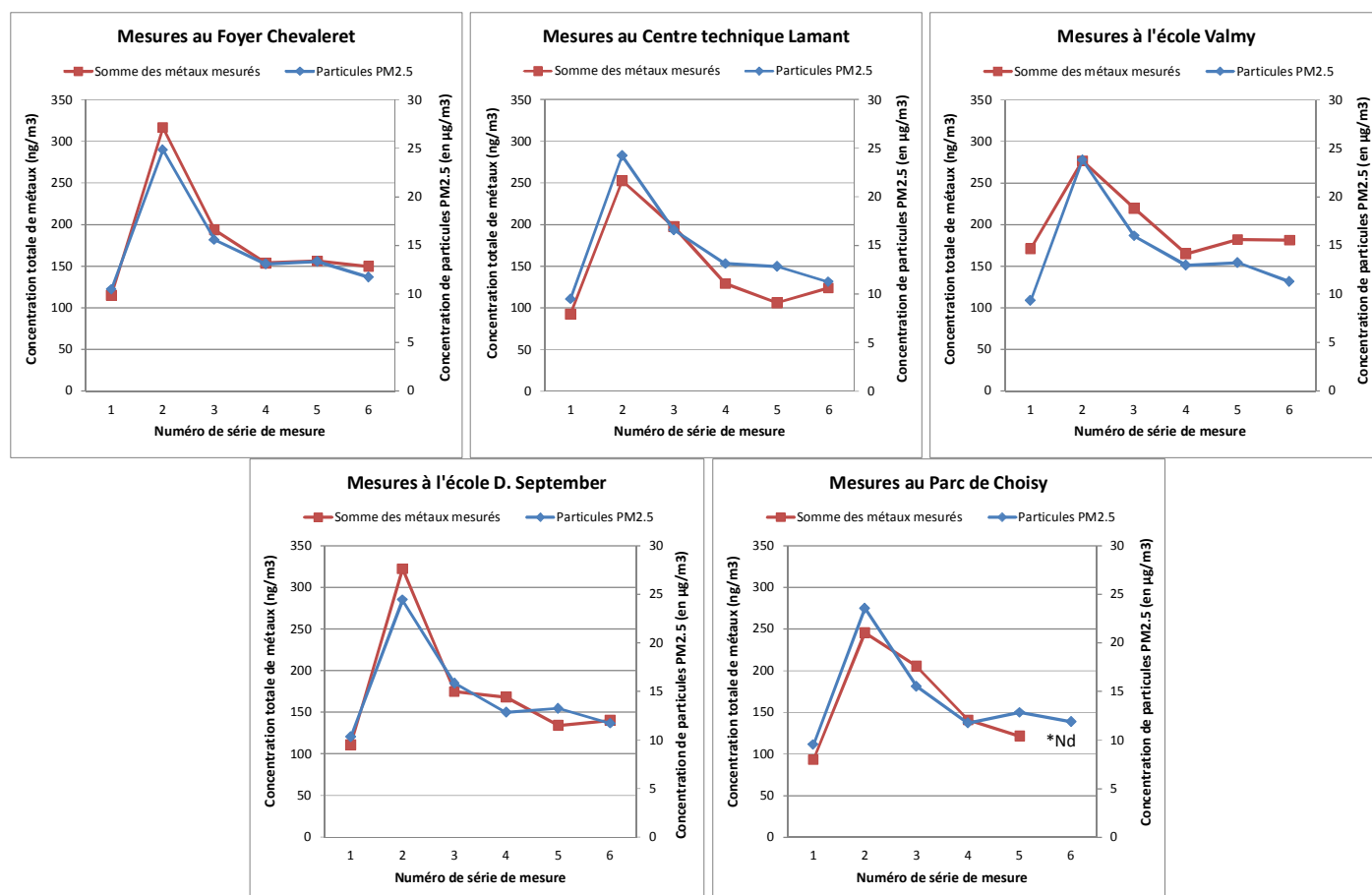
(Figure 9-b). Si les teneurs moyennes en chrome sur le domaine d'étude sont inférieures à 4 ng/m^3 , le site de l'école Valmy présente au contraire une moyenne sur la campagne supérieure à 6 ng/m^3 . Cependant, aucune source spécifique émettant du chrome n'a été identifiée à proximité de l'Ecole Valmy. À titre de comparaison, les teneurs en chrome restent néanmoins relativement faibles au regard de ce qui est notamment mesuré sur des sites influencés par des émissions de métaux : une étude réalisée autour d'une aciérie électrique a montré que les teneurs en chrome pouvaient être jusqu'à 3 fois plus élevées²¹ que celles mesurées à proximité de l'Ecole Valmy.

L'ensemble des résultats de mesure des métaux enregistrés durant les six semaines de la campagne est présenté en Annexe 3.

5.3. Niveaux moyens de métaux en fonction des teneurs en PM2.5

Afin de mettre en relief les niveaux de métaux relevés en fonction des teneurs en particules PM2.5 mesurés, la somme des concentrations en métaux analysés²² a été comparée à la moyenne hebdomadaire des concentrations de particules PM2.5 mesurée lors des six séries.

L'évolution hebdomadaire des concentrations en métaux est bien corrélée à celle des particules, comme illustré à la Figure 10. Il y a une forte dépendance entre les concentrations en métaux relevées lors des six séries de mesure hebdomadaires sur les sites du domaine d'étude et celles des particules PM2.5.



*Nd : Non disponible suite à un problème technique.

Figure 10 : Concentrations moyennes de métaux et de particules PM2.5 selon les six séries de mesure hebdomadaires enregistrées lors de la campagne du 16 septembre au 27 octobre 2013.

²¹ <http://www.airparif.asso.fr/pdf/publications/Rapmontereau.pdf>

²² Pour le calcul de la somme des concentrations en métaux l'ensemble des concentrations de polluants est exprimé en ng/m^3 .

Les séries de mesure pour lesquelles les niveaux de particules sont les plus élevés au sein de la zone d'étude, et plus globalement au sein de l'agglomération parisienne, sont celles pour lesquelles les teneurs en métaux sont les plus importantes. La fluctuation des niveaux de métaux est essentiellement liée à celle des teneurs en particules dans l'air qui elles-mêmes sont liées notamment aux conditions météorologiques plus ou moins favorables à l'accumulation des particules dans l'air (absence de vent, inversion de température...).

Sur le site de l'école Valmy à Charenton-le-Pont, compte-tenu des teneurs de certains métaux non normés plus élevées (cuivre et secondairement chrome) que sur les autres sites, le profil temporel de la somme des métaux est le plus élevé mais reste cependant bien corrélé au profil de particules PM2.5.

5.4. Impact selon les secteurs de vent

Dans le but d'identifier l'impact potentiel de l'UIOM et des autres sources d'émissions du secteur (émissions du trafic routier et ferroviaire...) sur les teneurs de particules dans l'air, il est nécessaire d'analyser les concentrations horaires mesurées sur les sites de l'étude, selon les directions du vent. Les sites de mesure temporaires peuvent être sous l'influence potentielle des émissions de l'UIOM selon différents secteurs de vent, à savoir (Cf. Figure 11) :

- Influence possible sur le site de l'école Valmy de Charenton-le-Pont lors de régimes de vent de secteur Sud-Sud-Ouest ;
- Influence possible sur les sites de l'école D. September et du Foyer Chevaleret d'Ivry-sur-Seine lors de régimes de vent de Nord-Nord-Ouest ;
- Influence possible sur le site du centre technique Lamant d'Ivry-sur-Seine lors de régimes de vent de Nord-Nord-Est ;
- Influence possible sur le site implanté au sein du parc de Choisy à Paris 13^{ème} lors de vent de secteur d'Est-Sud-Est.

