

Mesures de chlorures et fluorures totaux et de 14 métaux particuliers à Gonfreville l'Orcher

Année 2015



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° 1202-024-2

Le 30 juin 2016,

La rédactrice,
Fiona PELLETIER

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

Des mesures de 14 métaux particuliers et de chlorures et fluorures ont été réalisées à la station de mesure de Gonfreville l'Orcher tout au long de l'année 2015. Ce travail réalisé pour la cinquième année consécutive a pour objectif d'améliorer les connaissances sur ces composés, pour la plupart non réglementés dans l'air ambiant mais présents au niveau des zones industrielles de la région, et d'étudier l'éventuel impact de la centrale thermique EDF du Havre sur les concentrations mesurées.

Les résultats de 2015 permettent de conclure au respect des valeurs réglementaires existantes pour les 4 métaux réglementés en France dans l'air ambiant : arsenic, cadmium, nickel et plomb. En l'absence de valeur réglementaire française pour les chlorures et les fluorures, le respect de la valeur réglementaire allemande pour les chlorures, et de la valeur guide de l'OMS pour les fluorures a pu être vérifié. Ces résultats confortent les conclusions des 4 années antérieures.

L'historique sur 5 années et la comparaison à d'autres sites permettent d'avoir un recul sur le comportement des différents métaux et des chlorures et fluorures.

- Certaines évolutions sont mises en évidence sur les 5 années de mesures. Ainsi, une tendance à la baisse est observée pour la plupart des métaux (arsenic, cadmium, cuivre, nickel, sélénium, vanadium et zinc). Pour les chlorures totaux, aucune tendance significative n'est observée.
- Les concentrations en métaux mesurées à Gonfreville sont, pour la plupart des métaux, en diminution entre 2011 et 2015.
- La centrale thermique EDF participe faiblement aux émissions de métaux et chlorures pouvant impacter le site de Gonfreville l'Orcher, sans qu'on puisse distinguer clairement sa contribution aux concentrations mesurées dans l'air ambiant par rapport aux autres émetteurs industriels.

Il est d'ores et déjà décidé de prolonger les séries de mesures en 2016.

SOMMAIRE

1. Sigles, symboles et abréviations	4
2. Introduction	5
3. Eléments nécessaires à la compréhension du document	5
3.1. Définitions	5
3.2. Contexte	6
3.3. Approche choisie.....	7
3.4. Matériel.....	7
3.5. Méthode	8
3.6. Origine des données	9
3.7. Limites	9
4. Déroulement.....	9
4.1. Période de mesure	9
4.2. Site de mesure	10
4.3. Roses des vents 2015.....	11
5. Résultats.....	11
5.1. Résultats bruts	11
5.2. Résultats transformés.....	12
6. Interprétation des résultats et discussion	15
7. Conclusions	20
8. Pages complémentaires.....	20
8.1. Annexes.....	20
8.2. Bibliographie	27

1. Sigles, symboles et abréviations

Unités utilisées dans l'air ambiant:

- $\text{mg/m}^3 = 10^{-3}\text{g/m}^3$: milligrammes par mètres cubes
- $\mu\text{g/m}^3 = 10^{-6}\text{g/m}^3$: microgrammes par mètres cubes
- $\text{ng/m}^3 = 10^{-9}\text{g/m}^3$: nanogrammes par mètres cubes

Symboles chimiques :

Sb : Antimoine

As : Arsenic

Cd : Cadmium

Cr : Chrome

Co : Cobalt

Cu : Cuivre

Sn : Etain

Mn : Manganèse

Ni : Nickel

Pb : Plomb

Se : Sélénium

Te : Tellure

V : Vanadium

Zn : Zinc

DREAL : Direction Régionale de
l'Environnement, de

l'Aménagement et du Logement

Cl⁻ : chlorures

F⁻ : fluorures

INRS : Institut National de
Recherche et de Sécurité

iREP : Registre Français des
Emissions Polluantes

OMS : Organisation Mondiale de la
Santé

2. Introduction

Dans le cadre de son Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air (assurer et développer des suivis non réglementaires selon les priorités locales), Air Normand réalise depuis novembre 2010 des mesures de métaux particuliers à Gonfreville l'Orcher, en proximité des émetteurs potentiels de la zone industrielle du Havre. Quatre métaux particuliers sont réglementés dans l'air ambiant : Arsenic, Cadmium, Nickel et Plomb. La liste des métaux mesurés est élargie à 14 substances afin de mieux connaître le comportement des autres métaux (non réglementés dans l'air ambiant) sur ce secteur. Par ailleurs, Air Normand est également intéressé par la mesure des chlorures particuliers afin de recueillir des informations sur la part des embruns marins, constitués en partie de chlorures particuliers, dans les concentrations des poussières en suspension au Havre.

De son côté, l'industriel EDF est soumis, par arrêté préfectoral, à l'obligation de surveillance des substances suivantes dans l'environnement de son site du Havre : Antimoine, Chrome, Cobalt, Cuivre, Etain, Manganèse, Vanadium, Sélénium, Tellure, ainsi que pour les fluorures et chlorures (indicateurs des acides fluorhydrique et chlorhydrique). Ces substances sont en effet susceptibles d'être émises par la centrale EDF.

C'est pourquoi Air Normand et EDF ont décidé conjointement de réaliser ces mesures de 14 métaux et de chlorures et fluorures, à Gonfreville l'Orcher sous les vents dominants de la centrale EDF.

Ce rapport présente les résultats de l'année 2015, ainsi que le contexte de l'étude et la méthode choisie. Ils sont destinés à l'industriel EDF et rendus disponibles sur le site www.airnormand.fr pour tout public intéressé.

