

Mesure des métaux dans l'air ambiant au sein de la zone industrielle du Havre

Octobre 2013 – septembre 2014



Avertissement

AIR NORMAND est l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Haute-Normandie. Elle diffuse des informations sur les problématiques liées à la qualité de l'air dans le respect du cadre légal et réglementaire en vigueur et selon les règles suivantes :

La diffusion des informations vers le grand public est gratuite. AIR NORMAND est libre de leur diffusion selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site internet (www.airnormand.fr), ... Les documents ne sont pas systématiquement rediffusés en cas de modification ultérieure.

Lorsque des informations sous quelque forme que ce soit (éléments rédactionnels, graphiques, cartes, illustrations, photographies...) sont susceptibles de relever du droit d'auteur elles demeurent la propriété intellectuelle exclusive de l'association. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle de ces informations faite sans l'autorisation écrite d'Air Normand est illicite et constituerait un acte de contrefaçon sanctionné par les articles L.335-2 et suivants du Code de la Propriété Intellectuelle.

Pour le cas où le présent document aurait été établi pour partie sur la base de données et d'informations fournies à Air Normand par des tiers, l'utilisation de ces données et informations ne saurait valoir validation par Air Normand de leur exactitude. La responsabilité d'Air Normand ne pourra donc être engagée si les données et informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées, quelles qu'en soient les répercussions.

AIR NORMAND ne peut en aucune façon être tenue responsable des interprétations, travaux intellectuels et publications diverses de toutes natures, quels qu'en soient les supports, résultant directement ou indirectement de ses travaux et publications.

Les recommandations éventuellement produites par Air Normand conservent en toute circonstance un caractère indicatif et non exhaustif. De ce fait, pour le cas où ces recommandations seraient utilisées pour prendre une décision, la responsabilité d'Air Normand ne pourrait en aucun cas se substituer à celle du décideur.

Toute utilisation totale ou partielle de ce document, avec l'autorisation contractualisée d'Air Normand, doit indiquer les références du document et l'endroit où ce document peut être consulté.

Rapport n° 1202-012-2

Le 23 mars 2015,

Le rédacteur,

Le responsable du pôle « campagnes de mesure
et exploitation des données »,

Anne FRANCOIS

Sébastien LE MEUR

Air Normand – 3, Place de la Pomme d'Or - 76000 ROUEN
Tél. : 02 35 07 94 30 - mail : contact@airnormand.fr www.airnormand.fr

Résumé

Une campagne de mesure des métaux particuliers (Antimoine, Arsenic, Cadmium, Chrome, Cobalt, Cuivre, Etain, Manganèse, Nickel, Plomb, Sélénium, Tellure, Vanadium, Zinc) et du mercure gazeux a été réalisée entre octobre 2013 et septembre 2014 successivement sur 3 emplacements de la zone industrielle du Havre.

Les résultats de la campagne sont comparés aux valeurs cibles, limites ou autres valeurs repères existantes, ainsi qu'aux stations de mesure fixes.

Les prélèvements des métaux particuliers sont sectoriels et couplés à la direction du vent de façon à aider à l'identification des émetteurs de métaux. Dans ce même but, les données de mercure gazeux (obtenues au moyen d'un analyseur automatique) ont été croisées à la direction du vent.

La campagne de mesure permet de confirmer les conclusions des campagnes précédentes à savoir :

- La présence de nickel à des concentrations supérieures à la valeur cible européenne durant certaines périodes de mesures. Les prélèvements sectoriels indiquent une augmentation des concentrations en zone industrielle sous les vents d'un des émetteurs déclaré de nickel à savoir ERAMET, puis dans une moindre mesure sous les vents d'autres émetteurs déclarés sur la zone (et principaux contributeurs d'après l'IREP) TOTAL et TOTAL Petrochemicals, et plus éloignés EDF et TOURRES;
- L'observation de pointes de mercure gazeux en zone industrielle dont les concentrations ne dépassent toutefois pas en moyenne les valeurs repères pour l'exposition chronique. Le niveau de mercure a baissé depuis les précédentes campagnes (2006 à 2010). Les pointes résiduelles actuelles sont enregistrées sous les vents de l'émetteur SEDIBEX, et d'autres émetteurs comme TOTAL, LAFARGE Ciments, LUBRIZOL, EDF, STEP EDELWEISS, OSILUB, alors que les pointes en 2006-2010, plus fortes, étaient enregistrées sous les vents de l'émetteur CITRON (fermé depuis).
- Que le cuivre, le manganèse et le chrome sont un peu plus présents en zone industrielle qu'à la station de mesure de Gonfreville l'Orcher.

SOMMAIRE

| | | |
|----------|--|----|
| 1. | Sigles, symboles et abréviations | 6 |
| 2. | Introduction..... | 6 |
| 3. | Eléments nécessaires à la compréhension du document..... | 7 |
| 3.1. | Définitions | 7 |
| 3.2. | Contexte | 8 |
| 3.3. | Emetteurs de métaux dans l'air | 9 |
| 3.4. | Bilan des poussières (PM10) sur la période | 12 |
| 3.5. | Approche choisie | 13 |
| 3.6. | Matériel..... | 14 |
| 3.7. | Origine des données..... | 16 |
| 3.8. | Méthode..... | 16 |
| 3.8.1. | Méthode pour l'implantation des sites de mesures | 16 |
| 3.8.2. | Méthode de prélèvement et d'analyse..... | 17 |
| 3.8.3. | Limites de quantification pour l'analyse des métaux sur filtres | 18 |
| 3.8.4. | Blancs terrains | 18 |
| 3.8.5. | Références utilisées pour l'interprétation des résultats..... | 19 |
| 3.8.6. | Méthode de calcul pour les données de métaux particuliers sectoriels | 19 |
| 3.9. | Limites | 19 |
| 4. | Déroulement | 19 |
| 4.1. | Période | 19 |
| 4.2. | Sites de mesure | 20 |
| 4.3. | Roses des vents pendant la campagne | 21 |
| 4.4. | Récapitulatif des prélèvements sectoriels des métaux particuliers | 22 |
| 5. | Résultats des métaux particuliers | 24 |
| 5.1. | Résultats bruts..... | 24 |
| 5.2. | Résultats transformés | 24 |
| 5.2.1. | Comparaison aux valeurs repères..... | 24 |
| 5.2.2. | Comparaison avec les stations de mesures de Gonfreville l'Orcher et du Havre | 24 |
| 5.2.3. | Résultats sectoriels..... | 25 |
| 5.2.3.1. | Cas du nickel : | 26 |
| 5.2.3.2. | Cas du cuivre | 27 |
| 5.2.3.3. | Cas du manganèse..... | 28 |
| 5.2.3.4. | Cas du chrome..... | 29 |
| 5.2.4. | Comparaison par rapport à l'historique..... | 30 |
| 6. | Résultats du mercure gazeux | 30 |
| 6.1. | Résultats bruts..... | 30 |
| 6.2. | Résultats transformés | 30 |
| 6.2.1. | Comparaison aux valeurs repères..... | 30 |
| 6.2.2. | Résultats par direction du vent | 32 |
| 6.2.3. | Comparaison avec l'historique..... | 33 |
| 7. | Interprétation des résultats et discussion | 34 |
| 7.1. | Tellure..... | 34 |
| 7.2. | Métaux présents sur la Z.I. – Recherche des émetteurs..... | 34 |
| 8. | Conclusion et recommandations | 35 |

| | |
|---|----|
| 9. Pages complémentaires | 37 |
| 9.1. Annexe 1 : Résultats détaillés des métaux particuliers (résultats en ng/m ³) | 37 |
| Annexe 2 : Limites de quantification..... | 42 |
| 9.2. Bibliographie | 43 |

1. Sigles, symboles et abréviations

Unité utilisée pour les métaux dans l'air ambiant: nanogramme par mètre cube (ng/m³)

Symboles chimiques :

Sb : Antimoine
As : Arsenic
Cd : Cadmium
Cr : Chrome
Co : Cobalt
Cu : Cuivre
Sn : Etain
Mn : Manganèse
Hg : Mercure
Ni : Nickel
Pb : Plomb
Se : Sélénium
Te : Tellure
V : Vanadium
Zn : Zinc

ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

ARS : Agence Régionale de Santé

CCI : Chambre de Commerce et d'Industrie (dans le cadre de ce document, CCI du Havre)

CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique

CODAH : Communauté de l'Agglomération Havraise

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (dans le cadre de ce document, DREAL de Haute-Normandie)

INERIS : Institut National de l'Environnement industriel et des RISques

IREP : Registre Français des Emissions Polluantes (www.irep.ecologie.gouv.fr/)

OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment (Bureau d'évaluation des risques en santé environnementale Californien)

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

Z.I. : Zone industrielle

2. Introduction

Ce rapport présente les résultats des campagnes de mesures des métaux dans l'air ambiant sur la zone industrielle du Havre réalisées durant les années 2013 et 2014.

Ces campagnes ont pour objectifs :

- de réaliser des mesures de 14 métaux particuliers et de mercure gazeux en 3 points de la zone industrielle du Havre,
- de regarder l'évolution et la cohérence des résultats par rapport aux premières campagnes exploratoires qui avaient été réalisées durant les années 2006 à 2010,
- de mettre en évidence les points où les concentrations sont les plus élevées et présentent un risque de dépassement sur l'année des valeurs repères lorsqu'elles existent : valeurs cibles (pour arsenic, cadmium, nickel) et limite (pour le plomb),

- de réaliser des prélèvements sectoriels couplés à la direction du vent, afin d'aider à la recherche des émetteurs déclarés à l'origine des résultats de métaux les plus élevés.

Ce rapport présente l'approche choisie pour les campagnes de mesure sur la zone industrielle du Havre durant les années 2013 et 2014. Il expose la méthodologie, le déroulement de l'étude puis les résultats des campagnes. Ces résultats sont ensuite confrontés à certaines valeurs de référence, aux résultats des campagnes précédentes sur les mêmes lieux lorsqu'ils existent, ou aux résultats obtenus sur les stations de mesure d'AIR NORMAND.

Le rapport est présenté aux membres du comité technique du suivi des retombées atmosphériques et pollutions industrielles¹ sur la zone du Havre, et est ensuite disponible sur le site www.airnormand.fr pour tout public intéressé.

3. Eléments nécessaires à la compréhension du document

3.1. Définitions

Rose des vents : Une rose des vents est une figure représentant la fréquence des directions d'où vient le vent durant une période donnée, aux points cardinaux (nord, est, sud et ouest) et aux directions intermédiaires).

Ainsi, sur l'exemple ci-dessous, la rose des vents montre que les vents dominants proviennent durant l'année 2014:

- de la direction de l'est-sud-est (110° - 130°) durant 13,4% du temps,
- de la direction du sud-ouest (230° - 250°) durant 9,5% du temps.

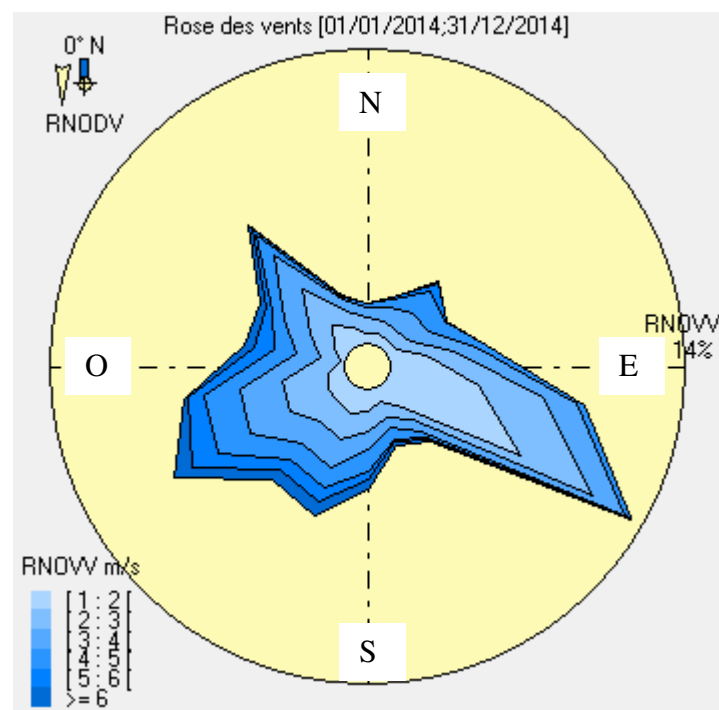


Figure 1 : Exemple de rose des vents à la station de mesure RNO en zone industrielle

Rose de pollution : Une rose de pollution est réalisée en croisant les données de pollution avec les données de vent. C'est une figure qui représente le résultat d'un polluant (en moyenne ou en nombre d'occurrences) selon les directions d'où vient le vent, aux points cardinaux (nord, est, sud et ouest) et aux directions intermédiaires.

Ainsi, sur l'exemple ci-dessous, la rose de pollution montre que les concentrations du mercure les plus élevées (5,8 et 6,3 en ng/m^3) sont enregistrées lorsque le vent provient de l'ouest-sud-ouest.

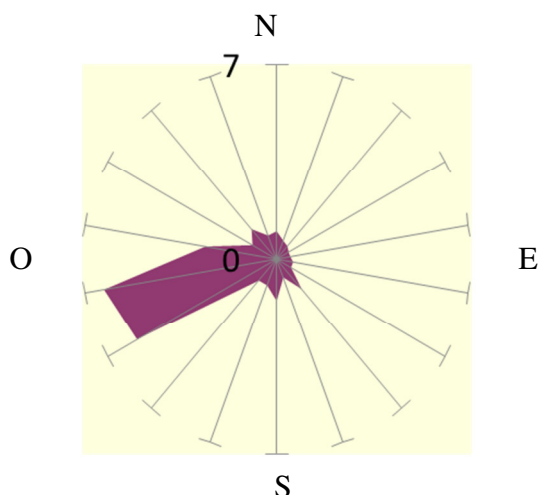


Figure 2 : Exemple de rose de pollution du mercure (en moyenne) au camion laboratoire sur le site de l'APAVE réalisée avec l'anémomètre girouette de la station RNO en zone industrielle

3.2. Contexte

AIR NORMAND réalise des mesures de métaux dans l'air ambiant dans le cadre de son Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air (2010-2015).

Quatre des métaux particuliers : Arsenic, Cadmium, Nickel et Plomb sont réglementés dans l'air ambiant. La surveillance est élargie ici à d'autres métaux particuliers (Antimoine, Chrome, Cobalt, Cuivre, Etain, Manganèse, Sélénium, Tellure, Vanadium, Zinc) et au mercure présent dans l'air ambiant sous forme gazeuse. L'objectif est de mieux connaître le comportement de ces polluants sur la zone industrielle du Havre.

Les stations de mesures permanentes des métaux sur ce secteur, en zone habitée sont :

- HRI - Le Havre Herriot (4 métaux réglementaires),
- GOR - Gonfreville l'Orcher - mairie (14 métaux particuliers).