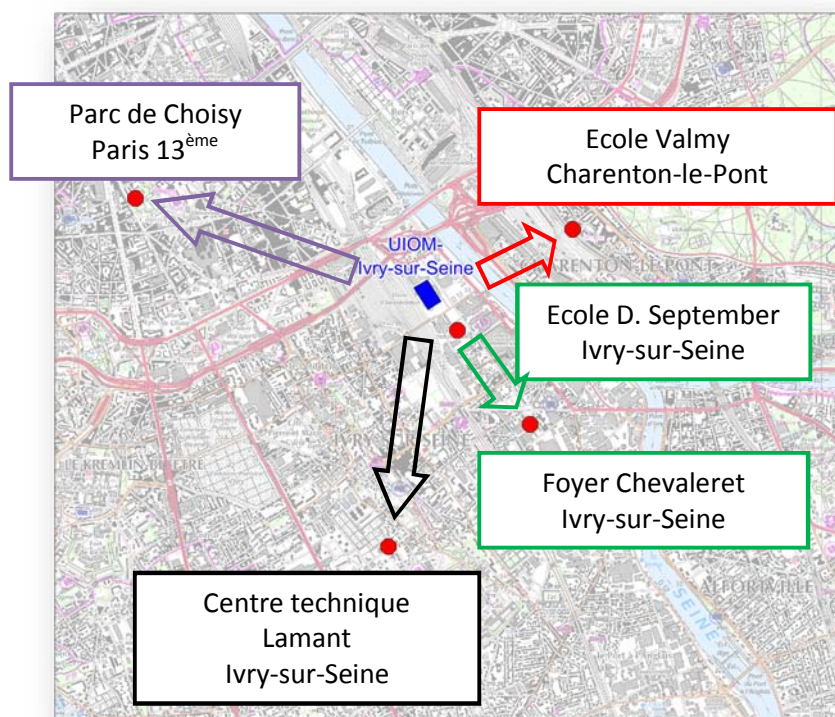


Figure 11 : Illustration des régimes de vent pour lesquelles les émissions de l'UIOM peuvent engendrer un impact potentiel sur les teneurs de pollution.

La différence, pour chaque heure, entre les niveaux de particules sur les sites temporaires et ceux mesurés sur les sites urbains de fond de référence du réseau Airparif est calculée afin de mettre en relief l'impact potentiel de l'UIOM. Cette différence peut ensuite être représentée sous forme de « rose d'impact de pollution » (cf. Figure 12). Elle permet de visualiser le surcroît de particules en fonction de l'origine des vents. La direction du vent est renseignée selon 36 secteurs de 10°.

La partie foncée de la rose d'impact de pollution (écart positif) représente un surcroît de pollution sur les sites temporaires mis en œuvre autour de l'UIOM 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 fond. 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 site temporaire instrumenté dans le cadre de l'étude est similaire à celui relevé sur le site de référence (station fixe du réseau Airparif).

La Figure 12 illustre sur le domaine d'étude les « roses d'impact de pollution » relatives aux particules PM2.5 sur les cinq sites de mesure temporaires mis en œuvre autour de l'UIOM.

La partie foncée des roses d'impact exprime le surcroît de particules PM2.5 sur les sites temporaires par rapport à la station de fond du réseau Airparif situé à Vitry-sur-Seine.

Sachant que les niveaux moyens de particules PM2.5 sont plus élevés sur les sites du domaine d'étude que ceux enregistrés lors de la campagne à la station située à Vitry-sur-Seine (Chapitre 5.1. Niveaux moyens mesurés de particules), les roses d'impact présentent un surcroît de PM2.5 globalement pour l'ensemble des régimes de vent. Ce surcroît de PM2.5 est inférieur à 5 µg/m³.

Les roses d'impact de pollution en particules PM2.5 ne présentent cependant pas de spécificités les unes par rapport aux autres en terme de motif général.

Par exemple, les sites de l'Ecole D. September et du foyer Chevaleret sont sous le vent de l'UIOM lors de régimes de vent de secteur Nord-Nord-Ouest. Ces sites présentent lors de ces conditions de vent des teneurs de PM2.5 plus importantes que celles mesurées à la station de Vitry-sur-Seine, mais enregistrent un surcroît similaire que les stations temporaires situées au vent de l'UIOM. Ce surcroît de PM2.5 n'est donc pas à mettre à l'actif des émissions de l'UIOM mais plutôt à l'influence globale des émissions issues plus largement de Paris (émissions du secteur résidentiel/tertiaire, du trafic routier...).

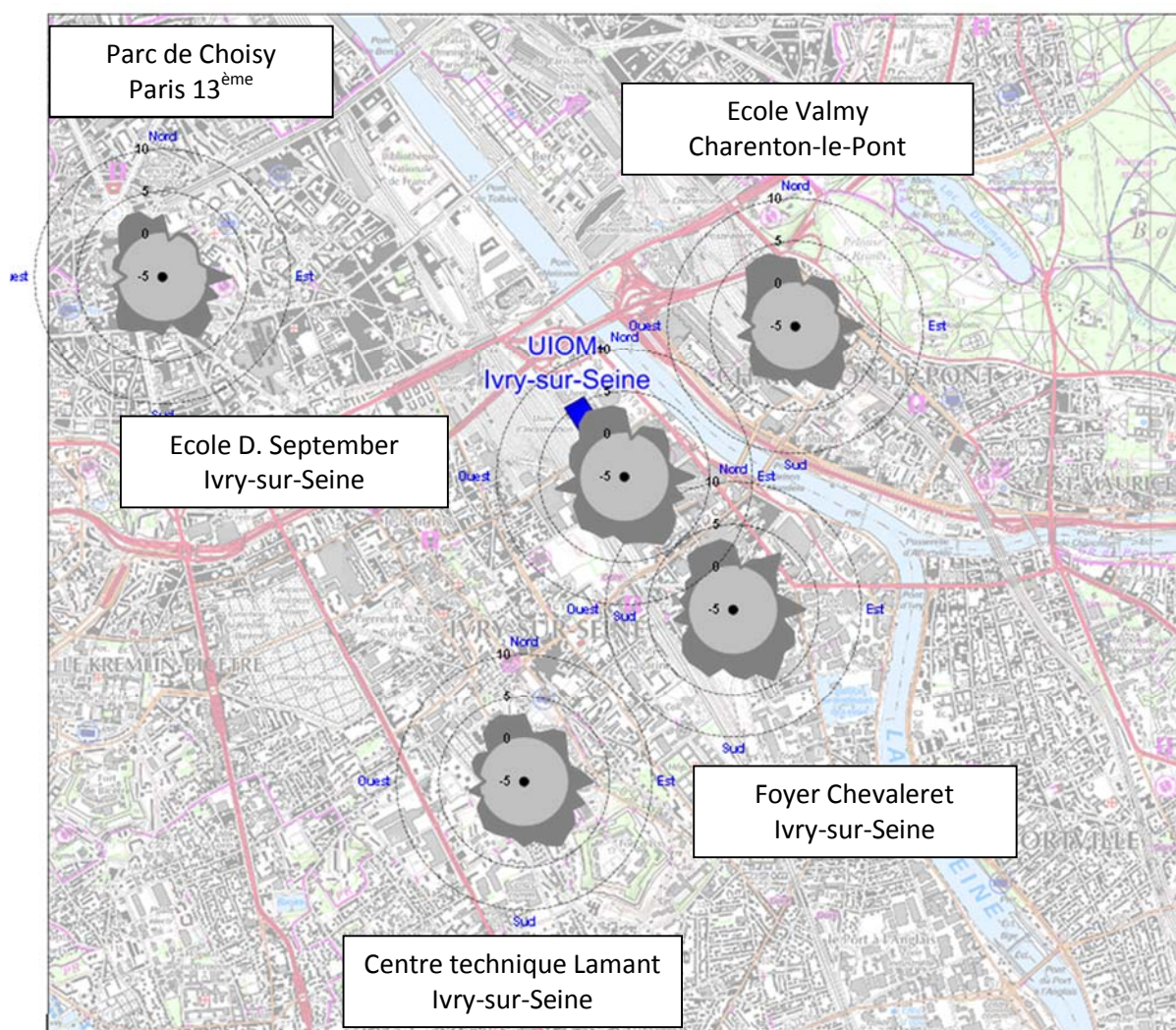


Figure 12 : Roses d'impact de pollution en particules PM2.5 aux sites provisoires implantés autour de l'UIOM d'Ivry-sur-Seine durant la campagne, du 16 septembre au 27 octobre 2013.