3. Eléments nécessaires à la compréhension du document

3.1. Définitions

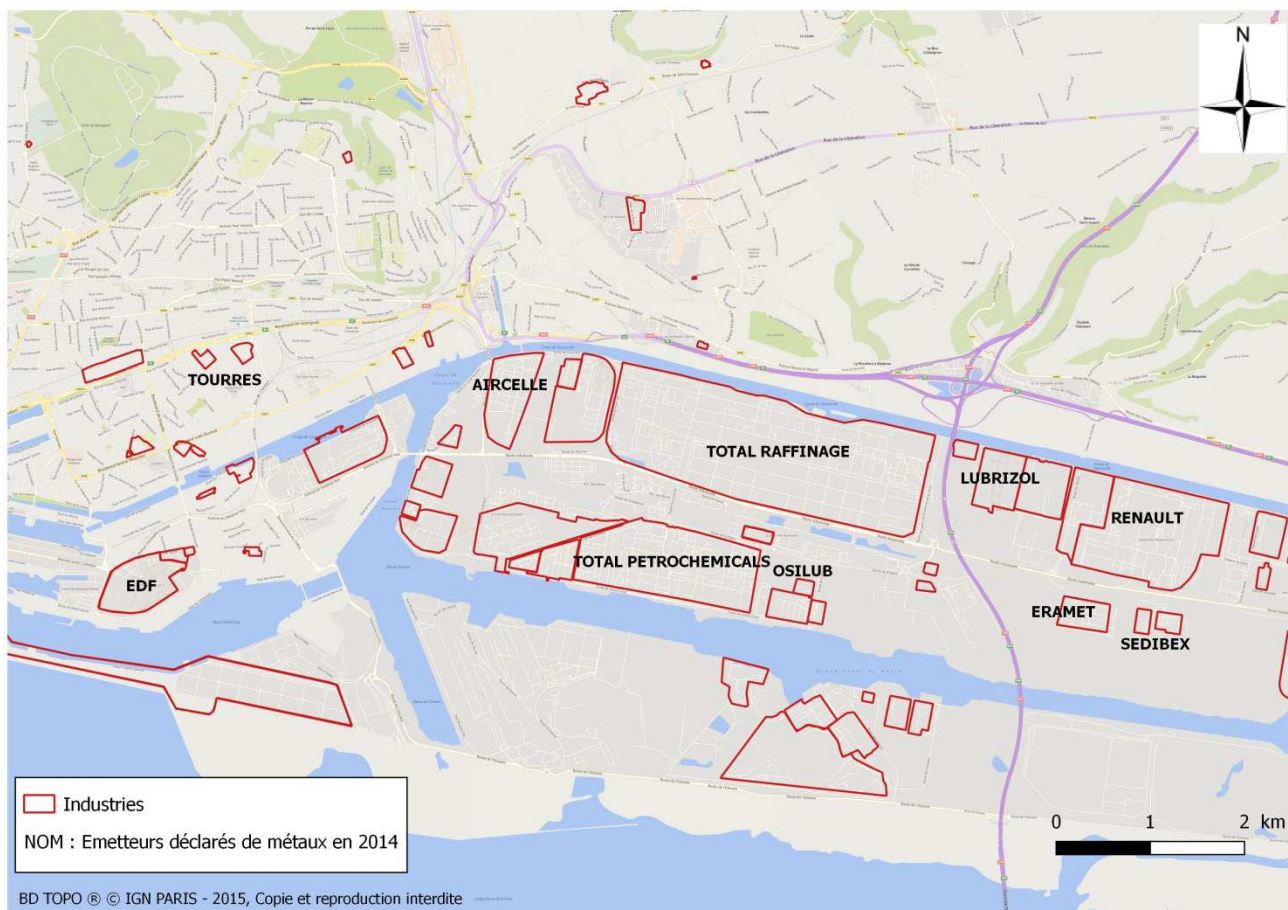
- Chlorures et fluorures particuliers, gazeux, totaux : dans le cadre de cette étude, on distingue les résultats de mesure dans les deux phases : particulaire et gazeuse. La somme des deux phases particulaire et gazeuse correspond aux chlorures ou fluorures totaux. Précisons que les chlorures d'origine marine (embruns) se trouvent majoritairement dans la phase particulaire des chlorures. Au contraire, les acides fluorhydrique (HF) et chlorhydrique (HCl) présents dans les émissions d'EDF, se retrouvent majoritairement dans les phases gazeuses respectives des fluorures et des chlorures. Néanmoins, la température ambiante peut avoir une influence sur cette répartition entre la phase gazeuse et la phase particulaire.
- Métaux particuliers : Pour les métaux, seule la phase particulaire est prélevée et analysée. C'est en effet dans cette phase que se retrouvent majoritairement les métaux présents dans l'air ambiant (à l'exception du mercure qui n'est pas mesuré ici¹).

¹ Air Normand réalise des mesures de mercure gazeux en zone industrielle du Havre dans le cadre d'une autre étude intitulée "programme complémentaire de surveillance des pollutions industrielles autour de la zone industrielle du Havre pour les années 2013, 2014, 2015" [1].

3.2. Contexte

Plusieurs émetteurs de métaux et d'acides chlorhydrique (HCl) et fluorhydrique (HF) dans l'air sont déclarés sur la zone industrielle du Havre et EDF en fait partie (cf. Tableau 1).

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).



Élément	Emetteurs déclarés en 2014 (source : IREP)
Sb	TOTAL RAFFINAGE, SEDIBEX, LUBRIZOL, AIRCELLE, EDF, OSILUB
Co	TOTAL RAFFINAGE, TOURRES, SEDIBEX, LUBRIZOL, EDF, OSILUB
Mn	TOTAL PETROCHEMICALS
Ni	TOTAL RAFFINAGE, ERAMET, TOTAL PETROCHEMICALS
V	TOTAL RAFFINAGE, TOTAL PETROCHEMICALS, EDF
Zn	RENAULT
HCl	EDF
HF	EDF (2013)

Tableau 1 : Emetteurs déclarés des métaux, d'HCl et HF sur la zone industrielle du Havre en 2014

Des mesures de 14 métaux particuliers et de chlorures et fluorures ont commencé à la station de Gonfreville l'Orcher en novembre 2010. Les données de 2011 à 2014 ont été présentées dans des rapports d'étude annuels [2, 3, 4, 5] disponibles sur www.airnormand.fr.

Les principales conclusions des années antérieures à 2015 étaient :

- Le respect de la valeur limite pour le plomb,
- Le respect des valeurs cibles pour les métaux: arsenic, nickel et cadmium.
- Le respect de la valeur limite allemande (prise comme référence en l'absence de valeur limite française) pour les chlorures totaux.
- Le respect de la valeur guide recommandée par l'OMS (prise en l'absence de valeur limite à laquelle se référer) pour les fluorures totaux.
- La mise en évidence d'une tendance à la baisse entre 2011 et 2014 pour l'arsenic, le nickel et le vanadium vraisemblablement liée à des arrêts d'unités industrielles ou des améliorations des émissions des unités restantes sur la zone industrielle du Havre.
- La part des émissions de la centrale EDF sur les métaux et les chlorures n'a pas pu être quantifiée par rapport à celle des autres émetteurs de la zone industrielle du Havre.