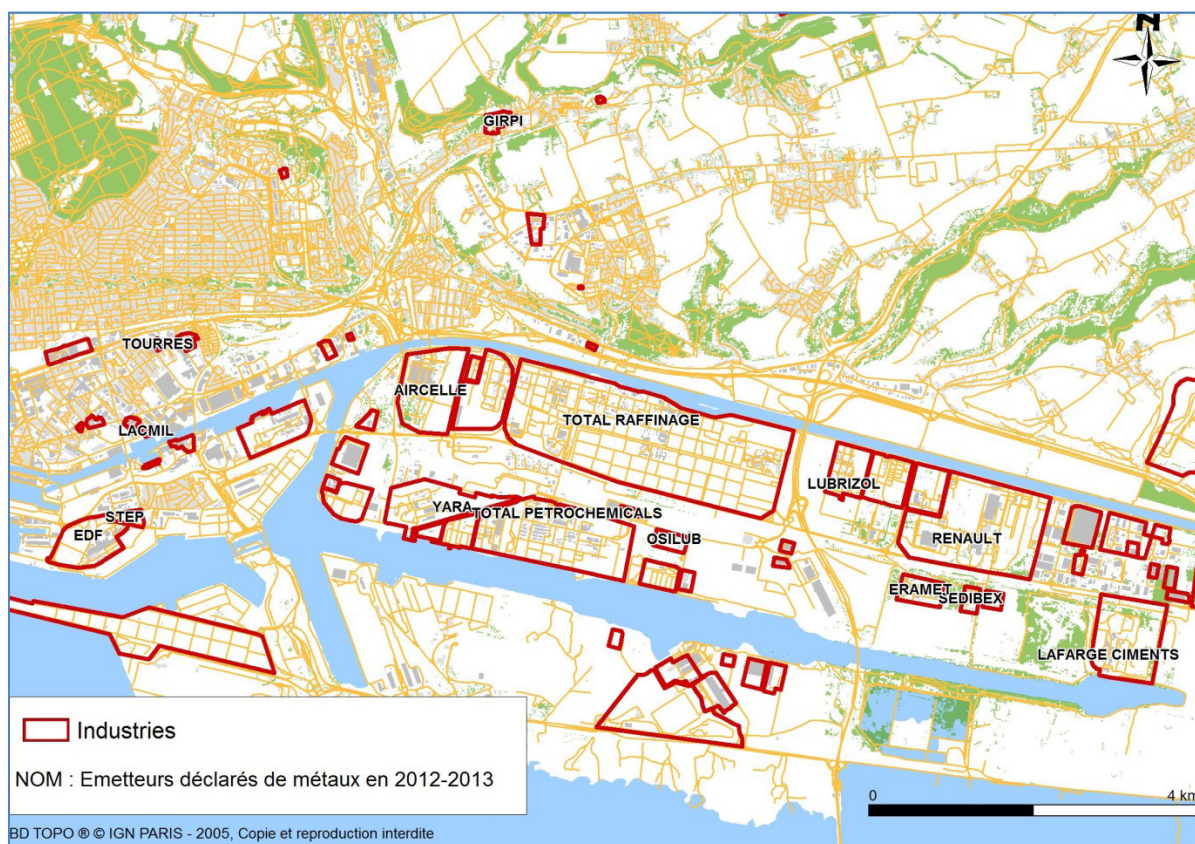
En complément des stations fixes, une première campagne de mesure exploratoire avait eu lieu à l'aide du camion laboratoire d'AIR NORMAND durant les années 2006 à 2010 en 3 points de la zone industrielle. Les résultats avaient été présentés dans les rapports 06-03-08 et 09-02-10 (téléchargeables sur www.airnormand.fr).

Dans le cadre d'un programme complémentaire de surveillance des pollutions industrielles autour de la zone industrielle du Havre pour les années 2013 à 2015, il a été décidé par le comité de pilotage¹ d'effectuer (parmi d'autres mesures) de nouvelles campagnes dans l'air ambiant en zone industrielle en 2013 et 2014, afin de confirmer les résultats de 2006-2010 et d'en regarder l'évolution.

¹ Le comité technique de suivi des retombées atmosphériques et pollutions industrielles sur la zone du Havre est constitué des représentants de différents organismes : AIR NORMAND, CODAH et Communauté de communes de Saint Romain de Colbosc, ARS, CCI du Havre, Industriels (association des usagers de la plaine alluviale de l'estuaire de la Seine AUPAES), Associations Ecologie pour Le Havre et UFC Que Choisir.

3.3. Emetteurs de métaux dans l'air

- Les métaux sont émis en partie par les industries.



| Elément | Emetteurs déclarés en 2012-2013 (source : DREAL) |
|---------|--|
| Sb | TOTAL RAFFINAGE, SEDIBEX, LUBRIZOL, AIRCELLE, EDF, OSILUB |
| As | TOTAL RAFFINAGE, YARA, SEDIBEX, LAFARGE Ciments, LUBRIZOL, EDF, STEP EDELWEISS, OSILUB |
| Cd | TOTAL RAFFINAGE, SEDIBEX, LAFARGE Ciments, LUBRIZOL, EDF, STEP EDELWEISS |
| Cr | TOTAL RAFFINAGE, SEDIBEX, LAFARGE Ciments, LUBRIZOL, AIRCELLE, EDF, STEP EDELWEISS, OSILUB |
| Co | TOTAL RAFFINAGE, TOURRES, SEDIBEX, LUBRIZOL, EDF, OSILUB |
| Cu | TOTAL RAFFINAGE, TOTAL PETROCHEMICALS, SEDIBEX, LAFARGE Ciments, LUBRIZOL, AIRCELLE, EDF, STEP EDELWEISS, OSILUB |
| Sn | TOTAL RAFFINAGE, AIRCELLE, OSILUB |
| Hg | TOTAL RAFFINAGE, SEDIBEX, LAFARGE Ciments, LUBRIZOL, EDF, STEP EDELWEISS, OSILUB |
| Mn | TOTAL RAFFINAGE, TOTAL PETROCHEMICALS, SEDIBEX, LAFARGE Ciments, LUBRIZOL, AIRCELLE, EDF, STEP EDELWEISS, OSILUB |
| Ni | TOTAL RAFFINAGE, ERAMET, TOTAL PETROCHEMICALS, SEDIBEX, LAFARGE Ciments, LUBRIZOL, AIRCELLE, EDF, STEP EDELWEISS, OSILUB |
| Pb | TOTAL RAFFINAGE, TOTAL PETROCHEMICALS, SEDIBEX, LAFARGE Ciments, LUBRIZOL, GIRPI, STEP EDELWEISS, OSILUB |
| V | TOTAL RAFFINAGE, TOTAL PETROCHEMICALS, SEDIBEX, LUBRIZOL, EDF, OSILUB |
| Zn | TOTAL RAFFINAGE, TOTAL PETROCHEMICALS, RENALT, LAFARGE Ciments, LUBRIZOL, AIRCELLE, GIRPI, EDF, OSILUB |

Figure 3 - Emetteurs déclarés des métaux sur la zone industrielle du Havre en 2012-2013

Les émissions des émetteurs déclarés sont consultables sur le site de l'IREP, lorsqu'elles sont supérieures aux seuils réglementaires de déclaration (Arrêté du 31/01/08 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions et des transferts de polluants et des déchets - source DREAL). Ainsi, par exemple, l'évolution des principales émissions industrielles de nickel, mercure, cuivre, chrome, manganèse sur la ZI du Havre entre 2009 et 2013 est la suivante:

- **Zoom sur les émissions de nickel**

| Etablissement | Activité principale | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | seuil de déclaration |
|---------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|
| EDF | Energie | 710 | 618 | 214 | 378 | 135 | 50 |
| Eramet | Chimie et parachimie | 358 | 511 | 54 | 806 | 691 | |
| Total (Raffinerie De Normandie) | Pétrole et gaz | 3 990 | 2 300 | 2 100 | 1 150 | 1 030 | |
| Total Petrochemicals France | Chimie et parachimie | 1 370 | 1 220 | 1 170 | 2 330 | n.d. | |
| Tourres & Cie | Industries minérales | 70 | 71 | n.d. | n.d. | n.d. | |
| | TOTAL (département 76) | 6 498 | 4 720 | 3 538 | 4 664 | 1 856 | |

Tableau 1 : Emissions du Nickel et ses composés (Ni) dans l'air en kg/an (source IREP)

- **Zoom sur les émissions de mercure**

| Etablissement | Activité principale | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | seuil de déclaration |
|--|------------------------|------|------|-------------|------|------|----------------------|
| Citron Sa | Déchets et traitements | 10 | n.d. | site fermé. | | | 10 |
| EDF Unité De Production Thermique Du Havre | Energie | 31 | 53 | 36 | 22 | 23 | |
| Lafarge Ciments Usine Du Havre Saint Vigor | Industries minérales | 23 | n.d. | 13 | n.d. | n.d. | |
| Total (Raffinerie De Normandie) | Pétrole et gaz | 19 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| Sedibex | Déchets et traitements | 36 | 52 | 31 | 54 | 70 | |
| Total Petrochemicals France Usine De Gonfreville | Chimie et parachimie | 18 | 29 | n.d. | n.d. | n.d. | |
| | TOTAL (département 76) | 136 | 158 | 102 | 103 | 105 | |

Tableau 2 : Emissions du Mercure et ses composés (Hg) dans l'air en kg/an (source IREP)

n.d. : en dessous du seuil réglementaire,
ou : pas d'obligation de déclaration l'année concernée,
ou : donnée non disponible ou incorrecte,
ou encore : mesure en dessous de la limite de quantification du laboratoire.

- **Zoom sur les émissions de cuivre**

| Etablissement | Activité principale | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | seuil de déclaration |
|--|------------------------|-------|-------|------|------|------|----------------------|
| EDF Unité De Production Thermique Du Havre | Energie | 423 | 443 | 139 | 196 | 104 | 100 |
| Lafarge Ciments Usine Du Havre Saint Vigor | Industries minérales | 155 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| Total Petrochemicals France Usine De Gonfreville | Chimie et parachimie | n.d. | 770 | n.d. | n.d. | n.d. | |
| | TOTAL (département 76) | 4 450 | 1 853 | 139 | 196 | 288 | |

Tableau 3 : Emissions du cuivre et ses composés (Cu) dans l'air en kg/an (source IREP)

- **Zoom sur les émissions de chrome**

| Etablissement | Activité principale | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | seuil de déclaration |
|--|------------------------|-------|-------|------|------|------|----------------------|
| EDF Unité De Production Thermique Du Havre | Energie | 419 | 367 | 138 | 210 | n.d. | 100 |
| Total Petrochemicals France Usine De Gonfreville | Chimie et parachimie | 359 | 277 | n.d. | n.d. | n.d. | |
| Tourres & Cie | Industries minérales | 104 | 119 | n.d. | n.d. | n.d. | |
| | TOTAL (département 76) | 3 289 | 1 250 | 567 | 408 | 580 | |

Tableau 4 : Emissions du chrome et ses composés (Cr) dans l'air en kg/an (source IREP)

- **Zoom sur les émissions de manganèse**

| Etablissement | Activité principale | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | seuil de déclaration |
|--|------------------------|-------|-------|------|-------|------|----------------------|
| EDF Unité De Production Thermique Du Havre | Energie | 490 | 886 | n.d. | 259 | n.d. | 200 |
| Total Petrochemicals France Usine De Gonfreville | Chimie et parachimie | 580 | 1 320 | 246 | n.d. | n.d. | |
| | TOTAL (département 76) | 2 034 | 2 966 | 721 | 1 569 | 338 | |

Tableau 5 : Emissions du manganèse et ses composés (Mn) dans l'air en kg/an (source IREP)

- **Emissions dues aux transports en France**

| Métaux | Emissions en 2012 dues au transport en t | Pourcentage par rapport aux émissions totales nationales |
|--------|--|--|
| As | 1,3 | 21% |
| Cd | 0,5 | 19% |
| Cr | 1,9 | 8% |
| Cu | 226 | 93% |
| Ni | 2,1 | 3,5% |
| Pb | 70,9 | 52% |
| Zn | 295,2 | 57% |

Tableau 6 – Emissions dues au transport (tous transports confondus) en 2012 pour 7 métaux au niveau national. (Source : CITEPA - Rapport Secten avril 2014)

Les métaux proviennent partiellement des transports, en particulier le cuivre. L'antimoine n'est pas décrit dans le rapport du CITEPA. Néanmoins, le transport automobile est cité comme étant l'une des sources importantes d'émission de l'antimoine, dans le rapport "Pollution atmosphérique par les métaux en France – Dix ans de biosurveillance des retombées" de l'ADEME et du Museum national d'histoire naturelle [VIII].

3.4. Bilan des poussières (PM10) sur la période

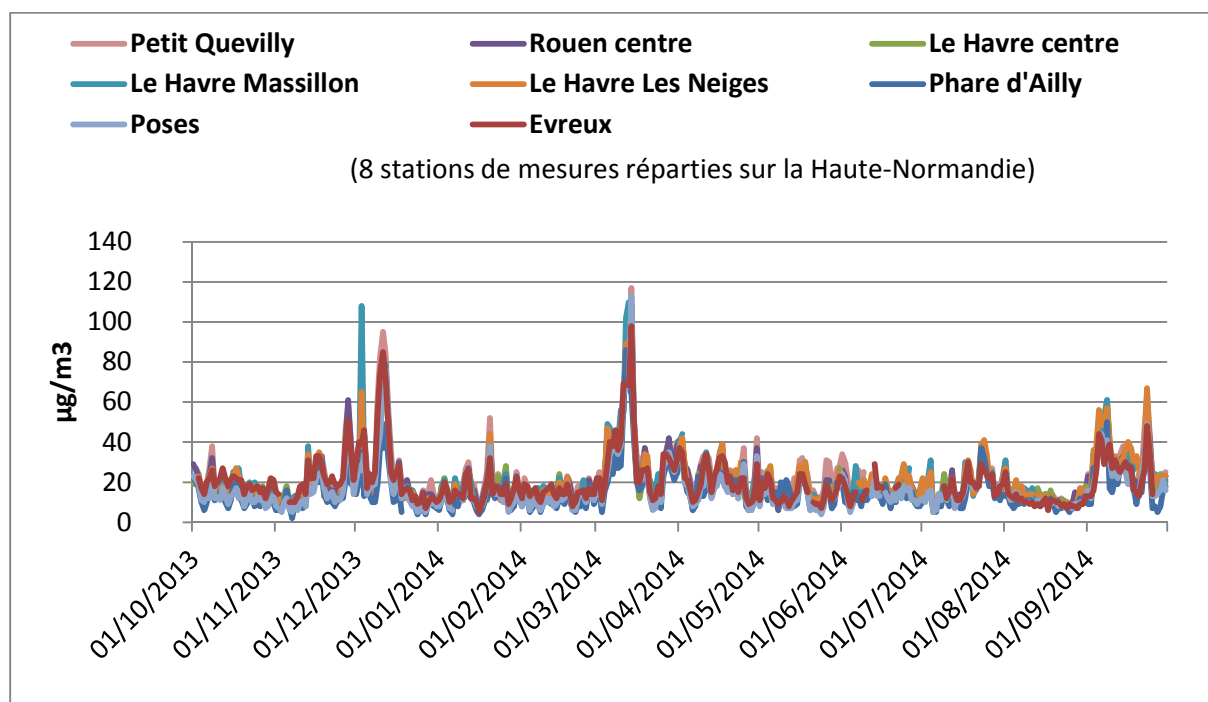


Figure 4 : Evolution journalière des particules en suspension entre octobre 2013 et septembre 2014 sur l'ensemble de la région Haute Normandie

Deux gros épisodes généralisés de pollution par les poussières (PM10) ont lieu en décembre 2013 et en mars 2014, (et dans une moindre mesure en septembre 2014 due au panache d'un volcan islandais) sur l'ensemble de la Région (voire à plus vaste échelle). Ces épisodes de pollution généralisés peuvent contribuer à la présence de métaux particuliers sur ces périodes, en raison :

- des conditions météorologiques anticycloniques favorisant l'accumulation des polluants sur ces périodes,
- et aussi de la présence accrue des poussières pouvant contenir des métaux.