La Figure 13 illustre sur le domaine d'étude les roses d'impact de pollution relatives aux particules PM10 sur les deux sites de mesure temporaires mis en œuvre autour de l'UIOM pour la mesure de ce polluant. La partie foncée exprime le surcroît de particules PM10 sur les sites temporaires par rapport à la station de fond du réseau Airparif situé à Vitry-sur-Seine.

Comme cela a été démontré auparavant (Chapitre 5.1. Niveaux moyens mesurés de particules), les teneurs moyennes en particules PM10 sur le site de l'école D. September sont légèrement plus importantes que celles enregistrées sur le site du Centre technique Lamant. Cela se retrouve sur les « roses d'impact de pollution » puisque celles-ci font également apparaître un surcroît de PM10 sur le site de l'école D. September. Néanmoins, ce léger surcroît n'est pas issu a priori d'une source d'émission spécifique. En effet, la différence entre les deux roses d'impact est homogène et ne présente pas de surcroît de PM10 pour un secteur de vent particulier. Ainsi, c'est plus globalement que les teneurs de PM10 sont légèrement plus importantes, et cela quel que soit le secteur de vent, notamment du fait d'être plus proche du cœur dense de l'agglomération où la densité d'émission est plus importante (trafic routier, secteur résidentiel/tertiaire).

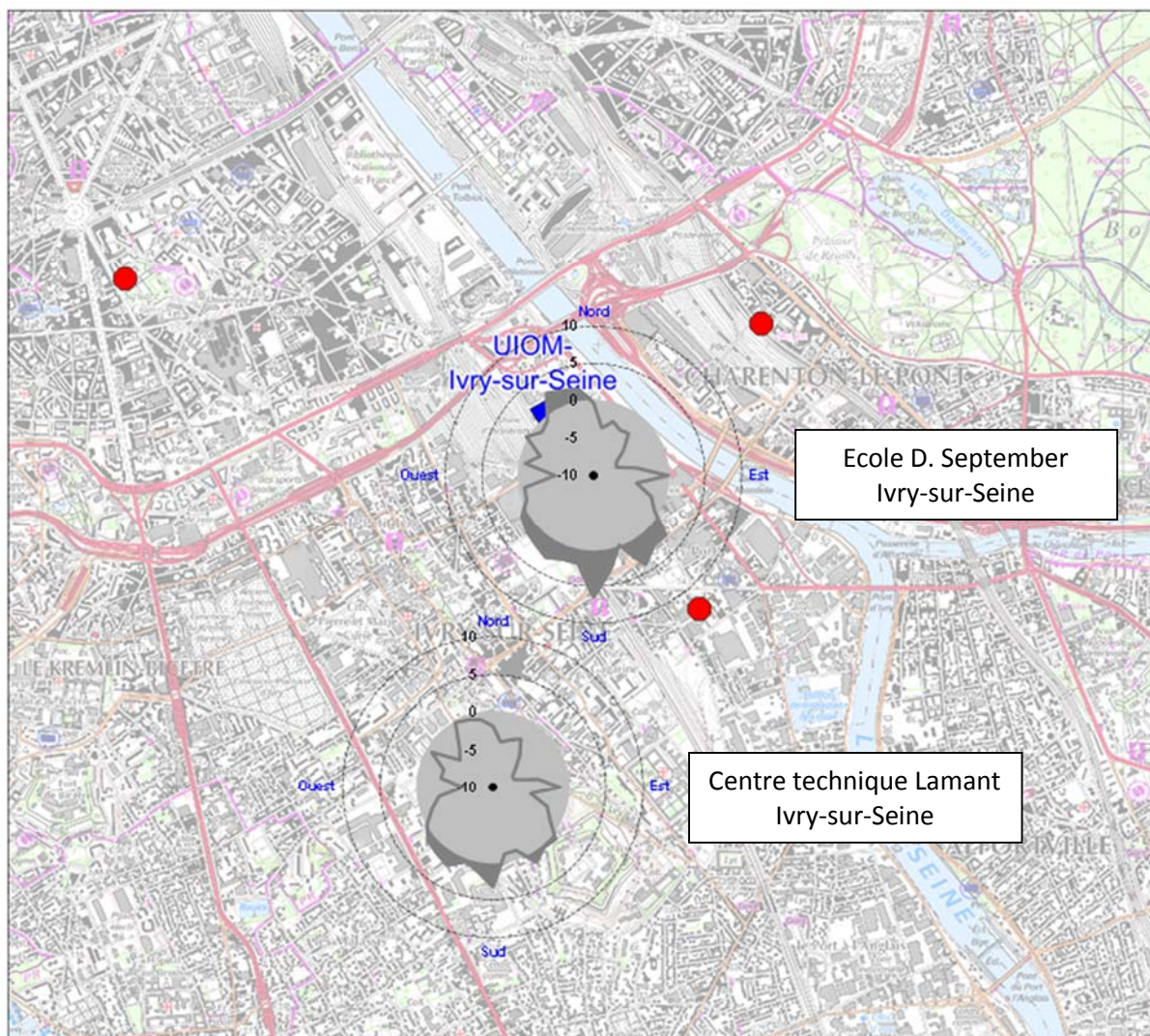
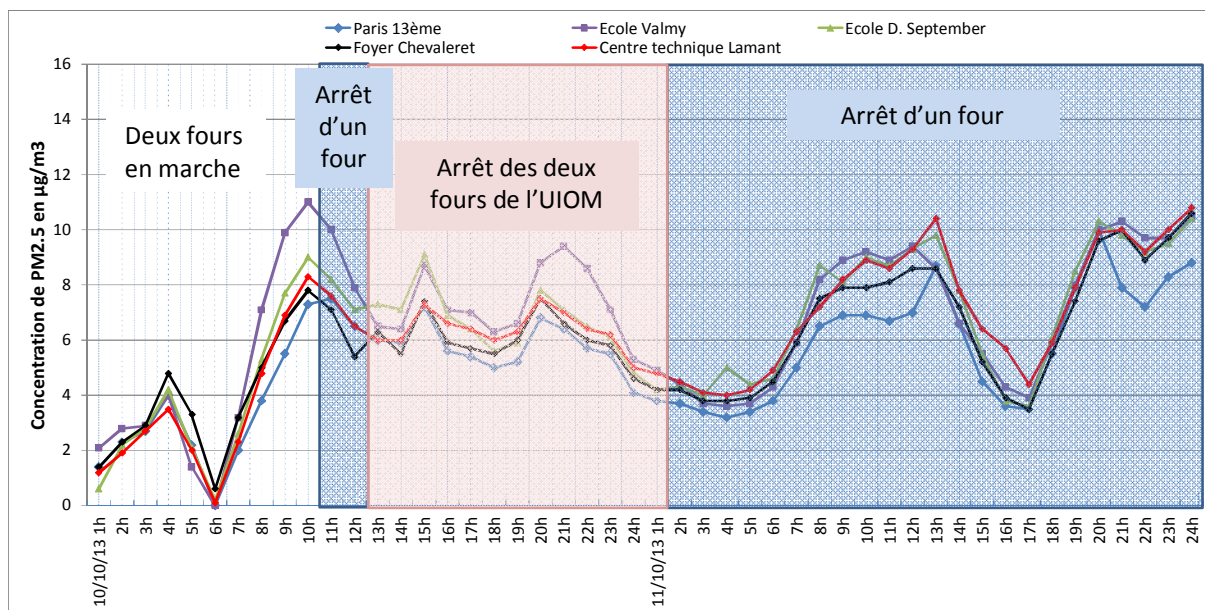


Figure 13 : Roses d'impact de pollution en particules PM10 aux sites provisoires implantés autour de l'UIOM d'Ivry-sur-Seine durant la campagne, du 16 septembre au 27 octobre 2013.