Depuis 2011, première année de mesure, les activités de la centrale EDF ont évoluées. En effet, en 2011 et 2012, les 3 tranches de la centrale étaient en exploitation (mais la tranche 2 a peu fonctionné en 2012 suite à un incendie). Au 1^{er} mars 2013, la tranche 1 a été définitivement arrêtée et au 1^{er} juillet 2013, c'est la tranche 2 qui a cessé son activité.

Depuis juillet 2013, seule la tranche 4, était en exploitation. Elle a été arrêtée pour rénovation profonde à partir du 15 mars 2014. Ainsi, sur l'année 2014, la tranche 4 de l'Unité de Production n'a fonctionné que du 1^{er} janvier au 15 mars 2014. Les émissions de la Centrale thermique ont donc été très réduites en 2014 par rapport aux années précédentes. Néanmoins cette diminution n'est pas discernable sur les concentrations en métaux et en chlorures mesurées à la station de Gonfreville l'Orcher en 2014 ce qui suggère que l'impact de la centrale est faible pour ces composés au niveau de ce site.

En 2015, après plusieurs mois de fonctionnement en essais de requalification, la tranche 4 de l'Unité de Production a été remise en service industrielle le 26 octobre 2015, puis elle a été de nouveau arrêtée du 20 au 31 décembre 2015. Ainsi, sur l'année 2015, la tranche 4 de l'Unité de Production a essentiellement fonctionné sur 2 périodes : mars à mai et novembre à décembre, soit 2240h de fonctionnement contre 940h en 2014. Les émissions de la centrale thermique sont donc, de ce fait, plus importantes en 2015 qu'en 2014.

3.3. Approche choisie

Les mesures sont réalisées dans la continuité des années précédentes (site, méthodes de mesure). En effet, il est utile de disposer de séries temporelles suffisamment longues dans les mêmes conditions pour appréhender de façon globale les phénomènes et les tendances.

L'analyse des données consiste en une confrontation des résultats avec des valeurs de référence ou d'autres mesures réalisées.

3.4. Matériel

Les prélèvements sont effectués par Air Normand sur un pas de temps hebdomadaire avec des appareils de prélèvement à bas débit (1 m³/h) effectuant une coupure granulométrique des particules à 10 microns (appareil PARTISOL spéciation pour les chlorures et fluorures, appareil PARTISOL PLUS pour les métaux).

Pour les chlorures et fluorures :

La séparation des chlorures et fluorures gazeux et particulaires se fait au moyen d'un prélèvement sur support à 2 étages :

- sur un filtre en PVC qui stoppe les chlorures provenant des embruns et l'acide chlorhydrique sous forme de gouttelettes, ainsi que les fluorures solubles et insolubles, et l'acide fluorhydrique sous forme de gouttelettes,
- sur un filtre de quartz imprégné d'une solution de carbonate de sodium, qui stoppe les acides chlorhydrique et fluorhydrique sous forme gazeuse.

Pour les métaux particulaires :

Les prélèvements des métaux particulaires sont effectués sur filtres en fibre de quartz.

3.5. Méthode

3.5.1. Méthode de mesure pour les chlorures et fluorures

- En l'absence de norme sur la mesure en air ambiant, c'est la méthode de l'INRS qui est suivie. Cette méthode de mesure des fluorures et chlorures présents sous forme de gaz et d'aérosols dans l'atmosphère des lieux de travail est décrite dans la fiche INRS 009.
- Une séparation des phases gazeuses et particulaires est effectuée. Le résultat final des chlorures et fluorures totaux est la somme des phases gazeuses et particulaires.
- Les échantillons (filtres) sont envoyés après prélèvement au laboratoire de Rouen ALPA CHIMIES (49 rue Mustel, B.P. 4063, 76022 Rouen Cedex 3) pour être analysés. Ce laboratoire a été choisi, en raison de son expérience sur les analyses de fluorures et chlorures en atmosphère des lieux de travail (accréditation COFRAC).

3.5.2. Méthode d'interprétation des résultats de chlorures et fluorures

Pour l'interprétation des résultats, il n'existe pas à l'heure actuelle de réglementation européenne sur les chlorures et fluorures dans l'air ambiant. En l'absence d'un seuil de référence européen ou français, les résultats de cette étude sont comparés à la valeur réglementaire allemande TA Luft pour les chlorures totaux, et à la valeur recommandée par l'OMS² pour les fluorures totaux, ainsi qu'aux résultats sur d'autres régions.

3.5.3. Méthode de mesure pour les métaux particulaires

La mesure des métaux dans l'air ambiant suit la norme NF EN 14902 de décembre 2005 (pour As, Cd, Ni, Pb) dans la fraction particulaire inférieure à 10 microns. Elle est étendue aux autres métaux.



Figure 1 : Exemple de photos de filtres (à gauche un filtre après prélèvement des poussières PM₁₀, à droite un filtre vierge)

² Dans le document : « OMS (2000) - Air Quality Guidelines for Europe. Copenhagen. 2nd », l'OMS recommande le seuil de 1 µg/m³ pour la protection des animaux et des plantes et indique que ce seuil est suffisant pour la protection de la santé humaine.

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.

3.5.4. Méthode d'interprétation des résultats de métaux particuliers

L'interprétation des résultats des métaux dans l'air ambiant se fait par rapport à une valeur cible annuelle pour arsenic, nickel et cadmium et par rapport à une valeur limite annuelle pour le plomb (réglementation européenne transcrite par décret n°2010-1250 – 21 octobre 2010). Il n'existe pas à l'heure actuelle de réglementation européenne sur les autres métaux dans l'air ambiant. En l'absence d'un seuil de référence européen ou français, les résultats de cette étude sont comparés aux résultats obtenus sur d'autres sites de mesures.

3.5.5. 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 pour chaque type de mesures à chaque période d'échantillonnage. Il permet de contrôler si une éventuelle pollution a eu lieu lors des étapes de préparation, transport, manipulation, analyse.