3.5. Approche choisie

La mesure des métaux particuliers consiste en :

- un prélèvement des poussières en suspension inférieures à 10µm (PM10) sur des filtres,
- des analyses en laboratoire en différé.

Les données de métaux obtenues représentent un résultat moyen sur la durée d'exposition du filtre (plusieurs jours). Le volume d'air aspiré est indiqué pour chaque prélèvement.

De plus, dans le cadre de cette étude, l'appareil de prélèvement est couplé à un anémomètre-girouette afin d'aider à la recherche des émetteurs à l'origine des éventuelles pointes de métaux particuliers.

On compare ensuite les concentrations des métaux :

- par différents secteurs de vent,
- avec l'historique sur cette partie de la Z.I.,
- avec les stations de mesure (en concentration totale),
- avec les valeurs repères lorsqu'elles existent (sur la durée de la campagne).

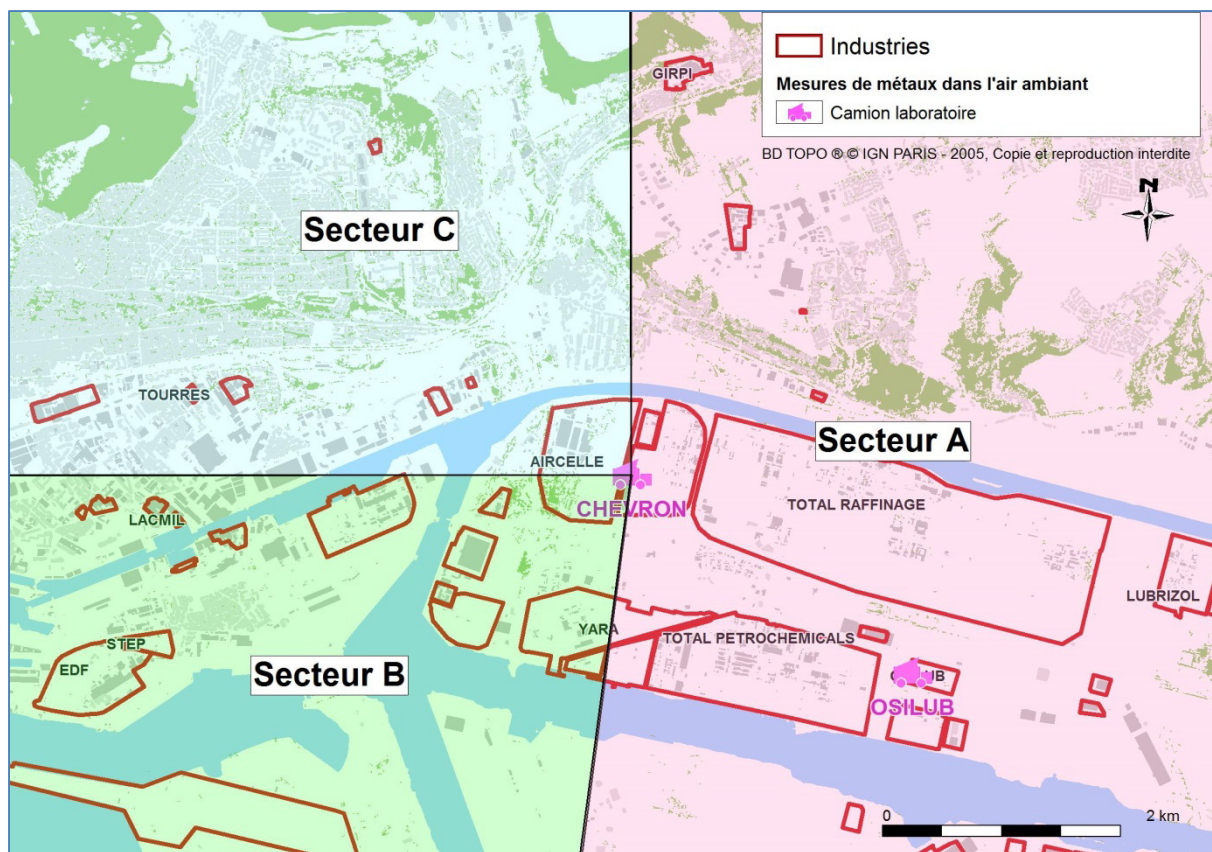
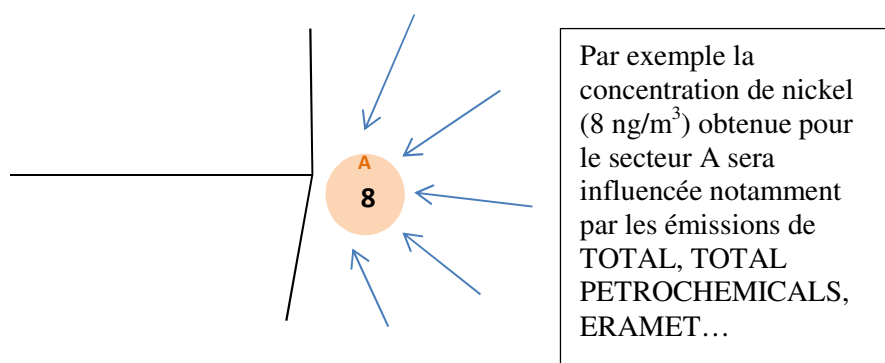


Figure 5 : Visualisation des secteurs de vent conditionnant le prélèvement des métaux particulaires. Exemple de la campagne de mesures sur le site d'accueil de Chevron Oronite



Par ailleurs, **la mesure du mercure gazeux** est effectuée au camion laboratoire, en continu, par un analyseur automatique qui délivre des résultats tous les quarts d'heures. Les données de mercure peuvent être directement croisées aux données quart-horaires de vent (de la station RNO située en Z.I.) pour tracer des roses de pollution et rechercher ainsi l'origine des éventuelles pointes de pollution.

3.6. Matériel

Les campagnes de mesures sont réalisées à l'aide du camion laboratoire d'AIR NORMAND, équipé de la façon suivante :

- Les mesures de mercure gazeux sont effectuées sur un pas de temps quart-horaire, à l'aide de l'appareil de mesure automatique TEKRAAN,

- Les prélèvements de métaux particuliers sont effectués sur filtres en fibre de quartz à l'aide d'un appareil de prélèvement (PARTISOL Spéciation) installé sur le toit du camion laboratoire. Le préleveur est équipé d'une tête de prélèvement qui effectue une coupure granulométrique à 10 microns (seules les particules inférieures à 10 μm se retrouvent piégées sur le filtre. Cette fraction des particules en suspension est appelée fraction PM10). Les prélèvements sont séquentiels, c'est-à-dire qu'ils sont conditionnés par un anémomètre-girouette. De cette façon on prélève sur un filtre lorsque le vent vient d'une direction déterminée. Lorsque la direction du vent change, on prélève sur un autre filtre, etc. 4 secteurs de vent distincts ont été définis (dont l'un correspond aux vents faibles).

- L'anémomètre-girouette est installé au sommet du mât équipant le camion laboratoire



Figure 6 : Photographie du camion laboratoire sur le site du centre Apave en zone industrielle à Sandouville

3.7. Origine des données

Les données de pollution utilisées dans le présent rapport proviennent :

- pour les métaux particuliers : des résultats d'analyses du laboratoire de Rouen – Alpa Chimies suite aux prélèvements effectués par AIR NORMAND
- pour le mercure gazeux : des résultats quart-horaires de l'analyseur automatique d'AIR NORMAND (installé dans le camion laboratoire).

Les données de météorologie proviennent des capteurs d'AIR NORMAND.

Les données d'émissions de métaux proviennent de l'IREP, de la DREAL et du CITEPA.

3.8. Méthode

3.8.1. Méthode pour l'implantation des sites de mesures

Trois sites de mesure sont répartis sur la zone industrielle :

- sur la partie est (dans l'enceinte de CHEVRON CHEMICAL ORONITE),
- sur la partie centrale (dans l'enceinte d'OSILUB),
- sur la partie ouest (dans l'enceinte du centre de formation APAVE),

afin de se placer de part et d'autres des nombreux émetteurs déclarés industriels de la zone industrielle et d'effectuer successivement des prélèvements sous leurs vents sous différents angles.

Les 3 sites de mesure sont choisis le plus près possible de ceux de l'étude 2006-2010, afin de pouvoir comparer les résultats. Les emplacements : "Z.I. ouest" et "Z.I. centre" ne sont pas exactement les mêmes que lors des campagnes de mesures antérieures (2006 à 2010). Ceux-ci se trouvaient dans l'enceinte des entreprises :

- ex-AUXITEC (ce site a déménagé depuis),
- CARE (remplacé pour OSILUB afin d'être encore plus central par rapport à la Z.I.).

Le site de l'APAVE sur la partie "est" est le même.

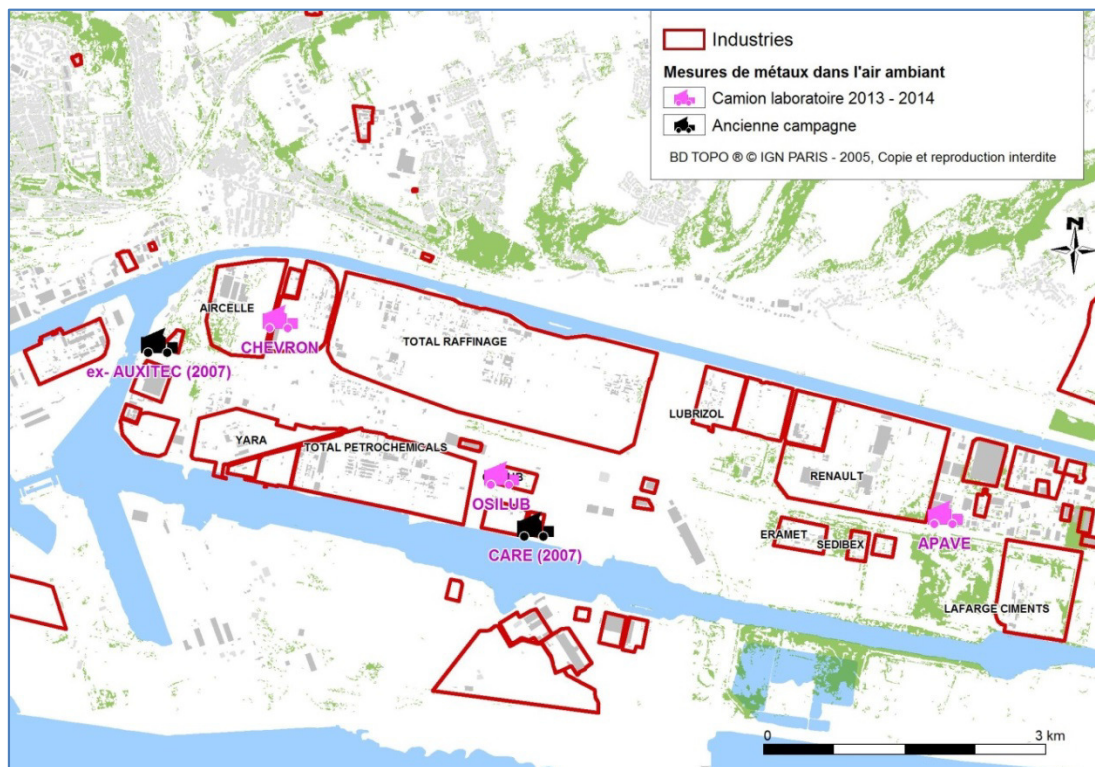


Figure 7 : Changement de 2 emplacements par rapport aux campagnes de mesure de 2006 - 2010

3.8.2. Méthode de prélèvement et d'analyse

- La méthode de prélèvement des métaux particulières dans l'air ambiant suit la norme EN 14902 (décembre 2005) pour la mesure du plomb, cadmium, de l'arsenic et du nickel dans la fraction PM10 de la matière particulaire en suspension, étendue dans notre cas aux autres métaux particuliers.

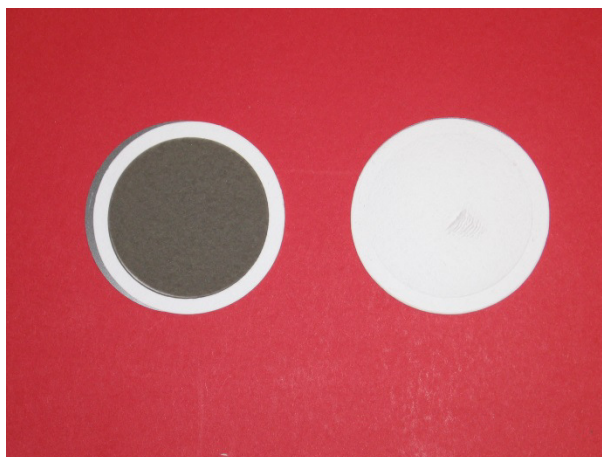


Figure 8 : Exemple de photos de filtres (à gauche un filtre après prélèvement des poussières PM10, à droite un filtre vierge)

- Les filtres sont ensuite analysés en laboratoire (Laboratoire de Rouen ALPA CHIMIES - 49, rue Mustel - F- 76022 ROUEN). Le Laboratoire est accrédité pour la préparation et l'analyse des 9 métaux (As, Ni, Cd et Pb, Zn, Cu, Mn, V et Co) sur filtre.
- La méthode d'analyse des métaux utilisée par le laboratoire est la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) selon la norme NF EN 14902.
- La méthode pour la détermination du mercure gazeux total (méthode automatique par fluorescence atomique) suit la norme EN 15852 (juillet 2010).

3.8.3. Limites de quantification pour l'analyse des métaux sur filtres

La limite de quantification est la plus faible concentration d'un produit à analyser dans un échantillon qui puisse être quantifiée par le laboratoire d'analyse.

Les limites de quantification pour les analyses de métaux sur filtres du laboratoire de Rouen sont présentées en annexe 2.

Une convention est définie pour représenter les valeurs inférieures à la limite de quantification. Pour faciliter la représentation graphique et les calculs, les valeurs non quantifiées sont considérées comme étant égales à la moitié de la limite de quantification, durant la campagne de mesure et sur toutes les données d'AIR NORMAND en 2014. (Cette convention a changé au cours du temps : lors des campagnes de 2006 à 2010, les valeurs non quantifiées étaient considérées comme étant égales à la limite de quantification).

3.8.4. Blancs terrains

Un blanc terrain est un filtre transporté vers le site d'échantillonnage, conservé dans le préleveur mais ne subissant aucun prélèvement d'air ambiant. Il est retourné au laboratoire d'analyse et traité de la même façon que les filtres ayant servi aux prélèvements d'air ambiant. Un blanc terrain est réalisé à chaque période d'échantillonnage. Il permet de contrôler si une éventuelle pollution a eu lieu lors des étapes de préparation, transport, manipulation, analyse.