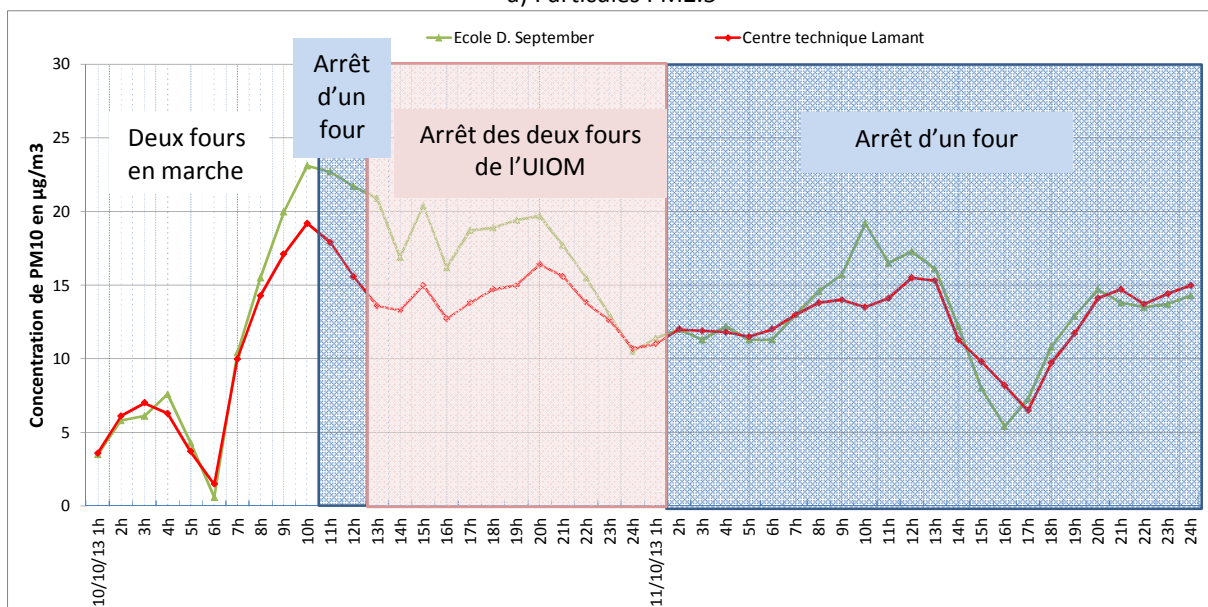
5.5. Zoom sur la période d'arrêt des fours de l'UIOM

Lors des six semaines de mesure, les deux fours de l'UIOM ont été stoppés durant une période de douze heures consécutives. Afin d'étudier si cela a eu une influence sur la qualité de l'air, la Figure 14 illustre les teneurs horaires en PM2.5 (a) et en PM10 (b) mesurées entre le 10 et le 11 octobre 2013, période durant laquelle l'arrêt des fours de l'UIOM a été totale (en rouge) entre le 10/10 à 13h et le 11/10 à 1h et partiel (arrêt d'un seul four) le 10/10 entre 11h et 13h (en bleu) puis à partir du 11/10 à 1h (en bleu).

Les régimes de vent rencontrés les 10 et 11 octobre 2013 sont de secteur Nord-Ouest plaçant ainsi les sites de l'école D. September et du foyer Chevaleret sous l'influence potentielle de l'UIOM.



a) Particules PM2.5



b) Particules PM10

Figure 14 : Concentrations horaires de PM2.5 (a) et de PM10 (b) sur les sites temporaires, les 10 et 11 octobre 2013 : période d'arrêt des 2 fours de l'UIOM entre 13h et 1h.

Les concentrations de particules ont fortement diminué en tout début de matinée du 10 octobre (6 heures) du fait de précipitations, élément favorable au lessivage de l'atmosphère.

Les teneurs en particules PM2.5 et PM10 sur le domaine d'étude avant l'arrêt partiel puis complet des fours de l'UIOM sont similaires sur les différents sites, hormis sur le site de l'école Valmy de Charenton-le-Pont à partir de 8h où les teneurs de PM2.5 augmentent de manière plus importante. Cela n'est pas dû aux émissions de l'UIOM puisque, d'une part le site n'est pas sous le vent de l'UIOM mais sous le vent du boulevard périphérique parisien, et d'autre part, les teneurs en particules PM2.5 continuent d'être plus élevées que sur les autres sites du domaine d'étude malgré l'arrêt d'un premier four à partir de 11h puis du second à partir de 13h.

De la même manière, pour les particules PM10, le site de l'école D. September présente des concentrations plus élevées que le site du centre technique Lamant durant la période où un premier four est stoppé et lors de l'arrêt du second. Une fois le redémarrage d'un four de l'UIOM le 11

octobre à 1h, les sites sous le vent de l'installation (école D. September et Foyer Chevaleret) ne présentent pas de teneurs en particules plus élevées.

La période de mesure durant laquelle les fours de l'UIOM ont connu des arrêts de fonctionnement n'a donc pas mis en évidence d'influence particulière sur les niveaux de particules PM2.5 et PM10 mesurés sur les sites temporaires implantés autour de l'installation.

6. Estimation du respect des normes de la qualité de l'air

6.1. Estimation de la concentration moyenne annuelle pour les particules : méthodologie de calcul et incertitude associée

Les conditions de dispersion observées lors des séries de mesure n'étant que partiellement représentatives des situations dispersives à l'échelle de l'année, le calcul « simpliste » de la moyenne à partir des résultats de la campagne de mesure ne permet pas d'obtenir une évaluation fiable du niveau moyen annuel.

Par conséquent, l'évaluation de la concentration moyenne annuelle ne peut se faire qu'avec 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 (qui influencent ponctuellement les niveaux) et ceux observés tout au long de l'année d'autre part.

Une évaluation correcte du niveau moyen annuel pour chaque site de mesure implique que l'on se réfère à des résultats annuels connus à partir des mesures réalisées en continu sur l'ensemble des stations permanentes du réseau Airparif.

Une comparaison directe entre les niveaux relevés lors des six semaines de mesure aux stations permanentes de fond et le niveau moyen annuel de ces stations permet de déterminer la fonction de transfert qui reflète au mieux les différences météorologiques entre les deux périodes de mesure (mesures lors de la campagne et mesures tout au long de l'année). Une relation mathématique, déterminée sur la base de cette comparaison, est appliquée aux résultats obtenus pour chacun des sites de mesure instrumentés autour de l'UIOM durant la campagne afin d'évaluer d'une façon fiable 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 (du 1^{er} novembre 2012 au 31 octobre 2013, intervalle annuel incluant la période de mesure). L'incertitude associée à l'estimation du niveau annuel de PM10 est de 6 % et de PM2.5 de 5 %.