3.6. Origine des données

Les données de pollution utilisées dans le présent rapport proviennent des résultats d'analyses du laboratoire de Rouen – Alpa Chimies suite aux prélèvements effectués par Air Normand

Les données de météorologie proviennent des capteurs d'Air Normand (de Renault Sandouville et de Caucriauville).

Les données d'émissions de métaux, d'HCl et HF proviennent de l'IREP et d'EDF.

Les résultats (métaux et fluorures-chlorures) du site de mesures d'Air Normand de Gonfreville l'Orcher sont comparés à d'autres sites de mesures d'Air Normand (Le Havre centre, Rouen centre, Evreux, Saint Saëns et Grand Couronne).

3.7. Limites

Il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur cible ni limite réglementaire française sur laquelle s'appuyer pour interpréter les résultats de chlorures, fluorures dans l'air ambiant, ni sur les métaux particuliers suivants dans l'air ambiant : Antimoine, Chrome, Cobalt, Cuivre, Etain, Manganèse, Vanadium, Sélénium, Tellure, Zinc.

En 2015, la moyenne annuelle pour le chrome a été obtenue sur un nombre de résultats restreints du fait de l'invalidation des données des semaines 1 à 17 à cause de l'utilisation en début d'année d'un lot de filtres qui contenait des traces importantes de chrome.

4. Déroulement

4.1. Période de mesure

La campagne de mesure s'effectue tout au long de l'année 2015, avec un pas de temps hebdomadaire, dans la continuité des mesures commencées depuis fin 2010.

4.2. Site de mesure

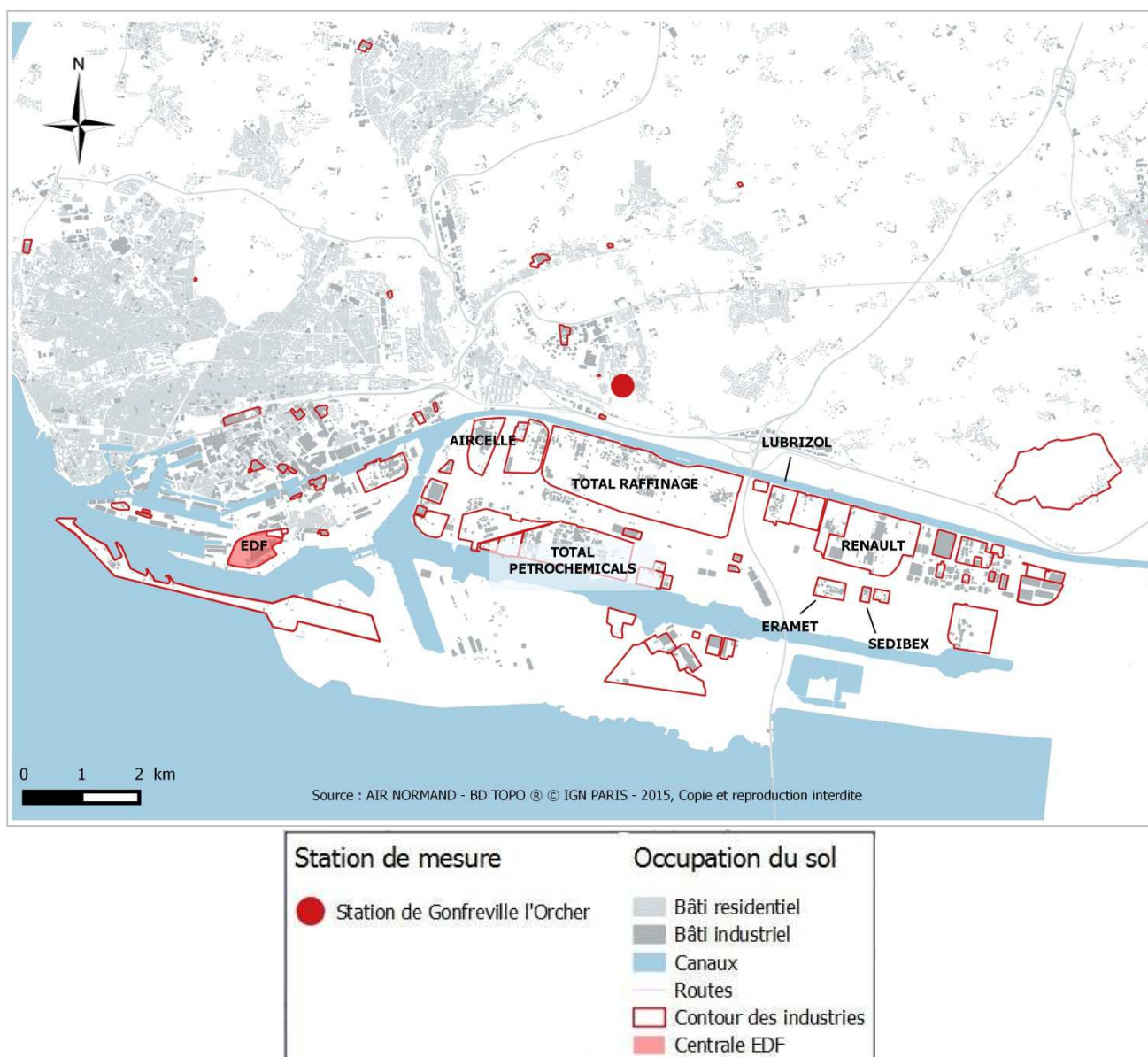


Figure 2 : Localisation du site de mesure par rapport à la centrale thermique EDF

Le site de mesure (station de Gonfreville l'Orcher) des métaux particuliers et des fluorures et chlorures a été choisi, en concertation avec EDF, sous les vents dominants de sud-ouest de la centrale thermique EDF. Ce site se trouve en zone habitée et à une distance de 7 km de la centrale (voir Figure 2). Ce choix du site s'appuie sur une modélisation de la dispersion des émissions de SO_2 de la centrale thermique. En effet, sur l'agglomération havraise ce site est celui sur lequel l'impact relatif des émissions de SO_2 de la centrale EDF était apparu le plus significatif dans le cadre d'une étude de modélisation du dioxyde de soufre menée par la société ARIA Technologies dans le cadre du Plan de Protection d'Atmosphère du Havre (approuvé le 26 février 2007).