3.8.5. Références utilisées pour l'interprétation des résultats

Les résultats sur la durée de la campagne (3 à 4 mois environ par site) sont comparés à titre indicatif aux valeurs réglementaires françaises existantes pour certains métaux (décret n° 2010-1250 – 21 octobre 2010) à savoir :

- aux valeurs cibles annuelles pour l'arsenic, le nickel, le cadmium dans l'air ambiant,
- à la valeur limite annuelle pour le plomb.

Pour les autres métaux, il n'existe pas de valeur réglementaire. Afin de situer les concentrations obtenues, celles-ci sont comparées aux concentrations mesurées sur les autres sites de la zone industrielle, et à celles obtenues sur les mêmes sites dans le passé. Pour le mercure gazeux, on se réfère à des valeurs repères de l'OMS ou américaines (OEHHA).

3.8.6. Méthode de calcul pour les données de métaux particulières sectoriels

Les moyennes sur plusieurs périodes, ou le total sur plusieurs secteurs de vent, sont effectués de la manière suivante :

$$\text{Somme des teneurs (en ng)} / \text{Somme des volumes d'air prélevés (en m}^3\text{)}$$

3.9. Limites

- Une interruption dans les mesures sur le site de l'APAVE a eu lieu du 23 juin au 24 juillet 2014 due :
 - Au déménagement du camion laboratoire à la demande du site d'accueil (centre de formation APAVE) durant une semaine en raison d'un stage projetant de l'eau sous haute pression,
 - Au dérèglement de la girouette suite au remontage du camion laboratoire après cet arrêt conduisant à invalider les données de métaux sectorielles durant les semaines suivantes.
- Le volume d'air prélevé sur les filtres durant les campagnes est inégal selon que le prélèvement est effectué sous un secteur de vent dominant ou non. Lorsque le volume est très faible, les concentrations de métaux analysées sont à interpréter avec précaution. C'est le cas du 03/09 au 30/09/14 à l'APAVE pour le secteur de vent 181° à 265°, pour lequel le volume prélevé est faible : 6,84 m³.

4. Déroulement

4.1. Période

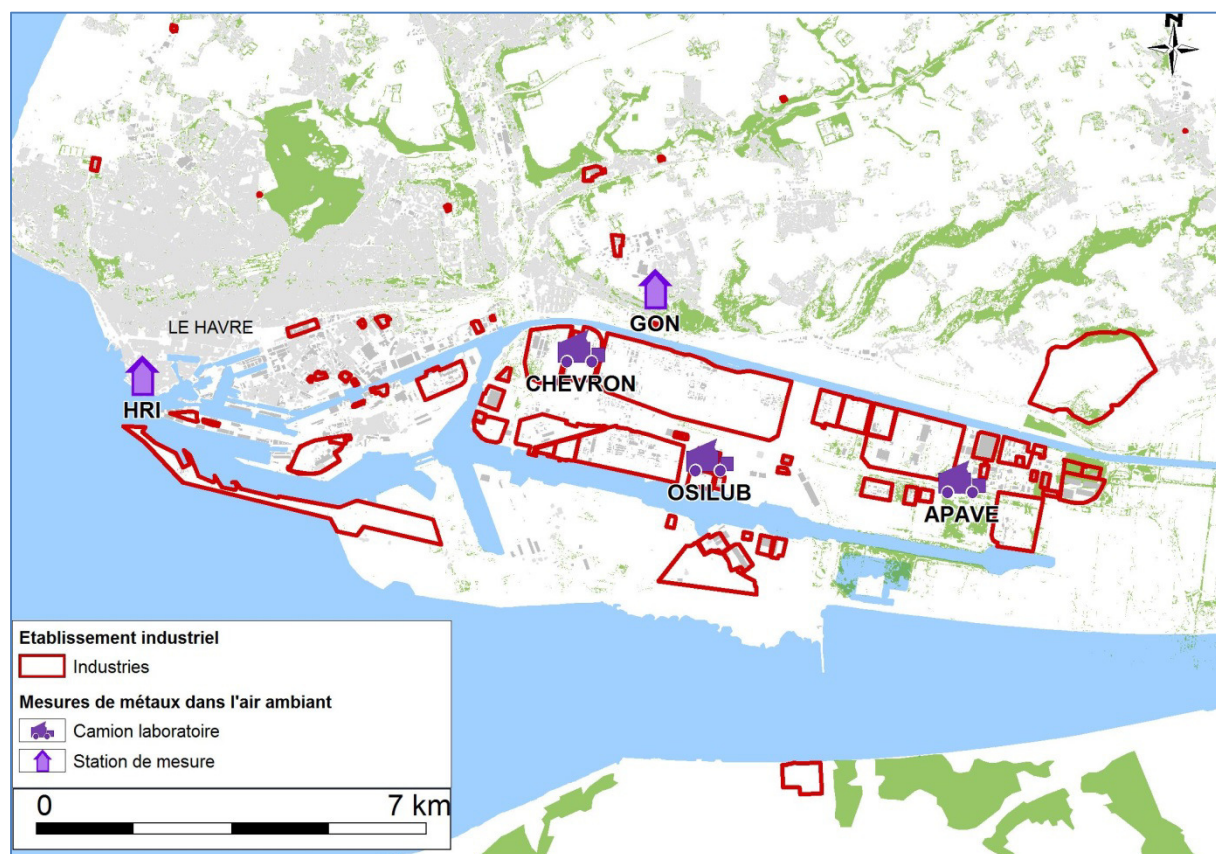
La campagne de mesure a lieu sur 3 périodes :

| Dates | Site d'accueil de la campagne | Commentaire |
|-----------------------------|-------------------------------|--|
| Du 09/10/2013 au 21/01/2014 | CHEVRON | |
| Du 22/01/2014 au 13/05/2014 | OSILUB | |
| Du 14/05/2014 au 30/09/2014 | APAVE | -Interruption pour les métaux particuliers du 27/06 au 23/07/2014. -Le mercure est mesuré jusqu'au 3 septembre. |

4.2. Sites de mesure

Les 3 sites de mesures sont répartis sur la zone industrielle :

- sur la partie ouest (dans l'enceinte de CHEVRON CHEMICAL ORONITE),
- sur la partie centrale (dans l'enceinte d'OSILUB),
- sur la partie est (dans l'enceinte du centre de formation APAVE),

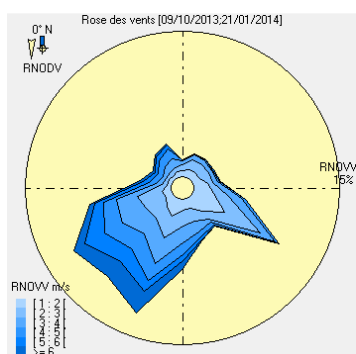


BD TOPO © IGN PARIS - 2005, Copie et reproduction interdite

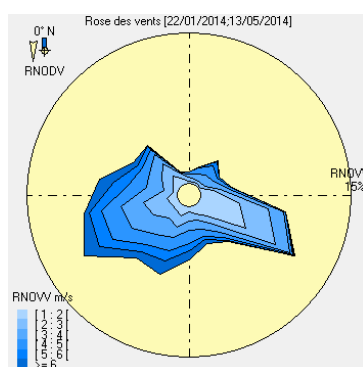
Figure 9: Localisation des prélèvements en 2013-2014

4.3. Roses des vents pendant la campagne

- Du 09/10/2013 au 21/01/2014 (campagne à CHEVRON),



- Du 22/01/2014 au 13/05/2014 (campagne à OSILUB),



- Du 14/05/2014 au 30/09/2014 (campagne à l'APAVE), avec une interruption pour les métaux particuliers du 27/06 au 23/07/2014.

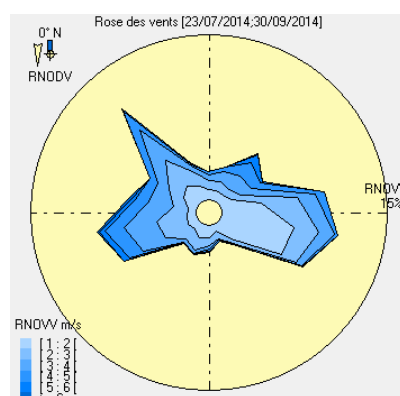
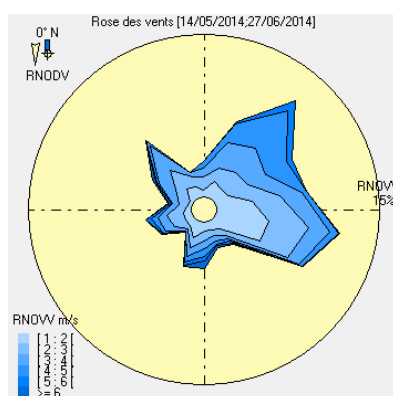


Figure 10 : Roses des vents (direction d'où vient le vent) durant les campagnes (Anémomètre –girouette RNO)

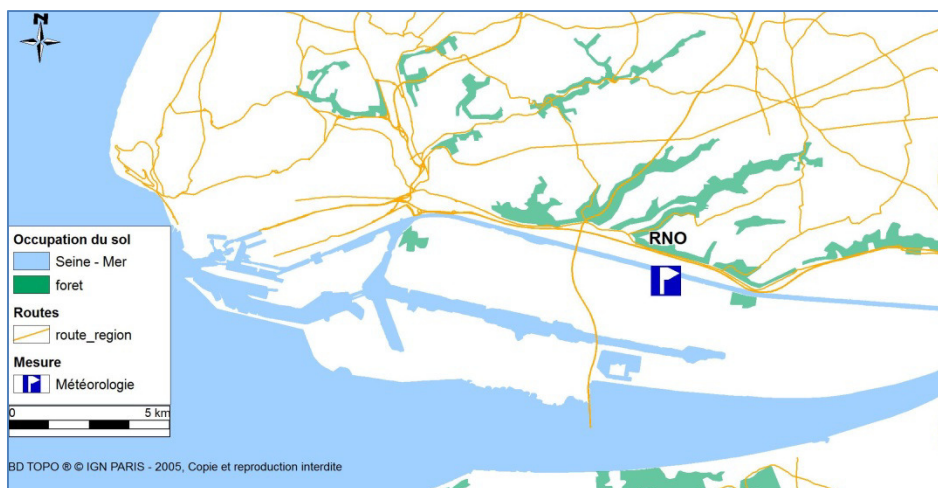


Figure 11 : Localisation de la station météorologique d'Air Normand RNO en zone industrielle

4.4. Récapitulatif des prélèvements sectoriels des métaux particuliers

Les prélèvements sont sectoriels car ils sont conditionnés par 3 secteurs de vent prédéfinis pour chacun des sites (soit un filtre par secteur de vent) ; un 4^{ème} filtre est utilisé pour les vents faibles (inférieurs à 1 m/s) qui n'ont pas de direction bien définie.

La période d'exposition des filtres est de quelques semaines. Trois ou quatre séries de mesures sont effectuées successivement sur chaque site, soit une durée totale de la campagne sur chaque site de 3 à 4 mois.

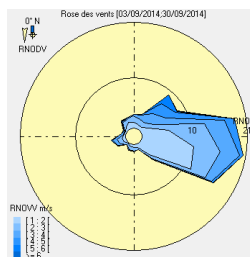
Le volume d'air prélevé sur les filtres est inégal selon que le prélèvement est effectué sous un secteur de vent dominant ou non. Le détail des volumes prélevés pour chaque période est donné dans le tableau en page suivante. Par exemple, durant la campagne à CHEVRON :

- le camion laboratoire **s'est souvent trouvé sous les vents** du secteur 188°- 269° (vents de sud-ouest²), en particulier du 10/12 au 21/01/14, ce qui a conduit à un volume maximal de 693 m³ sur le filtre,
- par contre, les vents **n'ont pas été majoritaires** lorsqu'ils provenaient du secteur 270°-359° (vents de nord-ouest), ce qui a conduit à des volumes plus faibles compris entre 30 et 57 m³.

D'une façon générale, le volume, et par conséquent la quantité de matière prélevée sur les filtres sont suffisants dans la majorité des cas pour permettre l'analyse des métaux.

L'exception est le cas du 03/09 au 30/09/14 à l'APAVE pour le secteur de vent 181° à 265° (vents de sud-ouest), pour lequel le volume prélevé est faible : 6,84 m³. La concentration des métaux pour ce prélèvement est à interpréter avec précaution.

Figure 12 : Cas de la période du 3 au 30/09/2014 (les vents provenant du sud-ouest sont minoritaires)



² Voir la rose des vents sur la figure 6

| Site d'accueil du camion laboratoire | Secteurs d'où vient le vent | | Sous les vents des émetteurs déclarés : (liste non exhaustive) | Dates | Volume d'air prélevé (m ³) |
|--------------------------------------|-----------------------------|--------------------|--|----------------------|--|
| Z.I. ouest (CHEVRON) | A | 0° - 187° | Total Total Petrochemicals | du 09/10 au 09/11/13 | 146.99 |
| | | | | du 09/11 au 10/12/13 | 269.33 |
| | | | | du 10/12 au 21/01/14 | 151.45 |
| | B | 188° - 269° | Yara EDF Lacmil | du 09/10 au 09/11/13 | 399.45 |
| | | | | du 09/11 au 10/12/13 | 102.76 |
| | | | | du 10/12 au 21/01/14 | 693.18 |
| | C | 270° - 359° | Tourres | du 09/10 au 09/11/13 | 41.98 |
| | | | | du 09/11 au 10/12/13 | 57.34 |
| | | | | du 10/12 au 21/01/14 | 30.33 |
| | D | vent faible <1 m/s | Tous | du 09/10 au 09/11/13 | 134.63 |
| | | | | du 09/11 au 10/12/13 | 237.66 |
| | | | | du 10/12 au 21/01/14 | 123.51 |
| Z.I. centre (OSILUB) | E | 52° à 210° | Lubrizol, Lafarge, Sedibex, Eramet. | du 22/01 au 25/02/14 | 146.99 |
| | | | | du 25/02 au 23/03/14 | 177.98 |
| | | | | du 25/03 au 24/04/14 | 282.65 |
| | | | | du 25/04 au 13/05/14 | 112.05 |
| | F | 211° à 289° | Total Petrochemical | du 22/01 au 25/02/14 | 399.45 |
| | | | | du 25/02 au 23/03/14 | 249.39 |
| | | | | du 25/03 au 24/04/14 | 133.82 |
| | | | | du 25/04 au 13/05/14 | 188.84 |
| | G | 290° à 51° | Total | du 22/01 au 25/02/14 | 41.98 |
| | | | | du 25/02 au 23/03/14 | 70.64 |
| | | | | du 25/03 au 24/04/14 | 123.36 |
| | | | | du 25/04 au 13/05/14 | 75.15 |
| H | vent faible <1m/s | tous | du 22/01 au 25/02/14 | 134.63 | |
| | | | du 25/02 au 23/03/14 | 125.93 | |
| | | | du 25/03 au 24/04/14 | 169.92 | |
| | | | du 25/04 au 13/05/14 | 71.07 | |
| Z.I. est (APAVE) | I | 20° à 180° | Lafarge Ciments | du 14/05 au 23/06/14 | 354.4 |
| | | | | du 24/07 au 03/09/14 | 93.72 |
| | | | | du 03/09 au 30/09/14 | 284.06 |
| | J | 181° à 265° | Eramet, ex-Citron, Sedibex | du 14/05 au 23/06/14 | 41.89 |
| | | | | du 24/07 au 03/09/14 | 93.75 |
| | | | | du 03/09 au 30/09/14 | 6.84 |
| | K | 266° à 19° | Renault, Total Petrochemicals, Total, EDF, Tourres | du 14/05 au 23/06/14 | 157.51 |
| | | | | du 24/07 au 03/09/14 | 355.79 |
| | | | | du 03/09 au 30/09/14 | 48.09 |
| | L | vent faible < 1m/s | tous | du 14/05 au 23/06/14 | 394.55 |
| | | | | du 24/07 au 03/09/14 | 423.03 |
| | | | | du 03/09 au 30/09/14 | 301.84 |

Tableau 7 : Récapitulatif des prélèvements sectoriels des métaux particuliers

5. Résultats des métaux particuliers

5.1. Résultats bruts

Les résultats d'analyses fournis par le laboratoire sont exprimés en $\mu\text{g}/\text{échantillon}$ (pour les métaux particuliers). Ils sont disponibles sur simple demande auprès d'AIR NORMAND : contact@airnormand.fr. Ces résultats sont ensuite exprimés par AIR NORMAND en "unités des métaux dans l'air ambiant" en divisant par le volume d'échantillonnage normé pour obtenir des $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.2. Résultats transformés

5.2.1. Comparaison aux valeurs repères

| <i>En ng/m^3</i> | <i>Site d'accueil de Chevron Du 09/10/2013 au 21/01/2014</i> | <i>Site d'accueil d'Osilub Du 22/01/2014 au 13/05/2014</i> | <i>Site d'accueil de l'Apave Du 14/05/2014 au 30/09/2014</i> | <i>valeurs cibles (As, Cd, Ni) ou limite (Pb) annuelles</i> |
|---|--|--|--|---|
| Arsenic | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 6 |
| Cadmium | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 5 |
| Nickel | 5.9 | 21.0 | 9.1 | 20 |
| Plomb | 4.1 | 3.7 | 3.5 | 500 |

Tableau 8 : Concentrations moyennes sur chaque site de campagne des 4 métaux particuliers réglementés dans l'air ambiant.