6.2. Teneurs de particules par rapport aux normes en vigueur

Les directives européennes et la réglementation française définissent pour les particules PM10 des niveaux réglementaires pour deux échelles de temps : moyenne annuelle et moyenne journalière. 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'un ou de plusieurs jours (« épisodes de pollution »). Concernant les particules PM2.5, seul l'effet chronique est aujourd'hui pris en compte dans la réglementation.

6.2.1 A l'échelle annuelle

Pour évaluer précisément le risque de dépassement de l'objectif de qualité sur les différents sites de mesure, il est nécessaire de prendre en compte l'incertitude associée à l'évaluation de la moyenne annuelle, à savoir 6 % pour les particules PM10 et 5 % pour les PM2.5. Ainsi, la moyenne annuelle que l'on aurait obtenue si on avait mesuré les particules PM10 et PM2.5 en continu tout au long de

l'année est comprise dans l'intervalle [Moyenne annuelle PM10 estimée $\pm 6\%$] et [Moyenne annuelle PM2.5 estimée $\pm 5\%$].

L'identification des points de mesure dépassant l'objectif de qualité ne peut se faire qu'en terme 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 pour les PM10 est d'au moins 6 % inférieur à l'objectif de qualité de $30\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, c'est-à-dire inférieur à $28\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$. Le risque est maximal, c'est-à-dire que le dépassement de l'objectif de qualité est certain, lorsque le niveau annuel estimé est supérieur de 6 % à l'objectif de qualité, à savoir supérieur à $32\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 de l'objectif de qualité. Un risque de dépassement dit « peu probable » existe lorsque le niveau moyen annuel estimé se situe entre 28 et $30\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ et un risque de dépassement dit « vraisemblable » est identifié pour un niveau annuel estimé compris entre $30\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ et $32\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le Tableau 5 illustre pour les sites de mesure temporaires instrumentés au sein du domaine d'étude l'estimation des moyennes annuelles établies pour les particules PM2.5 et PM10.

		Moyenne campagne en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne annuelle estimée (du 01/11/12 au 31/10/13) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Intervalle incertitude	
				Min	Max
PM2.5	Parc de Choisy - Paris 13ème	14	18	17	19
	Ecole Valmy - Charenton-le-Pont	15	18	17	19
	Ecole D. September - Ivry-sur-Seine	15	18	17	19
	Foyer Chevaleret - Ivry-sur-Seine	15	18	17	19
	Centre technique Lamant - Ivry-sur-Seine	15	18	17	19
PM10	Ecole D. September - Ivry-sur-Seine	23	25	24	26
	Centre technique Lamant - Ivry-sur-Seine	21	24	23	25

Tableau 5 : Estimation de la concentration moyenne annuelle en particules PM10 et PM2.5 sur les sites de mesure temporaires instrumentés lors de la campagne.

Les concentrations moyennes annuelles estimées en PM2.5 sur les sites temporaires autour de l'UIOM sont de $18\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'ensemble des sites et oscillent entre 17 et $19\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 respectivement $18\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Paris centre) et $17\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Vitry-sur-Seine).

Ces teneurs sont supérieures à l'objectif de qualité et la recommandation de l'OMS fixés à $10\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme cela est le cas en tout point d'Ile-de-France. Cependant, la valeur cible ($20\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$) et la valeur limite ($25\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2015) sont respectées.

Concernant les particules PM10, l'estimation des moyennes annuelles est également homogène sur le domaine d'étude avec une teneur annuelle de $24\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ au centre technique Lamant et $25\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'Ecole D. September. L'intervalle d'incertitude de cette estimation est compris entre 23 et $26\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$. En comparaison aux normes fixées, l'objectif de qualité ($30\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$) et la valeur limite annuelle ($40\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$) sont respectés.

6.2.2 A l'échelle journalière

La campagne de mesure a été marquée par deux épisodes de pollution (25 et 26 septembre 2013) liés à des teneurs journalières de particules PM10 supérieures au seuil d'information et de recommandation fixé à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (arrêté inter-préfectoral n°2011-00832 du 27 octobre 2011), essentiellement dans le cœur dense de l'agglomération parisienne. Le site temporaire mesurant les particules PM10 implanté à l'Ecole D. September d'Ivry-sur-Seine a également enregistré un dépassement de ce seuil d'information et de recommandation le 25 septembre 2013 avec une concentration journalière de $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ces épisodes sont consécutifs à la fois à des conditions météorologiques favorisant l'accumulation de la pollution (vent faible, inversion de température) et, dans une moindre mesure, à l'import de particules transportées sur de longues distances.

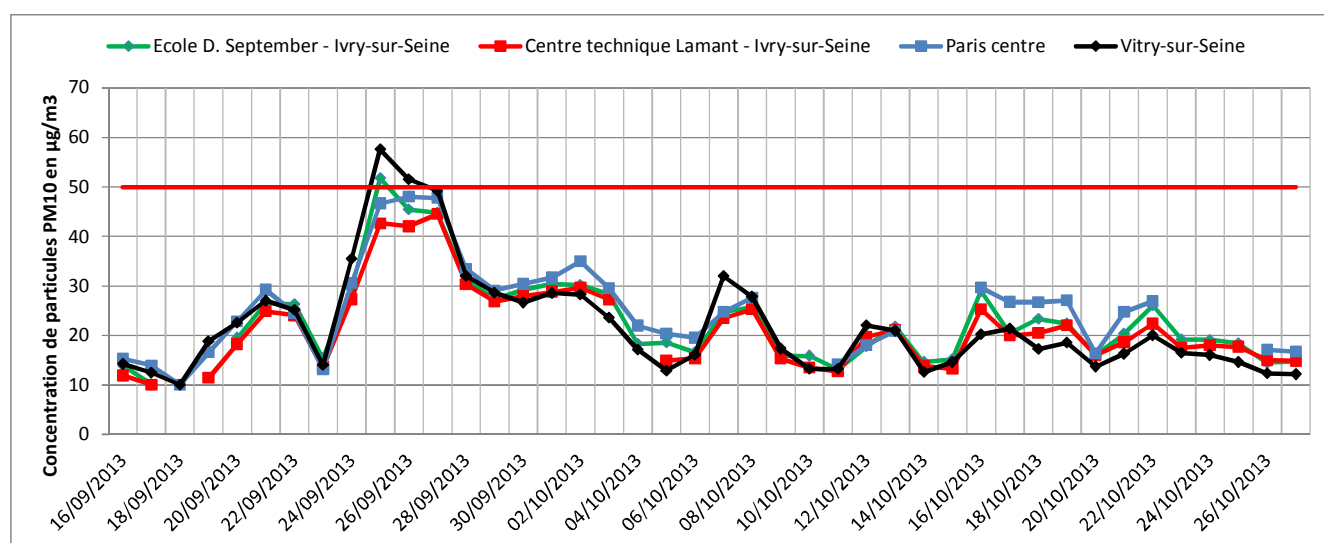


Figure 15 : Concentrations journalières de particules PM10 lors de la campagne de mesure sur les deux sites temporaires d'Ivry-sur-Seine et sur deux stations de fond du réseau Airparif.

Le Tableau 6 présente le nombre de dépassement journalier du seuil de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en particules PM10 depuis l'année 2010 sur trois stations fixes du réseau permanent d'Airparif implantées à Paris et à Vitry-sur-Seine.

	Paris centre	Paris 18ème	Vitry-sur-Seine
2013	22	26	21
2012	22	28	27
2011	30	28	26
2010	15	18	15

Tableau 6 : Nombre de dépassements journaliers de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en particules PM10 enregistrés sur les stations fixes d'Airparif de Paris et de Vitry-sur-Seine.