4.3. Roses des vents 2015

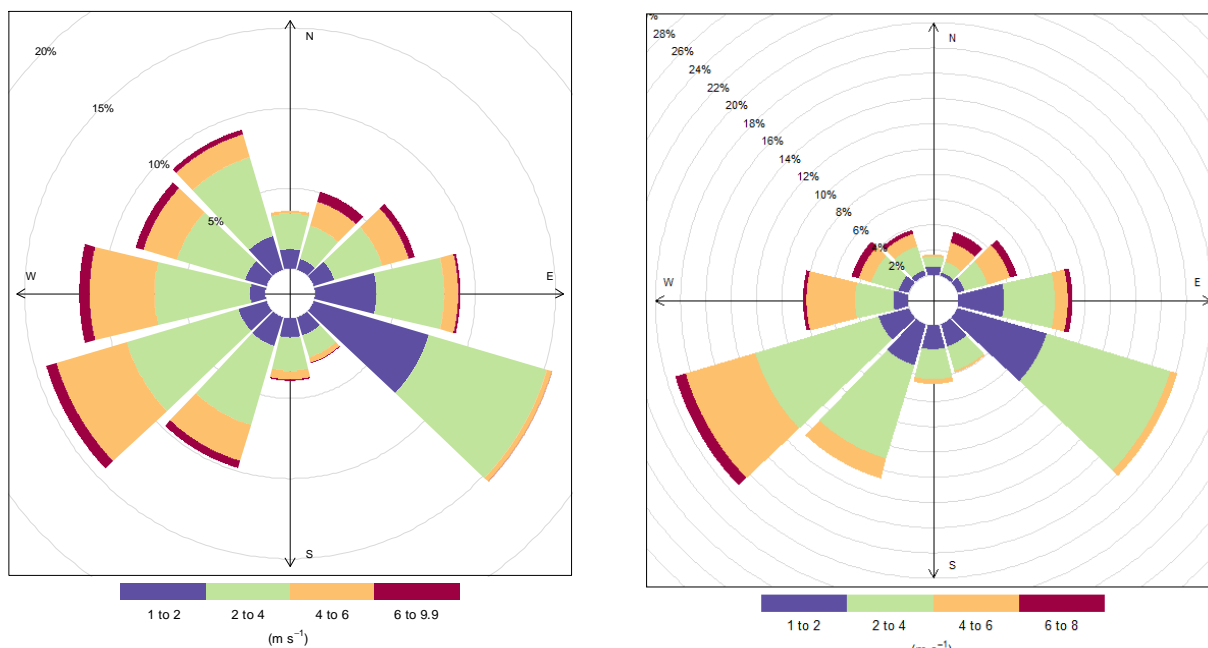


Figure 3 : Rose des vents annuelle 2015 à gauche et durant les jours de fonctionnement de la centrale EDF à droite (Station météo d'Air Normand de Renault Sandouville)

En 2015, la station de Gonfreville l'Orcher a été globalement sous les vents de la centrale EDF durant 14 % de l'année (secteur 205° à 245°).

Sur les mois de fonctionnement de la centrale EDF (du 1^{er} avril au 4 mai 2015 et du 26 octobre au 20 décembre 2015), la station de Gonfreville s'est retrouvée sous les vents d'EDF pendant 19% du temps.

5. Résultats

5.1. Résultats bruts

- Chlorures et fluorures (particulaires, gazeux, totaux) :

Les résultats d'analyses fournis par le laboratoire sont exprimés en $\mu\text{g}/\text{filtre}$. Ils sont disponibles sur simple demande auprès d'Air Normand (demande à envoyer à contact@airnormand.fr) Ces résultats sont ensuite exprimés par Air Normand en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en divisant par le volume échantillonné.

- Métaux particuliers: Antimoine, Arsenic, Cadmium, Chrome, Cobalt, Cuivre, Etain, Manganèse, Nickel, Plomb, Vanadium, Sélénium, Tellure, Zinc

Les résultats d'analyses fournis par le laboratoire sont exprimés en ng/filtre . Ils sont disponibles sur simple demande auprès d'Air Normand (demande à envoyer à contact@airnormand.fr) Ces résultats sont ensuite exprimés par Air Normand en ng/m^3 en divisant par le volume échantillonné.

5.2. Résultats transformés

- Résultats des 14 métaux (années 2011 à 2015) en ng/m³

Gonfreville l'Orcher	Moyenne (ng/m ³)					Maximum hebdomadaire (ng/m ³)					Valeur cible ou limite annuelle	
	Année	2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014		2015
Antimoine		1.0	0.7	0.7	1.0	0.63	2.5	1.6	1.9	4.9	1.21	
Arsenic		0.5	0.4	0.3	0.4	0.28	3.4	1.3	1.1	1.7	0.73	6
Cadmium		0.1	0.1	0.1	0.2	0.07	0.7	0.4	0.4	0.5	0.24	5
Chrome		1.8	1.6	2.1	2.5	1.51	4.4	3.5	3.7	4.8	2.68	
Cobalt		0.3 (LQ)	0.3	0.3	0.2	0.17	0.6	0.4	0.4	0.4	0.80	
Cuivre		4.9	5.2	4.5	4.1	3.61	11.0	15.0	13.8	14.6	9.03	
Etain		1.9	2.0	2.6	3.1	1.39	8.3	4.5	29	73.1	3.25	
Manganèse		4.2	3.4	3.9	3.1	3.26	15.7	11.3	13.2	12.2	9.28	
Nickel		6.1	4.6	4.3	5.0	2.45	16.9	13.2	10.5	12.9	6.95	20
Plomb		5.3	4.0	4.9	7.5	3.21	20.0	13.7	12.1	34.9	8.31	500
Sélénium		0.7	0.7	0.4	0.5	0.48	1.5	1.8	1.2	2.5	1.22	
Tellure		0.1 (LQ)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1 (LQ)	0.6	0.1	0.2	0.10	
Vanadium		4.5	3.4	2.6	2.6	1.09	10.8	9.6	6.5	5.8	6.05	
Zinc		22.2	20.4	18.8	28.6	12.64	71.3	88.0	41.4	147.4	23.77	

Tableau 2 : Résultats des métaux à Gonfreville de 2011 à 2015 (LQ = limite de quantification)

Les moyennes annuelles d'arsenic, cadmium, nickel et plomb sont nettement inférieures aux valeurs cibles (pour arsenic, cadmium et nickel) et limite (pour le plomb) annuelles. Ce constat est valable pour les cinq années de mesures.