Commentaire :

Les valeurs cibles et limite annuelles des 4 métaux réglementés dans l'air ambiant sont regardées ici sur la durée des campagnes. Le dépassement de l'un des seuils durant une campagne met en évidence un risque de dépassement sur l'année.

Les valeurs cibles et limites sont respectées sur la durée des campagnes :

- dans la majorité des cas,
- à l'exception du cas du nickel sur le site d'OSILUB du 22/01/2014 au 13/05/2014, qui dépasse le seuil de $20 \text{ ng}/\text{m}^3$.

5.2.2. Comparaison avec les stations de mesures de Gonfreville l'Orcher et du Havre

A titre indicatif, car la durée n'est pas la même, les concentrations moyennes de métaux durant les campagnes sont comparées à la moyenne annuelle sur les stations de mesure de Gonfreville GOR et du Havre HRI (pour les 4 métaux réglementaires).

| En ng/m ³ | Site d'accueil de Chevron | Site d'accueil d'Osilub | Site d'accueil de l'Apave | Gonfreville l'Orcher station GOR | | Le Havre station HRI | | Petit Quevilly Ateliers municipaux |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------|----------------------|------------|------------------------------------|
| | Du 09/10/2013 au 21/01/2014 | Du 22/01/2014 au 13/05/2014 | Du 14/05/2014 au 30/09/2014 | année 2013 | année 2014 | année 2013 | année 2014 | année 2013 ³ |
| Antimoine | 1.3 | 1.0 | 1.7 | 0.7 | 1.0 | - | - | - |
| Arsenic | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.4 |
| Cadmium | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.3 |
| Chrome | 1.3 | 2.6 | 2.7 | 2.1 | 2.4 | - | - | - |
| Cobalt | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | - | - | - |
| Cuivre | 5.9 | 4.7 | 7.2 | 4.5 | 4.1 | - | - | 23.1 |
| Etain | 1.2 | 1.2 | 1.6 | 2.6 | 3.2 | - | - | - |
| Manganèse | 3.2 | 4.3 | 6.7 | 3.9 | 3.1 | - | - | - |
| Nickel | 5.9 | 21.0 | 9.1 | 4.3 | 5.0 | 3.8 | 4.7 | 2.5 |
| Plomb | 4.1 | 3.7 | 3.5 | 4.9 | 7.7 | 3.7 | 2.4 | 6.3 |
| Sélénium | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | - | 0.4 | 0.5 |
| Tellure | <LQ | <LQ | <LQ | <LQ | <LQ | - | - | - |
| Vanadium | 2.3 | 2.6 | 2.7 | 2.6 | 2.7 | - | - | - |
| Zinc | 16.6 | 13.8 | 17.2 | 18.8 | 29.6 | - | 10.0 | - |

Tableau 9 : Comparaison des concentrations moyennes sur chaque site (sur la durée des campagnes) avec les stations de mesure d'AIR NORMAND (en moyennes annuelles)

Commentaire :

Certains métaux sont plus élevés en zone industrielle que le niveau habituellement mesuré sur les stations de mesure du Havre et de Gonfreville :

- le nickel,
- le cuivre,

et de façon plus occasionnelle:

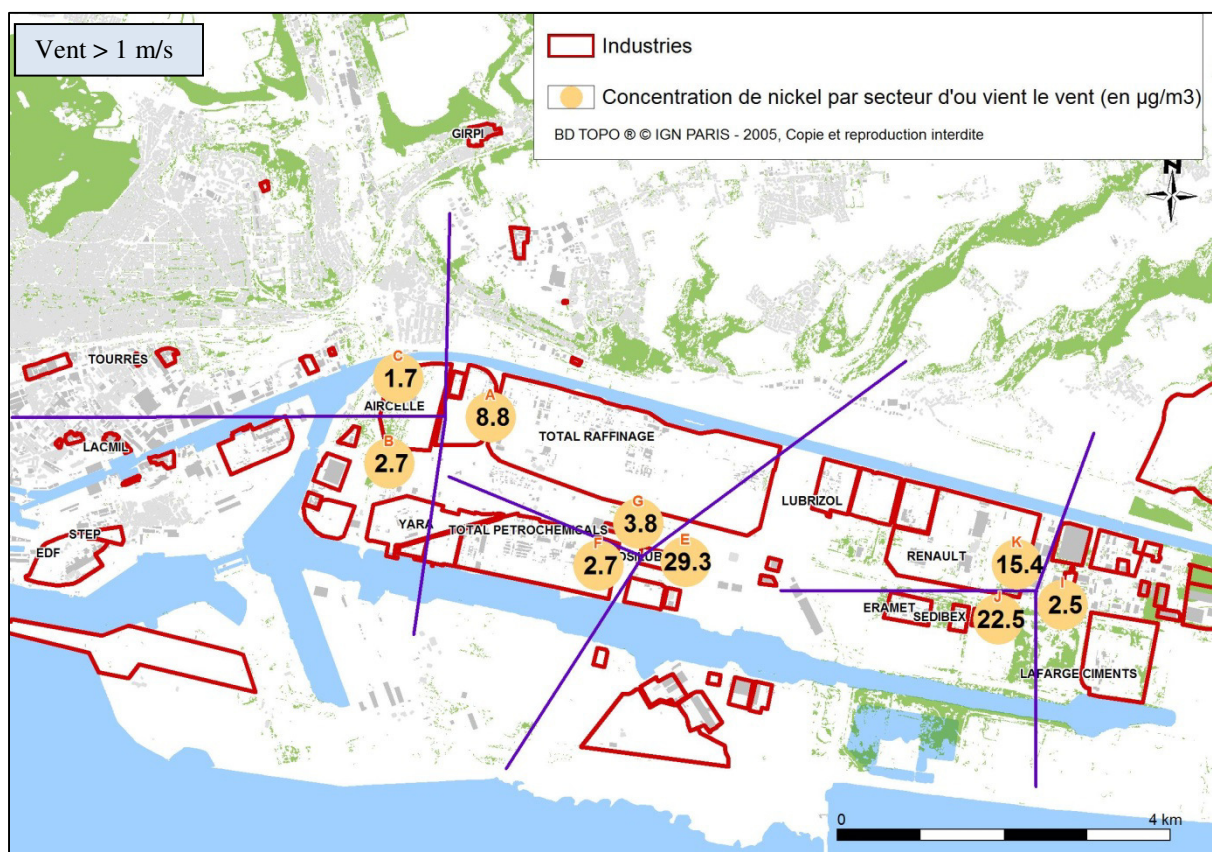
- l'antimoine (durant les campagnes à CHEVRON et à l'APAVE),
- le chrome (durant les campagnes à OSILUB et à l'APAVE),
- le manganèse (durant les campagnes à OSILUB et à l'APAVE),

5.2.3. Résultats sectoriels

Le détail des résultats des prélèvements sectoriels est donné, métal par métal, dans l'annexe 1.

³ Moyenne annuelle reconstituée à partir de 6 campagnes de mesures

5.2.3.1. Cas du nickel :



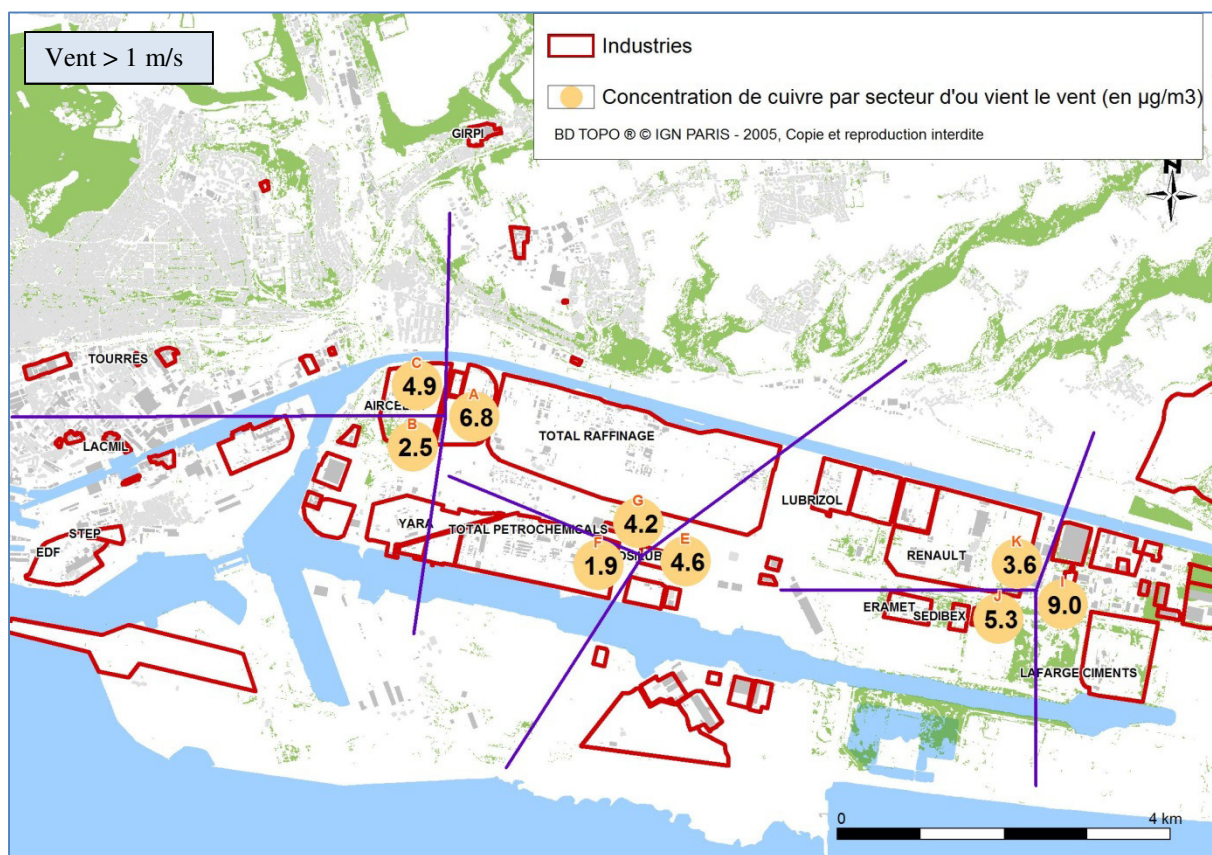
| Pour les vents faibles (<1m/s) : | Nickel (en ng/m ³) |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Secteur D à CHEVRON | 11.3 |
| Secteur H à OSILUB | 45.0 |
| Secteur L à l'APAVE | 8.6 |

Figure 13 : Résultats moyens du nickel par secteur d'où vient le vent durant les 3 campagnes de mesures successives

Commentaires :

- Les concentrations **supérieures à 20 ng/m³** (valeur cible annuelle) sont obtenues durant les campagnes :
 - à OSILUB, lorsque le vent vient du secteur E où se trouvent les émetteurs déclarés : Lubrizol, Lafarge ciments, Sedibex, Eramet,
 - à APAVE, lorsque le vent vient du secteur J où se trouvent les émetteurs déclarés : Eramet, ex-Citron, Sedibex,
 - par vent faible à OSILUB.
- Les concentrations **supérieures à 5 ng/m³** (niveau moyen sur la station GOR – Gonfreville l'Orcher) sont obtenues durant les campagnes :
 - à CHEVRON, lorsque le vent vient du secteur A où se trouvent les émetteurs déclarés : Total et Total Petrochemicals,
 - à l'APAVE, lorsque le vent vient du secteur K où se trouvent les émetteurs déclarés : Renault, Total Petrochemicals, Total, EDF, Tourres (l'une des mesures dépasse 20 ng/m³),
 - par vent faible à CHEVRON et à l'APAVE.