La valeur limite établie en moyenne journalière fixe un maximum de 35 jours de dépassement des $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette valeur limite n'est pas dépassée en situation de fond sur les stations parisiennes et à Vitry-sur-Seine depuis 2010 puisque au maximum 30 jours de dépassements du seuil de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été mesurés. Néanmoins, ce paramètre étant très sensible à la météorologie rencontrée, ce dépassement reste possible dès lors que la météorologie est durablement défavorable au cours d'une année.

Au regard des concentrations journalières mesurées lors de la campagne sur les sites temporaires et les stations fixes situées à Paris et à Vitry-sur-Seine et selon l'historique depuis 2010 du nombre de

dépassements journalier du seuil de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la valeur limite ne devrait pas être dépassée sur les sites implantés autour de l'UIOM sous les conditions météorologiques habituellement rencontrées ces dernières années.

6.3. Teneurs de métaux par rapport aux normes en vigueur et aux seuils d'évaluation

Contrairement à l'estimation annuelle réalisée pour les particules à partir des stations du réseau fixe d'Airparif, la moyenne annuelle pour les métaux est définie par la moyenne obtenue lors de la campagne de mesure à laquelle une incertitude est appliquée. En effet, les métaux sont uniquement mesurés sur la station fixe de Paris 18^{ème}, compte-tenu des teneurs annuelles relativement faibles et du positionnement de ces niveaux annuels relevés au regard des seuils d'évaluation minimal et maximal. A partir des différentes séries de mesure, un intervalle (borne basse et borne haute) est défini pour lequel la moyenne annuelle estimée à 95 % de chance d'être dans cet intervalle. Cette campagne d'une durée de 6 semaines (12 % sur une année) présente une période de mesure légèrement inférieure à la durée minimale permettant de garantir la qualité de l'estimation annuelle²³.

La Figure 16 présente, pour les quatre métaux normés (Arsenic, Nickel, Cadmium et Plomb), la plage des concentrations moyennes annuelles estimées : moyenne annuelle estimée minimale et moyenne annuelle estimée maximale. Autrement dit, il y a 95 % de chance que la moyenne annuelle estimée soit dans cet intervalle.

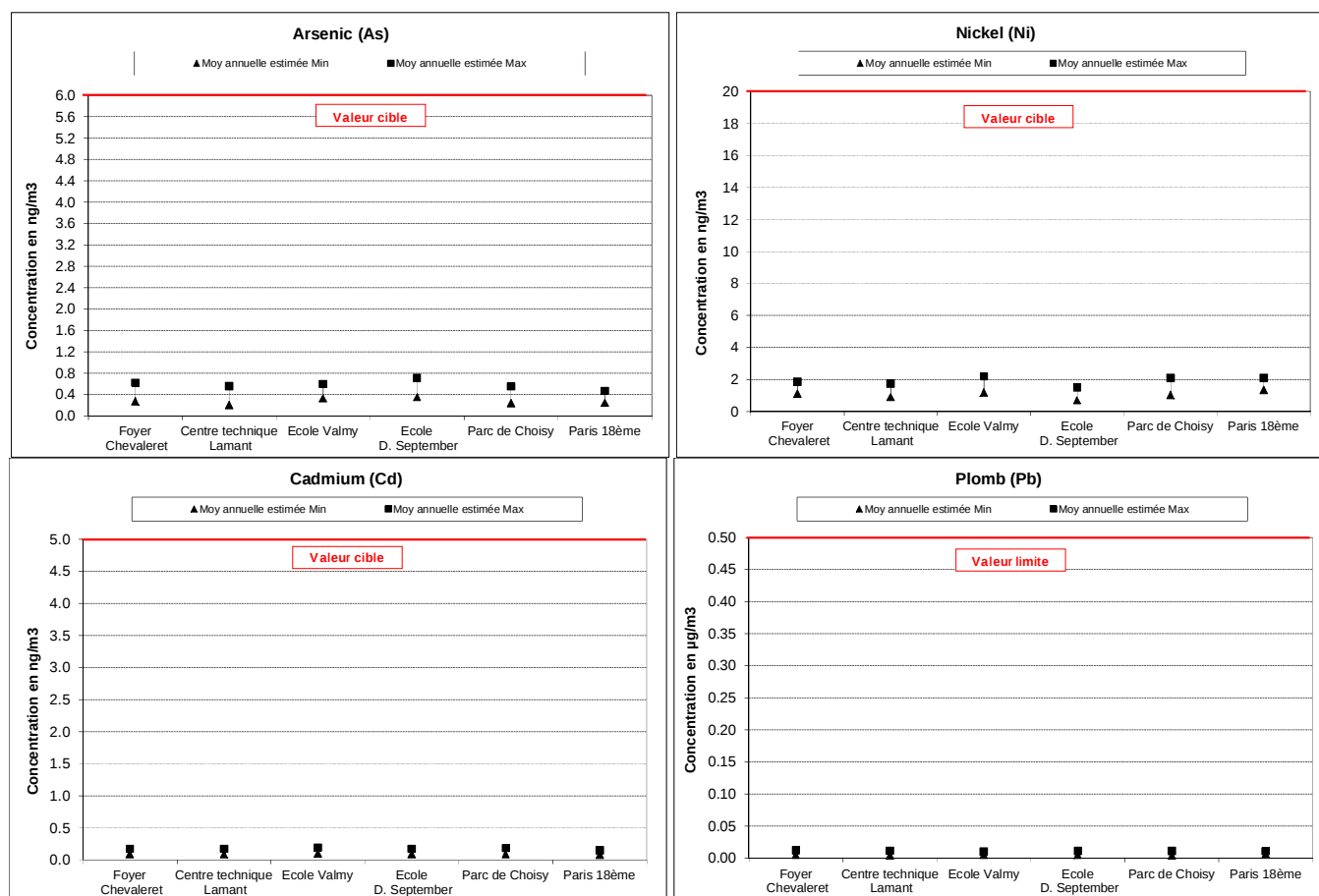


Figure 16 : Concentrations moyennes annuelles estimées pour les polluants normés sur les sites temporaires et la station fixe du réseau Airparif de Paris 18^{ème}. Positionnement vis-à-vis à la fois des valeurs cibles en vigueur et des seuils d'évaluation minimaux et maximaux.

²³ L'objectif de qualité des données fourni à titre d'orientation pour garantir la qualité est de 14 % pour les mesures indicatives sur une année (Annexe IV – I de la Directive 2004/107/CE du 15 décembre 2004).

De manière générale, l'incertitude étendue associée à l'estimation des moyennes annuelles est faible compte-tenu des niveaux homogènes mesurés au cours de l'étude. En effet, cette incertitude est notamment définie selon la variabilité des teneurs hebdomadaires relevées lors des six séries de mesure.

Les faibles teneurs mesurées lors de la campagne préjugent de moyennes annuelles sur les sites de mesure implantés autour de l'UIOM largement inférieures aux seuils établis pour l'ensemble des métaux.

Sachant que les niveaux hebdomadaires de cadmium et de plomb ont été très faibles et homogènes au cours des six séries de mesure sur l'ensemble des sites, les moyennes annuelles estimées présentent une incertitude étendue très faible comprise entre 0.1 et 0.2 ng/m³ pour le premier et entre 0.004 et 0.013 µg/m³ pour le second, soit des niveaux largement inférieurs aux valeurs cibles établies.

L'estimation des moyennes annuelles d'arsenic et de nickel est légèrement plus importante. Ainsi, les teneurs moyennes annuelles estimées d'arsenic sont comprises entre 0.2 ng/m³ (borne basse) au Parc de Choisy et 0.7 ng/m³ (borne haute à l'école D. September), soit tout de même des niveaux largement inférieurs à la valeur cible fixée à 6 ng/m³. Les teneurs moyennes estimées de nickel sont également largement inférieures à la valeur cible définie (20 ng/m³) avec 0.7 ng/m³ (borne basse) pour l'école D. September et 2.2 ng/m³ (borne haute) pour l'école Valmy.