L'évolution des concentrations des 14 métaux sur l'ensemble de l'année 2015 est représentée en annexe 2. Sur la base de cette évolution, les constats suivants peuvent être faits :

- En **semaine 52**, le cobalt présente un pic de concentration (à 0,8 ng/m³) alors que les concentrations le reste de l'année 2015, et les années précédentes, sont stables et de l'ordre de 0,2 ng/m³. En semaine 52, une augmentation des concentrations en manganèse et vanadium est également observée.
- Le reste de l'année, aucune évolution significative des concentrations n'est observée.

- Tendances observées sur 5 ans

L'évolution des concentrations de 2011 à 2015 pour les 14 métaux est présentée en annexe 1.

La plupart des métaux (As, Cd, Cu, Ni, Se, V et Zn) montrent une tendance significative à la baisse entre 2011 à 2015 à la station de Gonfreville (vérifiée par un test de tendance de Mann-Kendall au risque de 1%). 3 autres métaux (Sb, Mn et Pb) montrent également une tendance significative à la baisse sur les 5 années de mesures (vérifiée par un test de tendance de Mann-Kendall au risque de 5% mais pas au risque de 1%).

Pour les autres métaux (Co, Cr, Sn, et Te) les tendances sont moins nettes, ou indiquent une stabilité.

- Comparaison pour les métaux avec d'autres sites de mesure en 2015

Pour les métaux, les résultats de Gonfreville l'Orcher (en moyenne annuelle) sont comparés avec ceux des autres sites où l'on dispose des mêmes mesures en raison des problématiques locales.

Quatre métaux sont mesurés en routine aux stations du Havre centre, de Rouen centre, d'Evreux et de Saint Saëns. Les sites de du Havre centre, de Rouen centre et d'Evreux sont des sites de fond urbain. Le site de Saint Saëns est un site de fond rural.

Des mesures de l'ensemble des 14 métaux ont par ailleurs été réalisées durant l'année 2015 sur un site en bordure de la zone industrielle de Grand-Couronne.

Moyenne en ng/m ³ (en 2015)	Gonfreville	Grand Couronne	Le Havre centre	Rouen centre	Saint Saëns	Evreux
Antimoine	0.63	0.82	-	-	-	-
Arsenic	0.28	0.23	0.19	0.23	0.22	0.20
Cadmium	0.07	0.08	0.08	0.10	0.09	0.07
Chrome	1.51	1.71	-	-	-	-
Cobalt	0.17	0.15	-	-	-	-
Cuivre	3.61	9.11	-	-	-	-
Etain	1.39	0.99	-	-	-	-
Manganèse	3.26	5.58	-	-	-	-
Nickel	2.45	0.90	2.13	0.99	0.82	0.80
Plomb	3.21	3.93	2.70	3.91	3.00	2.66
Sélénium	0.48	0.41	-	-	-	-
Vanadium	1.09	0.73	-	-	-	-
Zinc	12.64	15.43	-	-	-	-

Tableau 3 : Comparaison des résultats des métaux sur les différents sites de mesures d'Air Normand

- La concentration moyenne en arsenic obtenue à Gonfreville est légèrement supérieure aux résultats obtenus sur les autres sites de mesures.
- Les concentrations en cadmium sur les différents sites de mesures sont globalement homogènes.
- Les concentrations en nickel sont plus élevées au Havre (station du Havre centre et de Gonfreville) que sur les autres sites de mesures.
- Les concentrations en plomb sur les différents sites de mesures sont globalement homogènes.
- Pour les autres métaux, les concentrations mesurées à Gonfreville l'Orcher sont comparées à celles obtenues à Grand Couronne. Elles sont globalement du même ordre de grandeur (pour Sb, Cr, Co, Sn, Se, V et Zn). Les concentrations en cuivre et manganèse sont quant à elles plus faibles à Gonfreville l'Orcher qu'à Grand Couronne.

- **Résultats des fluorures (2015) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Les concentrations hebdomadaires des fluorures particulaires et gazeux sont toutes inférieures à la limite de quantification ($4 \mu\text{g}/\text{filtre}$ soit $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$) durant toute l'année 2015. La valeur guide annuelle de l'OMS³ : $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les fluorures totaux est donc largement respectée.

A titre de comparaison, les concentrations des fluorures gazeux et particulaires obtenues sur le site de Grand Couronne sont également toutes inférieures à la limite de quantification en 2015.

- **Résultats des chlorures (années 2011 à 2015) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

En l'absence de valeur limite, les concentrations en chlorures sont comparées à la valeur limite allemande. La synthèse des résultats des chlorures de 2011 à 2015 est présentée dans le Tableau 4.

Gonfreville l'Orcher	Moyenne (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)					Maximum (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)					Valeur réglementaire TA Luft annuelle	
	Année	2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014		2015
Chlorures particulaires		1,51	1,36	1,32	1,32	1.57	3,71	5,44	3,84	4,26	3.27	
Chlorures gazeux		0,47	0,38	0,45	0,54	0.40	1,24	1,68	1,33	1,89	1.08	
Chlorures totaux		1,98	1,74	1,77	1,86	1.97	4,95	7,12	5,17	6,15	4.35	100

Tableau 4 : Résultats des chlorures à Gonfreville

La moyenne annuelle des chlorures totaux est nettement inférieure au seuil de la valeur limite annuelle allemande. Ce constat est valable pour les cinq années de mesures. La moyenne annuelle des chlorures particulaires en 2015 est légèrement plus élevée qu'en 2014. Cependant, l'évolution des moyennes annuelles sur les 5 années de mesures ne met pas en évidence de tendance significative à la baisse ou à la hausse.

³ Dans le document : « OMS (2000) - Air Quality Guidelines for Europe. Copenhagen. 2nd », l'OMS recommande le seuil : $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la protection des animaux et des plantes et indique que ce seuil est suffisant pour la protection de la santé humaine.

A titre de comparaison, la moyenne annuelle en chlorures gazeux à Gonfreville est équivalente à celle obtenue sur le site de Grand Couronne en 2015 (à savoir $0,40 \text{ g/m}^3$). Par contre, la moyenne annuelle en chlorures particuliers à Gonfreville est plus élevée qu'à Grand Couronne ($0,73\text{g/m}^3$).