5.2.3.2. Cas du cuivre



| Pour les vents faibles (<1m/s) : | Cuivre (en ng/m ³) |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Secteur D à CHEVRON | 13.5 |
| Secteur H à OSILUB | 9.6 |
| Secteur L à l'APAVE | 8.2 |

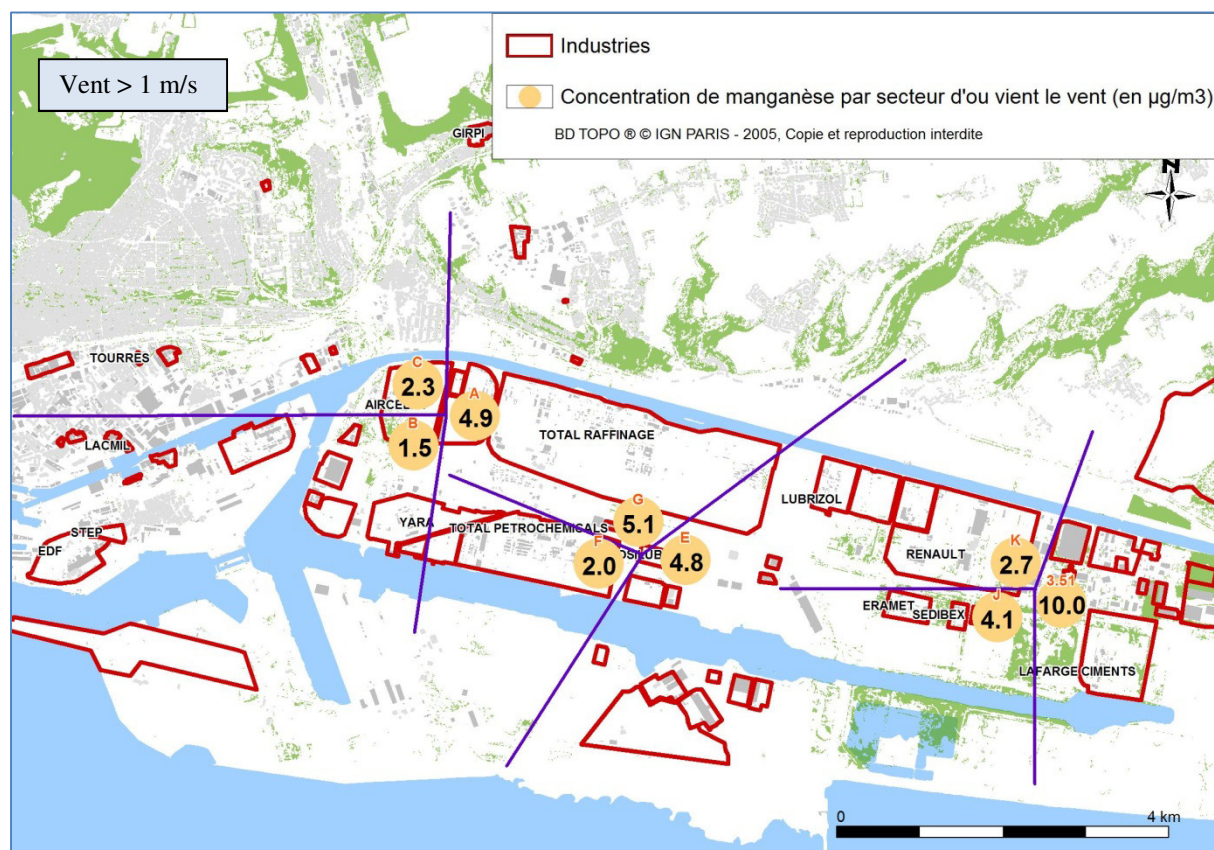
Figure 14 : Résultats moyens du cuivre par secteur d'où vient le vent durant les 3 campagnes de mesures successives

Commentaires :

Les concentrations les plus élevées de cuivre (supérieures au niveau moyen à la station GOR : 4,5 ng/m³) sont mesurées :

- par vent faible, quel que soit le site,
- par vent venant du secteur I (où se trouve Lafarge Ciments) durant la campagne à l'APAVE,
- par vent venant du secteur A (où se trouvent Total et Total Petrochemicals) durant la campagne à CHEVRON.

5.2.3.3. Cas du manganèse



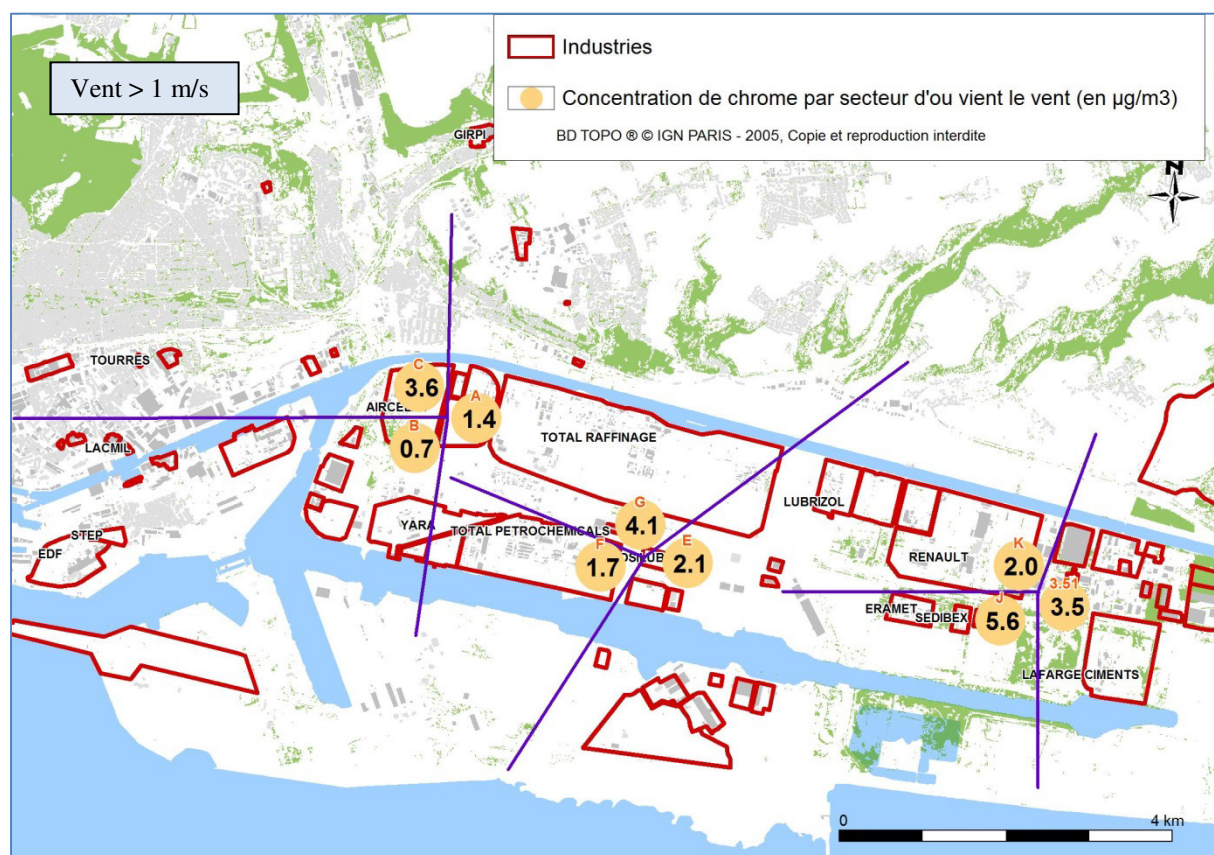
| Pour les vents faibles (<1m/s) : | Manganèse (en ng/m ³) |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Secteur D à CHEVRON | 5.6 |
| Secteur H à OSILUB | 6.8 |
| Secteur L à l'APAVE | 6.9 |

Figure 15 : Résultats moyens du manganèse par secteur d'où vient le vent durant les 3 campagnes de mesures successives

Commentaire :

- Le niveau maximum (10 ng/m³) est enregistré par secteur de vent I (sous les vents de Lafarge Ciments) pendant la campagne à l'APAVE.
- Plusieurs concentrations sectorielles sont comprises entre 4 et 7 ng/m³ (secteurs A, E, G, J, vents faibles), indiquant un niveau de manganèse plus élevé que le niveau moyen à la station GOR (3,9 ng/m³).

5.2.3.4. Cas du chrome



| Pour les vents faibles (<1m/s) : | Chrome (en ng/m ³) |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Secteur D à CHEVRON | 2.0 |
| Secteur H à OSILUB | 3.9 |
| Secteur L à l'APAVE | 2.2 |

Figure 16 : Résultats moyens du chrome par secteur d'où vient le vent durant les 3 campagnes de mesures successives

Commentaire :

- Le niveau maximum (5,6 ng/m³) est enregistré par secteur de vent J (sous les vents des émetteurs industriels déclarés : Eramet, Ex-Citron, Sedibex) pendant la campagne à l'APAVE.
- Plusieurs concentrations sectorielles sont comprises entre 3 et 5 ng/m³ (secteurs C, G, D), indiquant un niveau de chrome plus élevé que le niveau moyen à la station GOR (2,4 ng/m³).

5.2.4. Comparaison par rapport à l'historique

| En ng/m ³ | <u>Site Ouest Z.I.</u> | | <u>Site Central Z.I.</u> | | <u>Site Est Z.I.</u> | | <u>Station GOR à Gonfreville l'Orcher</u> | | <i>rappel valeur cible ou limite</i> |
|----------------------|--|---------------------------------------|---|------------------------------------|--|-------------------------------------|---|----------------------------|--------------------------------------|
| | ▼ CHEVRON Du 09/10/13 au 21/01/14 | AUXITEC Du 25/01/07 au 14/05/07 | ▼ OSILUB Du 22/01/14 au 13/05/14 | CARE Du 20/09/07 au 27/12/07 | ▼ APAVE Du 14/05/14 au 30/09/14 | APAVE Du 11/05/09 au 04/09/09 | ▼ ANNEE 2014 | ANNEE 2009 ⁴ | |
| Arsenic | 0.4 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 6 |
| Cadmium | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 5 |
| Nickel | 5.9 | 12.3 | 21.0 | 18 | 9.1 | 22.7 | 5.0 | 5.7 | 20 |
| Plomb | 4.1 | 8.3 | 3.7 | 11.2 | 3.5 | 5.4 | 7.7 | 5.0 | 500 |
| Zinc | 16.6 | 36.6 | 13.8 | 30.7 | 17.2 | 25.8 | 29.6 | 21.0 | - |

Commentaire :

Une baisse est enregistrée pour :

- Le nickel (sauf sur le site d'OSILUB),
- Le plomb (en zone industrielle, mais pas à la station GOR),
- Le zinc (en zone industrielle, mais pas à la station GOR)

6. Résultats du mercure gazeux

6.1. Résultats bruts

Les résultats du mercure sont exprimés en ng/m³/quart d'heure. Ils sont disponibles sur simple demande auprès d'AIR NORMAND : contact@airnormand.fr. Ces résultats sont ensuite moyennés sur une durée horaire ou sur la durée des campagnes.

6.2. Résultats transformés

6.2.1. Comparaison aux valeurs repères

Il n'existe pas de valeur cible ni limite pour le mercure gazeux dans l'air ambiant dans la directive européenne. En l'absence de valeur réglementaire, les résultats de la campagne sont comparés à trois des valeurs de référence proposées par différents organismes [III] :

- La valeur guide de l'OMS⁵ (1000 ng/m³ en moyenne annuelle) est prise comme valeur repère. Elle est comparée ici à la moyenne sur la durée des campagnes.

⁴ Du 16/02/2009 au 01/03/2010 (en raison d'un décalage du démarrage des mesures)

⁵ OMS (2000) Air Quality Guidelines for Europe, seconde édition.

- Une valeur toxicologique de référence est proposée par l'INERIS : 30 ng/m³ (valeur de l'OEHHA pour le mercure élémentaire et composés inorganiques pour des expositions chroniques par inhalation - 2008). Elle est comparée ici à la moyenne sur la durée des campagnes.
- Une autre valeur de référence peut être citée pour les expositions aiguës : 600 ng/m³ (concentration de référence de l'OEHHA à ne pas dépasser pour une exposition aiguë par inhalation au mercure élémentaire et inorganique - 2008). Ce seuil est comparé ici aux valeurs de pointes : moyennes quart-horaires et horaires durant les campagnes.

| Mercure gazeux (en ng/m ³) | Site d'accueil de Chevron Du 15/10/2013 au 21/01/2014 | Site d'accueil d'Osilub Du 22/01/2014 au 13/05/2014 | Site d'accueil de l'Apave Du 20/05/2014 au 3/09/2014 | valeur repère |
|--|--|--|---|--|
| Moyenne | 1,7 | 1,4 | 1,7 | - valeur guide OMS : 1000 ng/m ³ - seuil de l'OEHHA exposition chronique: 30 ng/m ³ |
| Maximum quart horaire | 41,3 (le 10/12/2013 à 11h30) | 28,4 (le 03/04/2014 à 07h30) | 329,9 (le 19/06/2014 à 12h30) | seuil de l'OEHHA exposition aiguë : 600 ng/m ³ |
| Maximum horaire | 35,7 (le 09/12/2013 à 22h) | 16 (le 03/04/2014 à 08h) | 130,9 (le 19/06/2014 à 13h) | |

Tableau 10 : Bilan des concentrations sur chaque site de campagne de mesure du mercure gazeux

Commentaire :

- Les concentrations moyennes sur chaque site sont très inférieures à la valeur guide de l'OMS sur la durée des campagnes. Elles sont aussi inférieures aux seuils de l'OEHHA concernant les expositions chroniques.
- Des pointes de mercure sont mesurées ponctuellement. Elles sont inférieures au seuil de l'OEHHA sur les expositions aiguës.

6.2.2. Résultats par direction du vent

Les données de mercure peuvent être croisées avec les données de vent pour aider à rechercher l'origine des pointes. (L'anémomètre-girouette est celui de la station RNO. Seules les données de vent supérieures à 1 m/s sont prises en compte).

Les roses de pollution représentent ici la moyenne de mercure (en ng/m^3) durant la campagne, par secteur de vent (direction d'où vient le vent). Les roses de pollution pointent donc vers les émetteurs de mercure.

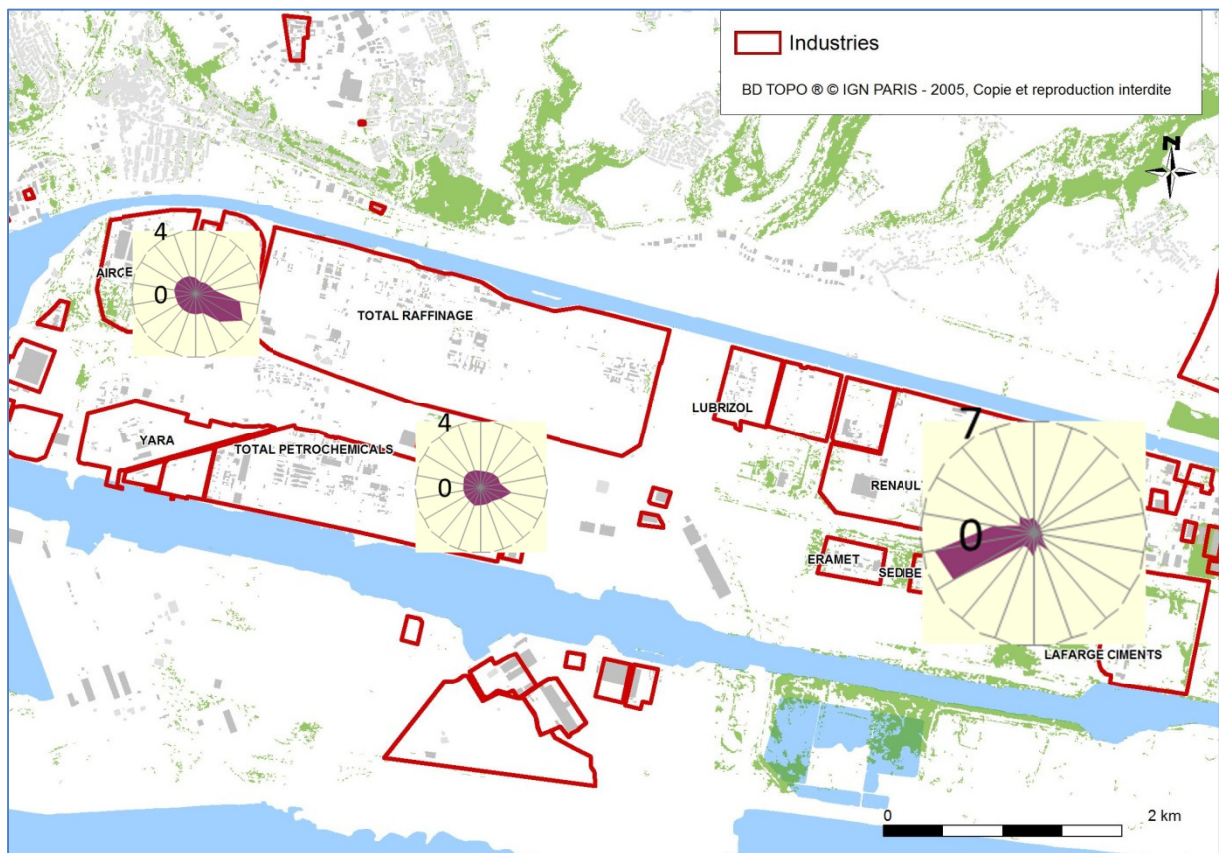


Figure 17 : Roses de pollution du mercure durant les 3 campagnes successives en 2013 - 2014
(Moyenne de mercure en ng/m^3 selon la direction d'où vient le vent)

Commentaire :

Les roses de pollution des 3 campagnes successives pointent vers une direction :

- à CHEVRON : vers TOTAL, SEDIBEX, LAFARGE CIMENTS, LUBRIZOL, OSILUB,
- à OSILUB : vers SEDIBEX, LAFARGE CIMENTS,
- à l'APAVE : vers SEDIBEX (et plus éloigné : EDF, STEP EDELWEISS).