Cette incertitude étendue a également été calculée sur la station permanente implantée à Paris 18^{ème} (cf. Tableau 7), ce qui permet une comparaison entre cette estimation et la moyenne annuelle réellement mesurée sur ce même site du 1^{er} novembre 2012 au 31 octobre 2013, période incluant la campagne de mesure. Une équivalence entre la moyenne annuelle mesurée et les niveaux moyens annuels estimés à partir des six semaines de surveillance est observée.

L'intervalle de la moyenne estimée à partir des résultats de la campagne inclut la moyenne mesurée sur une année civile dans le cœur dense de l'agglomération parisienne.

On peut estimer qu'il en va de même pour les niveaux moyens relevés au cours de la campagne de mesure sur les sites de l'étude avec les mêmes conditions météorologiques et d'émissions.

Composé		PLOMB (Pb)	NICKEL (Ni)	CADMIUM (Cd)	ARSENIC (As)
Station		PARIS 18eme			
Typologie		Urbaine			
Début d'exposition	Fin d'exposition	µg/m3	ng/m3	ng/m3	ng/m3
Moyenne annuelle d'après les mesures réalisées sur un an : du 01/11/2012 au 31/10/2013		0.008	nd	0.2	0.4
Estimation de la moyenne annuelle d'après les mesures réalisées lors de la campagne : du 16/09 au 27/10/13		[0.006 - 0.011]	[1.4 - 2.1]	[0.1 - 0.2]	[0.2 - 0.5]

Tableau 7 : Concentrations moyennes annuelles calculées à partir des mesures du 01/11/12 au 31/10/13 et estimées à partir des mesures réalisées durant la campagne (du 16/09 au 27/10/13) sur le site fixe de la station Airparif de Paris 18^{ème}.

Concernant la valeur guide de l'OMS pour le manganèse, compte-tenu des faibles teneurs relevées durant la campagne, cette valeur fixée à 150 ng/m³ serait également largement respectée sur l'ensemble des sites temporaires en supposant que les teneurs enregistrées lors des six semaines

reflètent ce qui est mesuré tout au long de l'année (mêmes conditions météorologiques et d'émissions). Les moyennes de manganèse sur la zone d'étude sont comprises entre 7 et 12 ng/m³ respectivement au centre technique Lamant et à l'école Valmy, soit plus de 10 fois inférieures à la valeur guide.

Outre le respect des valeurs cibles pour l'ensemble des métaux normés, les niveaux annuels estimés sont également largement inférieurs aux seuils d'évaluation (minimal et maximal), seuils définissant règlementairement les méthodes de surveillance des métaux dans l'air ; comme cela est le cas sur la station permanente du réseau Airparif située au sein du 18^{ème} arrondissement de Paris. L'estimation des niveaux de métaux au sein du domaine d'étude ne remet ainsi pas en cause la stratégie de surveillance de ces polluants en Ile-de-France.

7. Conclusions

Afin d'étudier l'impact potentiel de l'UIOM d'Ivry-sur-Seine sur les niveaux de particules (PM2.5 et PM10) et de métaux dans l'air, cinq sites de mesure ont été instrumentés autour de l'installation sur les communes de Charenton-le-Pont, Paris 13^{ème} et Ivry-sur-Seine.

Les mesures dans l'air ambiant, effectuées entre le 16 septembre et le 27 octobre 2013, ont permis d'une part la comparaison des niveaux mesurés aux normes établies et d'autre part d'étudier l'influence potentielle de l'UIOM sur les concentrations de métaux et de particules relevées sur le domaine d'étude.

Les teneurs de **particules PM2.5** enregistrées sur l'ensemble des sites du domaine d'étude sont très homogènes et comprises entre ce que l'on peut observer à Paris (borne haute) et au sein de la petite-couronne parisienne (borne basse). Ces mesures ne font pas apparaître d'influence spécifique liée aux émissions de l'UIOM, ni à celles des autres sources d'influence potentielles telles que le trafic routier ou ferroviaire.

Ce constat est également fait pour les **particules PM10** avec néanmoins des concentrations légèrement plus importantes sur le site de l'école D. September qu'au centre technique Lamant. Le site de l'école, présente en effet des teneurs globalement plus élevées, quels que soient les régimes de vent plaçant ou non le site sous l'influence des émissions de l'UIOM. La plus grande proximité de Paris, du trafic routier (Boulevard Périphérique) et ferroviaire, la densité urbaine plus importante peuvent expliquer cette légère différence entre les concentrations de PM10 mesurées en deux points lors de la campagne.

Concernant les **métaux**, les teneurs moyennes mesurées sur les sites temporaires sont homogènes et faibles sur l'ensemble des sites sans influence particulière des émissions de l'UIOM.

Seul le site de l'école Valmy à Charenton-le-Pont présente des teneurs de cuivre et secondairement de chrome plus élevées que les autres sites, et ce tout au long de la campagne (pas d'influence spécifique selon les régimes de vent). La proximité (moins de 30 mètres) des voies ferrées peut expliquer les teneurs plus élevées de cuivre sur ce site, des particules enrichies en cuivre étant issues à la fois de l'usure des caténaires et des systèmes de freinages.

De manière globale, les niveaux de particules et de métaux enregistrés lors des six semaines de mesure sont caractéristiques de ce qui est mesuré dans cette partie de l'agglomération parisienne. Les mesures n'ont pas montré d'influence des émissions de l'UIOM sur les données de particules et de métaux lors de la campagne.

Situation vis-à-vis des normes :

Concernant l'estimation des moyennes annuelles des **métaux** réglementés, d'après la campagne réalisée lors des six semaines de mesure, les teneurs annuelles d'arsenic, de cadmium, de nickel et de plomb sont faibles et largement inférieures aux valeurs cibles fixées. Ces résultats sont comparables et conformes à ce qui est mesuré tout au long de l'année sur la station fixe du réseau Airparif située à Paris 18^{ème}.

Les moyennes annuelles estimées en **particules PM2.5** sur l'ensemble des sites du domaine d'étude sont de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces teneurs sont comparables à ce qui est mesuré au cœur de Paris et en petite couronne avec respectivement $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Paris centre) et $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Vitry-sur-Seine). Elles 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 en tout point d'Ile-de-France. Cependant, 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.

Pour les **particules PM10**, l'estimation des moyennes annuelles est également homogène sur le domaine d'étude avec une teneur annuelle de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au centre technique Lamant et de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'Ecole D. September. En comparaison aux normes fixées, l'objectif de qualité ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et la valeur limite annuelle ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sont respectés.