- Profil annuel des chlorures

Les chlorures sont habituellement composés majoritairement de chlorures particuliers (voir Figure 4). Pendant la période « estivale » de 2015, la concentration en chlorures gazeux augmente tandis que celle des chlorures particuliers diminue. Néanmoins ces augmentations ne semblent pas en lien avec les périodes de fonctionnement de la centrale EDF.

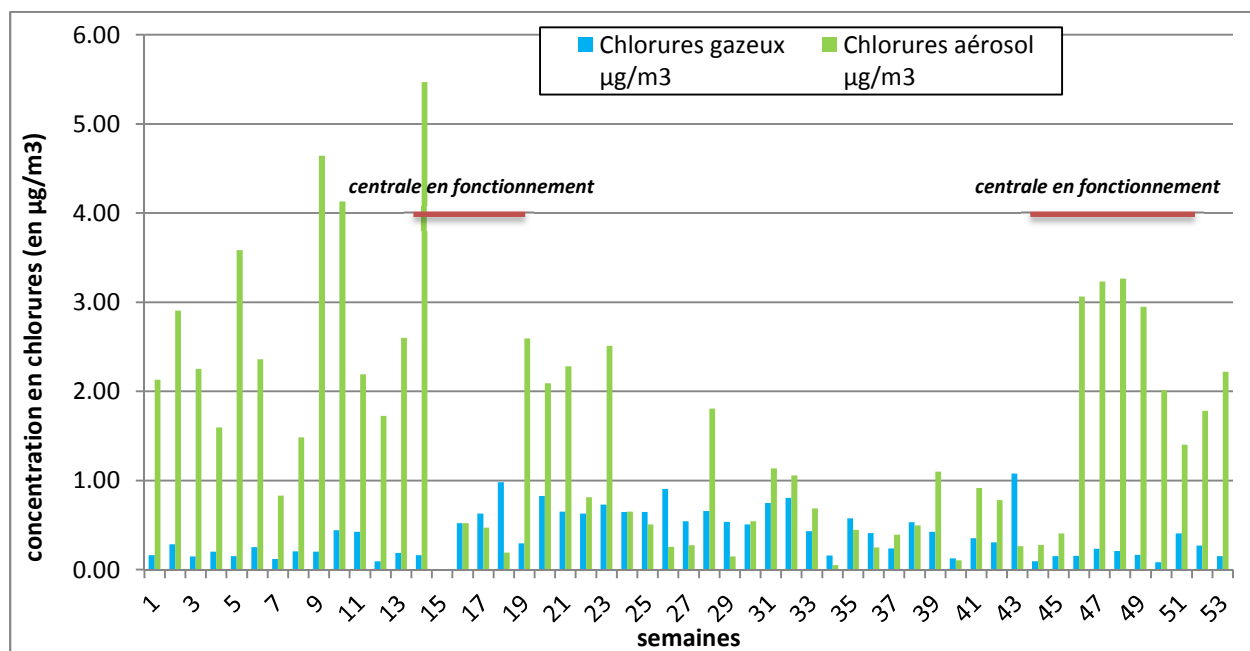


Figure 4 : Résultats hebdomadaires des chlorures en 2015 à Gonfreville l'Orcher

6. Interprétation des résultats et discussion

Comparaison des concentrations de métaux, fluorures et chlorures à Gonfreville l'Orcher par rapport aux seuils réglementaires existants ou valeurs de référence :

Les mesures de métaux réalisées en 2015 permettent de conclure au respect des valeurs cibles et limite annuelles pour les métaux réglementés dans l'air ambiant (As, Cd, Ni, Pb). C'était déjà le cas lors des 4 années précédentes.

Les concentrations en fluorures sont, en 2015, toujours inférieures de la limite de quantification (c'est un cas très fréquent depuis le début de la surveillance en 2011). Les concentrations en fluorures sont donc, a fortiori, inférieures à la valeur guide annuelle de l'OMS.

Les concentrations en chlorures mesurées à Gonfreville l'Orcher sont largement inférieures au seuil allemand préconisé pour les chlorures totaux (en 2015 comme depuis le début de la surveillance en 2011).

Comparaison des concentrations de métaux à Gonfreville l'Orcher par rapport à d'autres sites de mesures :

La comparaison avec d'autres sites est limitée par le fait que toutes les stations de mesure ne mesurent pas toutes l'ensemble des métaux. En effet, en dehors des polluants réglementés, le choix des substances mesurées dépend des problématiques locales.

Cette comparaison avec les autres sites permet cependant de tirer les conclusions suivantes :

- Certains métaux sont légèrement plus présents à Gonfreville qu'au Havre centre : arsenic, nickel et plomb. La centrale EDF représente l'un des émetteurs potentiels pouvant impacter le site de Gonfreville l'Orcher. Cependant il n'est pas le seul, car la station de Gonfreville peut également se retrouver sous les vents de la zone industrielle et de ses nombreux émetteurs (raffinerie, incinérateurs, verrerie, production d'engrais, etc.).
- Le nickel est plus présent sur le secteur du Havre (stations du Havre centre et de Gonfreville) que sur les autres sites de mesure de la région. Cette constatation est cohérente avec la présence au Havre d'industries émettrices de nickel dont on ne retrouve pas l'équivalent dans les agglomérations de Rouen ou Evreux notamment (raffinerie⁴, centrale thermique et production de nickel).
- Les concentrations en cuivre et manganèse sont quant à elles plus faibles à Gonfreville qu'à la station de Grand Couronne. Les multiples activités de l'environnement industriel et portuaire présentes autour du site de Grand Couronne peuvent expliquer cette différence.

Evolution des concentrations de métaux sur l'année 2015 :

En **semaine 52**, le cobalt présente un pic de concentration (à $0,8 \text{ ng/m}^3$) alors que les concentrations le reste de l'année 2015, mais également les années précédentes, sont stables et de l'ordre de $0,2 \text{ ng/m}^3$. En semaine 52, une augmentation des concentrations en manganèse et vanadium est également observée.