6.2.3. Comparaison avec l'historique

| Mercure en ng/ m ³ | Campagnes 2013 à 2014 | | | Campagnes précédentes (2006 à 2010) | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| | Chevron | Osilub | Apave | Station SET | CARE | Apave | Gonfreville L'orcher (station GOR) |
| Dates | du 15/10/2013 au 21/01/2014 | du 22/01/2014 au 13/05/2014 | du 20/05/2014 au 3/09/2014 | du 06/03/2006 au 06/06/2006 | du 20/09/2007 au 02/12/2007 | du 08/05/2009 au 24/07/2009 | du 14/10/2009 au 14/01/2010 |
| moyenne | 1,7 | 1,4 | 1,7 | 6 | 4,9 | 2.5 | 1 |
| maximum horaire | 35,7 | 16 | 130,9 | 487 | 694 | 83.3 | 44.2 |

Commentaires :

- La comparaison est indicative car elle ne se fait pas exactement sur les mêmes sites (mis à part le site de l'APAVE qui est le même).
- Les données de mercure sont plus faibles en moyenne (et pour certains maxima) durant les campagnes récentes (2013 à 2014), que lors des campagnes réalisées entre 2006 et 2010.
- Les roses de pollution de la période 2006 à 2010 pointaient vers le site de Citron en zone industrielle sud encore en activité à cette époque. Les émissions des autres émetteurs de mercure en ZI s'ajoutaient probablement à celles de CITRON.

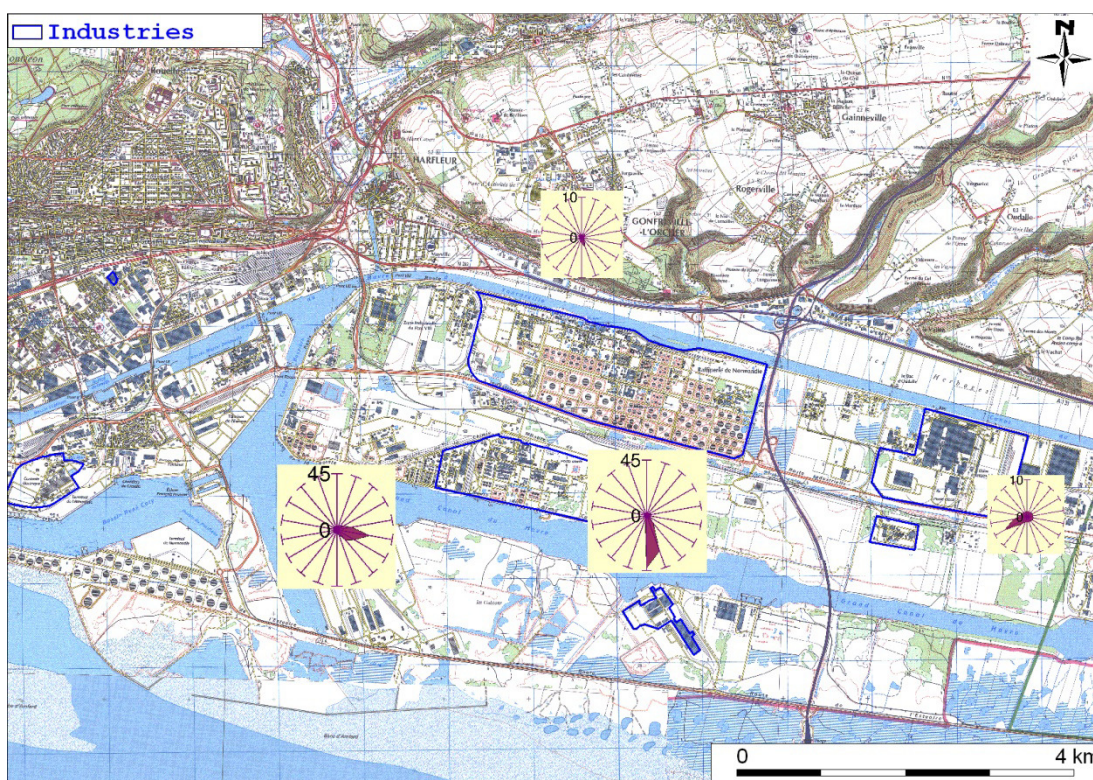


Figure 18 : Historique des données de mercure sur la Z.I. : Roses de pollution du mercure durant 4 campagnes successives sur la période 2006 à 2010.

(Moyenne de mercure en ng/m³ selon la direction d'où vient le vent ;
Source : Rapport d'étude n° E 09-02-10 - www.airnormand.fr)

7. Interprétation des résultats et discussion

7.1. Tellure

Ce métal : le tellure dans l'air ambiant est toujours inférieur aux limites de quantification. Il n'est pas concerné par l'interprétation des paragraphes suivants qui porte sur les métaux quantifiés.

7.2. Métaux présents sur la Z.I. – Recherche des émetteurs

- **Cas du nickel.**

Le nickel ressort comme le métal particulaire le plus présent sur la zone industrielle du Havre. Il est plus élevé en Z.I. que dans les lieux habités alentours (Le Havre, Gonfreville l'Orcher). Il semble en baisse depuis les campagnes de 2007-2009, sauf sur le site central de la Z.I.

La valeur cible (annuelle) est dépassée pour ce métal durant la campagne de mesure sur le site central de la Z.I. (OSILUB) et présente donc un risque de dépassement sur l'année sur ce site. Un épisode de poussières généralisé à la Haute Normandie en mars 2014, et surtout les conditions météorologiques anticycloniques associées, peuvent expliquer en partie l'augmentation du nickel particulaire sur cette période.

La recherche des émetteurs à l'origine de ces teneurs en nickel se fait par recoupement entre plusieurs informations :

- la mise en évidence des émetteurs potentiels par les prélèvements sectoriels,
- les données d'émissions de nickel des émetteurs déclarés. Les principaux contributeurs sont TOTAL, TOTAL Petrochemicals, ERAMET, EDF et dans une moindre mesure TOURRES (voir tableau 1 d'après la source IREP).

Les concentrations les plus fortes de nickel > 20 ng/m³ (valeur cible), en moyenne par secteur à OSILUB secteur E et APAVE secteur J, sont enregistrées durant les campagnes sous les vents de l'émetteur de nickel déclaré ERAMET.

Les concentrations entre 8 et 19 ng/m³ (à CHEVRON secteur A et APAVE secteur K) sont enregistrées sous les vents des émetteurs déclarés TOTAL et TOTAL Petrochemicals, et plus éloignés EDF et TOURRES.

- **Cas du cuivre**

Les émissions qui peuvent expliquer la présence du cuivre en ZI sont d'origine mixte : Aux émissions industrielles s'ajoutent pour le cuivre les émissions du trafic routier.

Les teneurs **en cuivre maximales** sont enregistrées :

- soit par vent faible sur toute la ZI,
- soit sur la partie "est" de la ZI (campagne à l'APAVE) sous les vents de l'émetteur déclaré Lafarge Ciments.

Ces concentrations entre 8 et 13,5 ng/m³ (en moyennes par secteurs) en zone industrielle sont un peu supérieures au niveau de cuivre moyen enregistré durant l'année à la station de Gonfreville l'Orcher : 4 ng/m³. Cependant, elles ne représentent pas un niveau de

civre particulièrement élevé comparé à d'autres situations (par exemple à la moyenne annuelle⁶ de 23 ng/m³ sur le site de Petit Quevilly en 2013).

- **Cas du chrome**

La teneur en chrome maximale (5,6 ng/m³ en moyenne par secteur) est enregistrée sur la partie "est" de la ZI (campagne à l'APAVE) sous les vents des émetteurs industriels déclarés: Sedibex, Ex-Citron (le site est fermé mais une activité de reconditionnement et évacuation des déchets est toujours en cours en 2013-2014). Pourtant ces émetteurs ne sont pas ceux qui déclarent les plus fortes émissions de chrome d'après l'IREP. EDF, TOTAL Petrochemicals et TOURRES déclarent des émissions plus élevées.

Cette concentration est supérieure au niveau moyen de chrome enregistré durant l'année à la station de Gonfreville l'Orcher : 2 ng/m³.

- **Cas du manganèse**

La teneur en manganèse maximale (10 ng/m³ en moyenne par secteur) est enregistrée sur la partie "est" de la ZI (campagne à l'Apave) sous les vents de l'émetteur industriel déclaré : Lafarge Ciments.

Cette concentration supérieure au niveau moyen de manganèse enregistré durant l'année à la station de Gonfreville l'Orcher : 3,9 ng/m³. Cet émetteur déclaré n'est pourtant pas le principal émetteur de manganèse sur la zone industrielle. EDF et TOTAL Petrochemicals déclarent des émissions plus importantes (d'après l'IREP).

- **Cas du mercure.**

Le mercure gazeux est observé en zone industrielle sous forme de pointes. Cependant, le niveau moyen reste largement inférieur à la valeur guide de l'OMS, et à la valeur de référence de l'OEHHA pour une exposition chronique. Ce niveau moyen enregistré en Z.I. a d'ailleurs baissé depuis les années 2006-2009.

De même, les niveaux de pointes sont inférieurs à la valeur de référence de l'OEHHA pour une exposition aiguë.

Les sources de mercure à l'origine de ces pointes sont mises en évidence par les roses de pollution (croisement des données de mercure avec la direction d'où vient le vent) et sont recherchés parmi les principaux émetteurs industriels de mercure déclarés (IREP).

L'émetteur principal était l'industriel Citron durant les campagnes de 2006 à 2009 (ce site industriel a fermé fin 2010) et les roses de pollution pointaient effectivement dans cette direction. Les émissions des autres émetteurs de mercure s'ajoutaient probablement à celles de CITRON.

L'émetteur principal est en 2013 l'industriel SEDIBEX (d'après l'IREP). Là encore, les roses de pollution semblent pointer vers cet émetteur, en particulier durant la campagne à l'APAVE. Cependant, d'autres émetteurs peuvent aussi contribuer aux valeurs observées comme TOTAL, LAFARGE Ciments, LUBRIZOL, EDF, STEP EDELWEISS, OSILUB.

8. Conclusion et recommandations

La campagne de mesure des métaux particuliers et du mercure gazeux réalisée en 3 points de la zone industrielle du Havre en 2013-2014 a permis de confirmer les conclusions des campagnes précédentes à savoir :

⁶ Moyenne reconstituée à partir de 6 campagnes de mesure

- La présence de nickel à des concentrations supérieures à la valeur cible européenne durant certaines périodes de mesures. Les prélèvements sectoriels indiquent une augmentation des concentrations en zone industrielle sous les vents d'un des émetteurs déclaré de nickel à savoir ERAMET, puis dans une moindre mesure sous les vents d'autres émetteurs déclarés sur la zone (et principaux contributeurs d'après l'IREP) TOTAL et TOTAL Petrochemicals, et plus éloignés EDF et Tourres;
- L'observation de pointes de mercure gazeux en zone industrielle dont les concentrations ne dépassent toutefois pas en moyenne les valeurs repères pour l'exposition chronique. Le niveau de mercure a baissé depuis les précédentes campagnes (2006 à 2010). Les pointes résiduelles actuelles sont enregistrées sous les vents et à proximité de l'émetteur SEDIBEX (campagne à l'APAVE), et d'autres émetteurs comme TOTAL, LAFARGE Ciments, LUBRIZOL, EDF, STEP EDELWEISS, OSILUB. Alors que les pointes en 2006-2010, plus fortes, étaient enregistrées sous les vents de l'émetteur CITRON (fermé depuis) parmi d'autres émetteurs dans la ZI. .
- Que le cuivre, le manganèse et le chrome sont un peu plus présents en zone industrielle qu'à la station de mesure de Gonfreville l'Orcher.

9. Pages complémentaires

9.1. Annexe 1 : Résultats détaillés des métaux particuliers (résultats en ng/m³)

Site de Chevron

9 octobre au 9 novembre

| secteurs | A | B | C | D | total |
|-----------|-----------|-------------|-------------|--------|--------|
| de vent : | 0° - 187° | 188° - 269° | 270° – 359° | <1 m/s | |
| Antimoine | 0.99 | 0.58 | 0.48 | 1.70 | 0.86 |
| Arsenic | 0.03 | 0.10 | 0.12 | 0.04 | 0.07 |
| Cadmium | 0.08 | 0.03 | 0.12 | 0.04 | 0.05 |
| Chrome | 0.73 | 0.49 | 1.45 | 1.60 | 0.80 |
| Cobalt | 0.17 | 0.06 | 0.60 | 0.19 | 0.14 |
| Cuivre | 4.71 | 2.00 | 3.05 | 7.28 | 3.60 |
| Etain | 0.85 | 0.31 | 2.98 | 0.93 | 0.69 |
| Manganèse | 3.77 | 1.30 | 2.38 | 3.44 | 2.26 |
| Nickel | 9.52 | 2.06 | 1.62 | 6.98 | 4.47 |
| Plomb | 3.39 | 1.90 | 1.19 | 2.72 | 2.32 |
| Sélénium | 0.03 | 0.01 | 0.12 | 0.04 | 0.03 |
| Tellure | 0.03 | 0.01 | 0.12 | 0.04 | 0.03 |
| Vanadium | 1.90 | 1.85 | 1.19 | 2.27 | 1.90 |
| Zinc | 17.28 | 7.89 | 4.93 | 13.59 | 10.69 |
| VOLUME | 147.00 | 399.45 | 41.98 | 134.63 | 723.06 |

Site de Chevron

9 novembre au 10 décembre

| secteurs | A | B | C | D | total |
|-----------|-----------|-------------|-------------|--------|--------|
| de vent : | 0° - 187° | 188° - 269° | 270° – 359° | <1 m/s | |
| Antimoine | 1.42 | 1.29 | 0.84 | 3.45 | 2.07 |
| Arsenic | 0.15 | 0.05 | 0.09 | 0.49 | 0.25 |
| Cadmium | 0.13 | 0.05 | 0.09 | 0.22 | 0.14 |
| Chrome | 0.76 | 0.93 | 0.44 | 1.65 | 1.08 |
| Cobalt | 0.21 | 0.24 | 0.44 | 0.40 | 0.30 |
| Cuivre | 5.12 | 5.60 | 4.48 | 16.79 | 9.30 |
| Etain | 0.96 | 1.22 | 2.18 | 3.20 | 1.90 |
| Manganèse | 3.90 | 2.98 | 1.74 | 7.53 | 4.87 |
| Nickel | 6.09 | 3.23 | 0.89 | 15.90 | 8.70 |
| Plomb | 7.09 | 5.05 | 2.14 | 8.58 | 6.88 |
| Sélénium | 0.02 | 0.05 | 0.09 | 0.02 | 0.03 |
| Tellure | 0.02 | 0.05 | 0.09 | 0.02 | 0.03 |
| Vanadium | 1.25 | 2.77 | 0.44 | 2.93 | 2.01 |
| Zinc | 28.25 | 15.76 | 8.20 | 32.78 | 26.22 |
| VOLUME | 269.33 | 102.76 | 57.34 | 237.66 | 667.10 |