ANNEXES

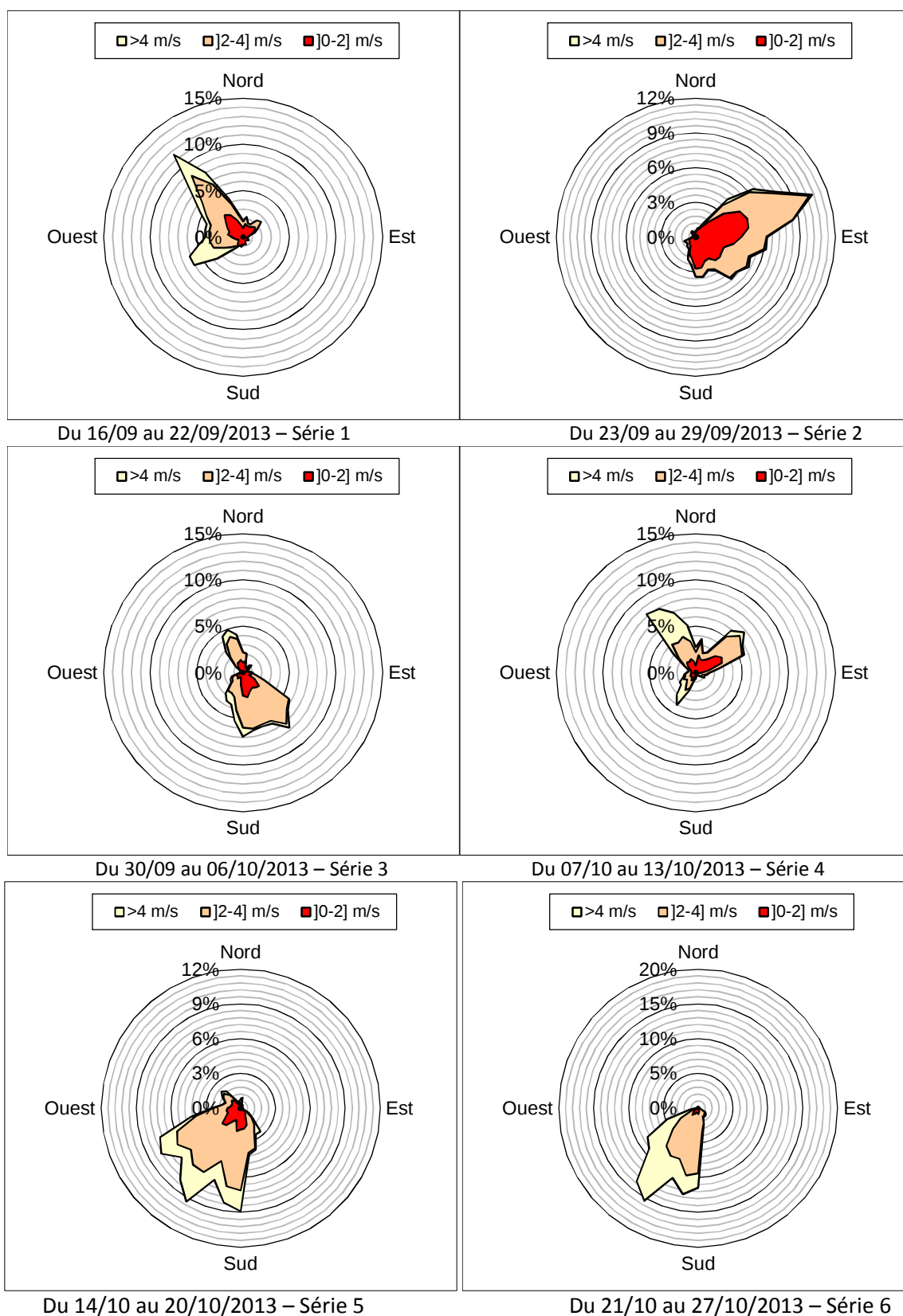
Annexe 1

Principales normes en vigueur pour les particules PM10 et PM2.5

Polluant	Type de norme	Santé ou végétation	Seuil	Nombre de dépassements maximum/an
PM10	Objectif de qualité	santé	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ moyenne annuelle	
	Valeur limite annuelle	santé	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	Valeur limite journalière	santé	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ moyenne journalière	35
PM2.5	Valeur cible	santé	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ moyenne annuelle	
	Valeur limite 2013-2014	santé	26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	Valeur limite 2015		25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ moyenne annuelle	
	Objectif de qualité	santé	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ moyenne annuelle	

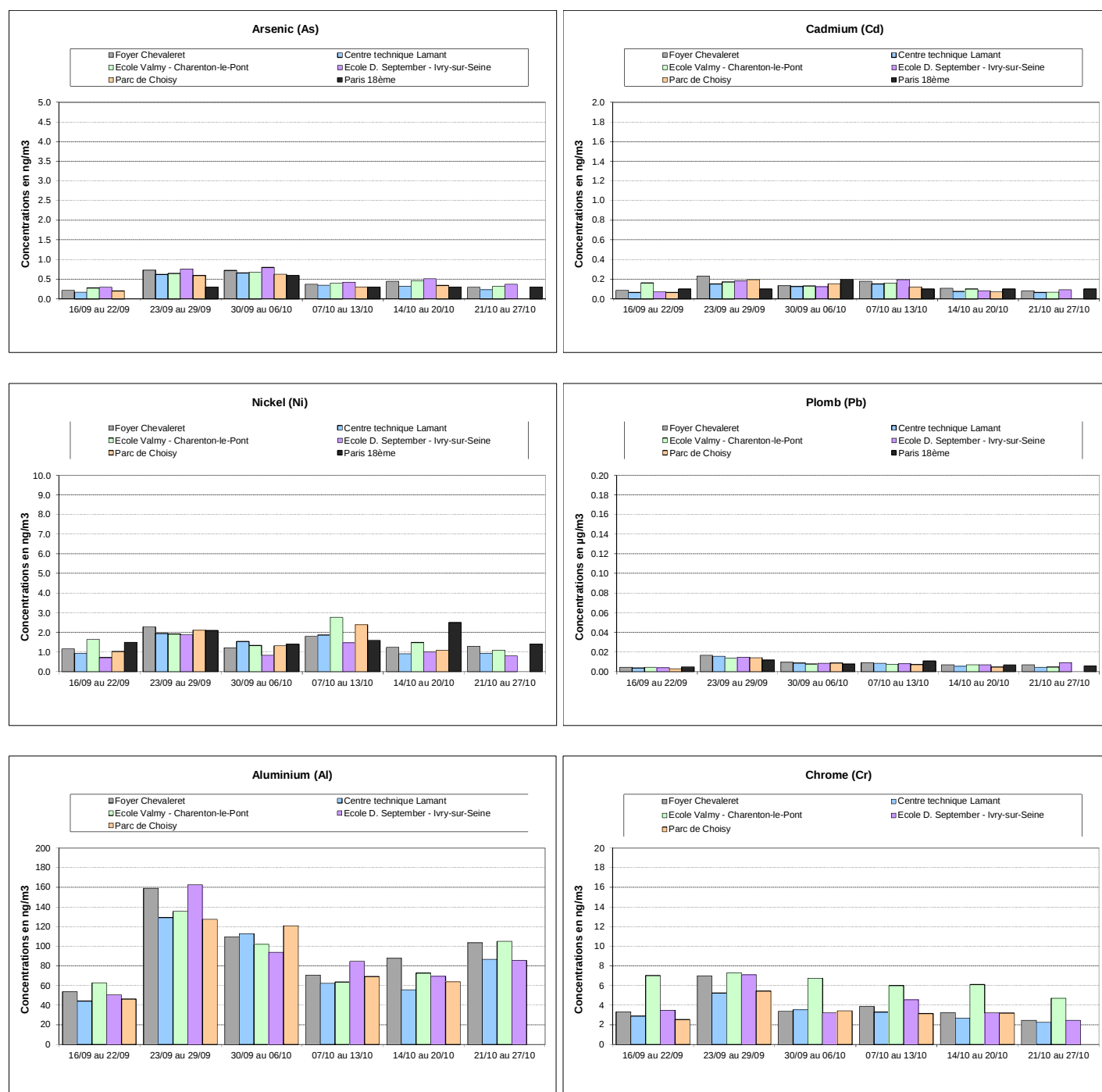
Annexe 2

Roses de vent lors de chaque série de mesure relevées à la station météorologique de l'UIOM à Ivry-sur-Seine



Annexe 3

Concentration hebdomadaire de métaux sur les sites implantés sur le domaine d'étude, et à Paris 18^{ème} pour les métaux normés, lors de l'étude du 16 septembre au 27 octobre 2013.



Annexe 3 (suite)