Site de Chevron

du 10 décembre au 21 janvier 2014

| secteurs | A | B | C | D | total |
|-----------|-----------|-------------|-------------|--------|--------|
| de vent : | 0° - 187° | 188° - 269° | 270° - 359° | <1 m/s | |
| Antimoine | 2.39 | 0.61 | 0.89 | 1.86 | 1.05 |
| Arsenic | 0.61 | 0.86 | 0.41 | 0.57 | 0.77 |
| Cadmium | 0.49 | 0.06 | 0.16 | 0.20 | 0.14 |
| Chrome | 3.33 | 0.85 | 12.66 | 3.26 | 1.89 |
| Cobalt | 0.17 | 0.10 | 0.82 | 0.20 | 0.15 |
| Cuivre | 11.69 | 2.35 | 8.34 | 13.84 | 5.37 |
| Etain | 2.47 | 0.44 | 4.12 | 2.66 | 1.13 |
| Manganèse | 7.92 | 1.40 | 3.30 | 4.29 | 2.80 |
| Nickel | 12.81 | 2.96 | 3.49 | 6.95 | 4.96 |
| Plomb | 11.36 | 1.67 | 3.36 | 4.80 | 3.58 |
| Sélénium | 0.58 | 0.21 | 0.86 | 0.49 | 0.32 |
| Tellure | 0.08 | 0.02 | 0.41 | 0.10 | 0.05 |
| Vanadium | 3.78 | 2.71 | 1.65 | 2.92 | 2.87 |
| Zinc | 43.97 | 6.65 | 6.59 | 23.72 | 14.42 |
| VOLUME | 151.45 | 693.18 | 30.33 | 123.51 | 998.48 |

Site d'OSILUB

du 22 janvier au 25 février 2014

| secteurs | E | F | G | H | total |
|-----------|------------|-------------|------------|--------|--------|
| de vent : | 52° à 210° | 211° à 289° | 290° à 51° | <1m/s | |
| Antimoine | 0.45 | 0.18 | 0.62 | 1.81 | 0.55 |
| Arsenic | 0.12 | 0.04 | 0.62 | 0.16 | 0.12 |
| Cadmium | 0.05 | 0.04 | 0.25 | 0.06 | 0.06 |
| Chrome | 1.07 | 1.20 | 12.11 | 4.12 | 1.88 |
| Cobalt | 0.06 | 0.09 | 1.23 | 0.32 | 0.14 |
| Cuivre | 2.17 | 1.14 | 8.47 | 10.62 | 3.10 |
| Etain | 0.29 | 0.44 | 6.15 | 1.62 | 0.69 |
| Manganèse | 1.81 | 0.35 | 4.92 | 4.24 | 1.80 |
| Nickel | 6.64 | 1.29 | 2.46 | 14.39 | 6.05 |
| Plomb | 2.38 | 0.96 | 20.87 | 3.45 | 2.74 |
| Sélénium | 0.10 | 0.24 | 0.62 | 0.34 | 0.21 |
| Tellure | 0.03 | 0.04 | 0.62 | 0.16 | 0.14 |
| Vanadium | 0.83 | 1.29 | 2.46 | 1.58 | 0.69 |
| Zinc | 8.10 | 4.07 | 22.89 | 15.43 | 8.69 |
| VOLUME | 147.00 | 399.45 | 41.98 | 134.63 | 723.06 |

Site d'OSILUB

du 25 février au 23 mars 2014

| secteurs | E | F | G | H | total |
|-----------|------------|-------------|------------|--------|--------|
| de vent : | 52° à 210° | 211° à 289° | 290° à 51° | <1m/s | |
| Antimoine | 1.42 | 0.64 | 1.05 | 3.36 | 1.46 |
| Arsenic | 0.35 | 0.38 | 0.61 | 0.84 | 0.49 |
| Cadmium | 0.19 | 0.10 | 0.17 | 0.29 | 0.17 |
| Chrome | 2.84 | 1.84 | 4.45 | 4.36 | 2.93 |
| Cobalt | 0.62 | 0.10 | 0.35 | 1.08 | 0.48 |
| Cuivre | 7.02 | 2.91 | 4.98 | 13.74 | 6.50 |
| Etain | 0.70 | 1.48 | 1.77 | 2.83 | 1.56 |
| Manganèse | 8.60 | 3.47 | 5.96 | 11.43 | 6.82 |
| Nickel | 34.22 | 3.61 | 4.95 | 59.79 | 23.83 |
| Plomb | 5.67 | 3.91 | 5.63 | 8.89 | 5.61 |
| Sélénium | 0.61 | 0.73 | 0.18 | 1.06 | 0.70 |
| Tellure | 0.07 | 0.05 | 0.18 | 0.10 | 0.08 |
| Vanadium | 2.34 | 4.13 | 3.69 | 4.19 | 3.58 |
| Zinc | 24.44 | 11.59 | 18.26 | 31.05 | 19.94 |
| VOLUME | 177.98 | 249.39 | 70.64 | 125.93 | 623.95 |

Site d'OSILUB

du 25 mars au 24 avril 2014

| secteurs | E | F | G | H | total |
|-----------|------------|-------------|------------|--------|--------|
| de vent : | 52° à 210° | 211° à 289° | 290° à 51° | <1m/s | |
| Antimoine | 1.48 | 0.46 | 0.68 | 2.28 | 1.34 |
| Arsenic | 0.34 | 0.20 | 0.31 | 0.44 | 0.33 |
| Cadmium | 0.31 | 0.11 | 0.17 | 0.17 | 0.21 |
| Chrome | 2.99 | 2.47 | 2.93 | 3.31 | 2.96 |
| Cobalt | 0.81 | 0.19 | 0.20 | 0.93 | 0.62 |
| Cuivre | 7.36 | 2.94 | 3.89 | 8.24 | 6.13 |
| Etain | 1.34 | 0.93 | 2.07 | 1.84 | 1.51 |
| Manganèse | 7.61 | 2.86 | 4.30 | 5.89 | 5.73 |
| Nickel | 65.45 | 4.27 | 2.99 | 58.44 | 41.38 |
| Plomb | 4.74 | 2.03 | 4.31 | 4.37 | 4.06 |
| Sélénium | 0.43 | 0.31 | 0.25 | 0.61 | 0.42 |
| Tellure | 0.04 | 0.09 | 0.10 | 0.07 | 0.07 |
| Vanadium | 2.56 | 4.59 | 2.68 | 4.18 | 3.35 |
| Zinc | 22.89 | 8.74 | 14.51 | 18.48 | 17.71 |
| VOLUME | 282.65 | 133.83 | 123.36 | 169.92 | 709.75 |

Site d'OSILUB

Du 25 avril au 13 mai 2014

| secteurs | E | F | G | H | total |
|-----------|------------|-------------|------------|-------|--------|
| de vent : | 52° à 210° | 211° à 289° | 290° à 51° | <1m/s | |
| Antimoine | 0.62 | 0.21 | 0.64 | 1.07 | 0.52 |
| Arsenic | 0.11 | 0.07 | 0.17 | 0.18 | 0.11 |
| Cadmium | 0.10 | 0.03 | 0.07 | 0.07 | 0.06 |
| Chrome | 2.80 | 1.59 | 3.67 | 4.05 | 2.64 |
| Cobalt | 0.22 | 0.13 | 0.33 | 0.35 | 0.22 |
| Cuivre | 2.70 | 1.11 | 2.90 | 4.24 | 2.31 |
| Etain | 1.12 | 0.66 | 1.66 | 1.76 | 1.12 |
| Manganèse | 3.39 | 1.37 | 4.28 | 3.84 | 2.76 |
| Nickel | 17.14 | 2.32 | 3.57 | 19.84 | 9.03 |
| Plomb | 2.26 | 0.81 | 3.02 | 3.00 | 1.89 |
| Sélénium | 0.31 | 0.38 | 0.43 | 1.21 | 0.50 |
| Tellure | 0.11 | 0.07 | 0.17 | 0.18 | 0.11 |
| Vanadium | 1.73 | 3.03 | 3.85 | 4.09 | 3.01 |
| Zinc | 8.84 | 3.69 | 9.37 | 11.40 | 7.16 |
| VOLUME | 112.05 | 188.85 | 75.15 | 71.07 | 447.11 |

Site de l'APAVE

Du 14 mai au 23 juin 2014

| secteurs | I | J | K | L | total |
|-----------|------------|-------------|------------|--------|--------|
| de vent : | 20° à 180° | 181° à 265° | 266° à 19° | < 1m/s | |
| Antimoine | 1.48 | 0.98 | 0.74 | 1.44 | 1.32 |
| Arsenic | 0.29 | 0.30 | 0.32 | 0.37 | 0.33 |
| Cadmium | 0.09 | 0.29 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| Chrome | 2.33 | 6.11 | 2.31 | 1.66 | 2.22 |
| Cobalt | 0.17 | 0.60 | 0.16 | 0.35 | 0.26 |
| Cuivre | 7.22 | 5.47 | 3.71 | 6.13 | 6.11 |
| Etain | 1.10 | 2.98 | 1.61 | 1.23 | 1.32 |
| Manganèse | 8.35 | 2.39 | 3.48 | 5.53 | 6.13 |
| Nickel | 2.21 | 48.94 | 11.94 | 14.32 | 10.93 |
| Plomb | 3.19 | 3.41 | 3.71 | 2.94 | 3.18 |
| Sélénium | 0.41 | 0.76 | 0.56 | 0.47 | 0.48 |
| Tellure | 0.04 | 0.30 | 0.08 | 0.03 | 0.05 |
| Vanadium | 2.34 | 1.19 | 2.95 | 3.57 | 2.91 |
| Zinc | 25.59 | 22.10 | 12.57 | 12.47 | 17.82 |
| VOLUME | 354.40 | 41.89 | 157.51 | 394.55 | 948.35 |

Site de l'APAVE

Du 24 juillet au 3 septembre 2014

| secteurs | I | J | K | L | total |
|-----------|------------|-------------|------------|--------|--------|
| de vent : | 20° à 180° | 181° à 265° | 266° à 19° | < 1m/s | |
| Antimoine | 1.52 | 0.95 | 0.64 | 1.97 | 1.34 |
| Arsenic | 0.30 | 0.13 | 0.19 | 0.36 | 0.27 |
| Cadmium | 0.18 | 0.37 | 0.14 | 0.09 | 0.14 |
| Chrome | 4.40 | 3.33 | 1.32 | 1.83 | 2.04 |
| Cobalt | 0.27 | 0.27 | 0.41 | 0.22 | 0.30 |
| Cuivre | 7.36 | 4.48 | 2.92 | 6.12 | 4.91 |
| Etain | 1.33 | 1.33 | 1.46 | 1.36 | 1.39 |
| Manganèse | 9.01 | 3.79 | 1.99 | 5.48 | 4.37 |
| Nickel | 2.54 | 9.56 | 14.08 | 5.32 | 8.69 |
| Plomb | 2.74 | 1.82 | 2.05 | 2.33 | 2.22 |
| Sélénium | 0.48 | 0.43 | 0.53 | 0.52 | 0.51 |
| Tellure | 0.13 | 0.13 | 0.04 | 0.03 | 0.05 |
| Vanadium | 2.32 | 1.14 | 1.67 | 3.00 | 2.26 |
| Zinc | 14.94 | 11.95 | 10.71 | 11.13 | 11.43 |
| VOLUME | 93.72 | 93.75 | 355.79 | 423.03 | 966.28 |

Site de l'APAVE

Du 3 septembre au 30 septembre 2014

| secteurs | I | J | K | L | total |
|-----------|------------|-------------|------------|--------|--------|
| de vent : | 20° à 180° | 181° à 265° | 266° à 19° | < 1m/s | |
| Antimoine | 2.11 | 1.83 | 1.62 | 3.54 | 2.75 |
| Arsenic | 0.43 | 1.83 | 0.26 | 0.74 | 0.58 |
| Cadmium | 0.18 | 0.73 | 0.35 | 0.25 | 0.23 |
| Chrome | 4.72 | 34.52 | 6.38 | 3.38 | 4.53 |
| Cobalt | 0.22 | 3.66 | 1.23 | 0.24 | 0.34 |
| Cuivre | 11.79 | 15.50 | 7.69 | 13.65 | 12.40 |
| Etain | 2.02 | 18.28 | 2.60 | 2.47 | 2.45 |
| Manganèse | 12.74 | 14.63 | 5.95 | 10.60 | 11.24 |
| Nickel | 2.98 | 38.03 | 36.18 | 5.83 | 7.19 |
| Plomb | 5.95 | 7.31 | 5.88 | 6.10 | 6.03 |
| Sélénium | 1.06 | 1.83 | 2.02 | 1.47 | 1.33 |
| Tellure | 0.04 | 1.83 | 0.26 | 0.04 | 0.08 |
| Vanadium | 2.69 | 7.31 | 3.33 | 3.48 | 3.16 |
| Zinc | 26.93 | 29.25 | 23.70 | 24.32 | 25.48 |
| VOLUME | 284.06 | 6.84 | 48.10 | 301.84 | 640.83 |

Annexe 2 : Limites de quantification

Le tableau ci-dessous donne les limites de quantification du laboratoire de Rouen pour les analyses de métaux sur filtres :

| Métal | | en µg/échantillon | Méthode d'analyse |
|-----------|----|-------------------|-------------------|
| Vanadium | V | 0.1 | ICP-MS |
| Chrome | Cr | 0.150 | ICP-MS |
| Manganèse | Mn | 0.2 | ICP-MS |
| Cobalt | Co | 0.05 | ICP-MS |
| Nickel | Ni | 0.1 | ICP-MS |
| Cuivre | Cu | 0.1 | ICP-MS |
| Zinc | Zn | 0.4 | ICP-MS |
| Arsenic | As | 0.025 | ICP-MS |
| Cadmium | Cd | 0.01 | ICP-MS |
| Antimoine | Sb | 0.025 | ICP-MS |
| Tellure | Te | 0.025 | ICP-MS |
| Plomb | Pb | 0.1 | ICP-MS |
| Sélénium | Se | 0.025 | ICP-MS |
| Étain | Sn | 0.25 | ICP-MS |

Tableau 11: Limites de quantification pour les métaux sur filtres

9.2. Bibliographie

- [I] Rapport d'étude n° 06-03-08 "Mesures de métaux dans l'estuaire de la Seine - 2006-2008" téléchargeable sur www.airnormand.fr.
- [II] Rapport d'étude n° 09-02-10. "Mesures de métaux dans l'estuaire de la Seine - 2009" téléchargeable sur www.airnormand.fr
- [III] INERIS – Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques – Mercure et ses dérivés – septembre 2010