Lors de cette semaine 52 les vents forts provenaient majoritairement du sud-ouest voire du sud-sud-ouest (48% dans le secteur 205° - 235° selon la girouette de la station météo de Renault Sandouville / 60% dans le secteur 175° - 205° selon la girouette de la station météo de Caucriauville). Ainsi, ce pic de concentration en cobalt (associé à une augmentation du manganèse et du vanadium) pourrait être lié une activité ponctuelle d'un (ou des) émetteur(s) de la zone industrielle du Havre situé au sud-ouest / sud-sud-ouest de la station de mesure mais qui n'a pas pu être clairement identifié. Dans cette direction, les émetteurs déclarés pour le cobalt sont : EDF et la raffinerie de Normandie. La raffinerie de Normandie déclare également des émissions de vanadium mais pas de manganèse. EDF déclare des émissions de vanadium et également de manganèse.

A cette période, l'unité de production d'EDF était à l'arrêt. EDF n'est donc pas la source de ce pic de cobalt.

Durant cette semaine, les vents étaient faibles ($< 1 \text{ m/s}$) pendant 3% du temps et quelques courtes périodes d'inversion thermique sont observées. De plus, de légères pointes de SO_2 provenant de la même direction sont observées durant la semaine 52 (maximum horaires = $194 \mu\text{g/m}^3$ et maximum journalier = $78 \mu\text{g/m}^3$).

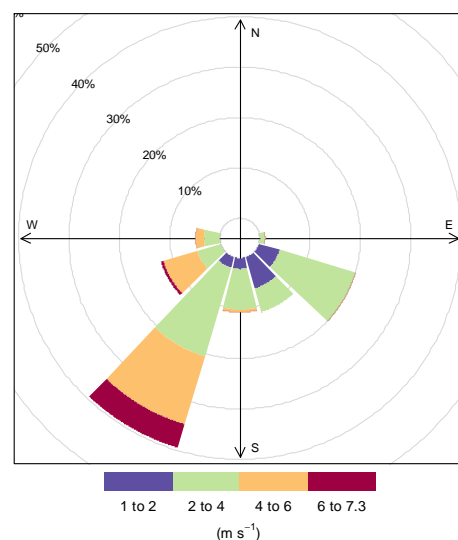


Figure 5 : rose des vents en semaine 52 (site de Renault Sandouville)

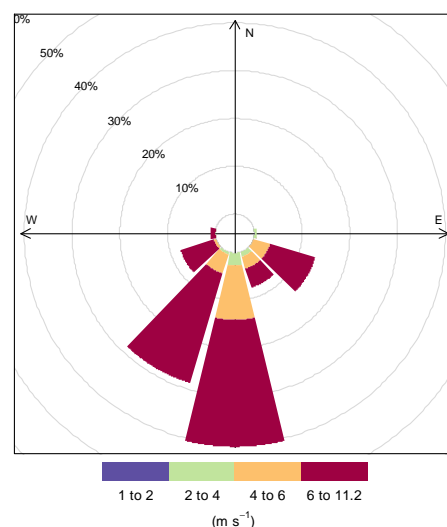


Figure 6 : rose des vents en semaine 52 (site de Caucriauville)

⁴ Arrêt de la raffinerie Pétroplus dans l'agglomération rouennaise en avril 2013.

D'après ces différents éléments, la pointe de cobalt (associée à une augmentation des concentrations en manganèse et vanadium) semble être d'origine industrielle mais l'émetteur, ou les émetteurs, n'ont pas pu être clairement identifiés.

Sur le reste de l'année 2015, aucune évolution significative des concentrations des 14 métaux n'est observée.

Evolution des concentrations de métaux de 2011 à 2015 :

L'historique des mesures sur 5 années (2011 à 2015) permet de dégager certaines évolutions. Ainsi, on constate une tendance à la baisse pour la plupart des métaux⁵. Cette baisse peut en partie être liée à des arrêts/baisses d'activités d'usines ou de tranches et/ou à une réduction progressive des émissions industrielles (liée à des changements de process / procédés de dépollution / qualité des matières premières). Cette baisse est également visible entre 2011 et 2014 sur les émissions déclarées de métaux dans l'air (cf. Tableau 5).

Les données présentées dans le Tableau 5 de 2009 à 2014 sont celles au-dessus des seuils de déclarations réglementaires (ou dans le cas où le seuil est dépassé l'année précédente). Les données d'EDF de 2014 proviennent d'une communication d'EDF. Elles sont présentées dans le Tableau 5 même si elles sont en-dessous des seuils de déclaration, sauf pour le vanadium.

Emissions dans l'air en kg/an	2009	2010	2011	2012	2013	2014
arsenic						
EDF	302	275	138	216	104	2.7*
Total Petrochemicals France	nd	32	nd	nd	nd	nd
Raffinerie de Normandie	27	nd	nd	nd	nd	nd
cadmium						
EDF	25	23	10	14	nd	nd
Total Petrochemicals France	nd	28	10	nd	nd	nd
Raffinerie de Normandie	29	nd	nd	nd	nd	nd
Tourres & Cie	20	20	11	nd	nd	nd
chrome						
EDF	419	367	138	210	94*	3.4*
Total Petrochemicals France	359	277	nd	nd	nd	nd
Tourres & Cie	104	119	nd	nd	nd	nd
cuivre						
EDF	423	443	139	196	104	3.9*
Lafarge ciment	155	nd	nd	nd	nd	nd
Total Petrochemicals France	nd	770	nd	nd	nd	nd
nickel						
EDF	710	618	214	378	135	4.3*
Eramet	358	511	54	806	691	765
Raffinerie de Normandie	3990	2300	2100	1150	1030	694
Total Petrochemicals France	1370	1220	1170	2330	nd	65

⁵ Pour les autres métaux (Co, Cr, Sn, et Te) les tendances sont moins nettes, ou indiquent une stabilité.

Tourres & Cie	70	71	nd	nd	nd	nd
manganèse						
EDF	490	886	nd	259	143*	2.7*
Total Petrochemicals France	580	1320	246	nd	nd	208
vanadium						
EDF	nd	nd	nd	nd	307	14
Lubrizol France	nd	0.013	nd	0.019	nd	nd
Raffinerie de Normandie	10300	4870	4450	3400	2370	663
Sedibex	nd	nd	nd	1,7	nd	nd
STEP Edelweiss	nd	nd	nd	0,080	nd	nd
Total Petrochemicals France	902	547	555	1160	nd	43
Tourres & Cie	nd	nd	nd	2.9	nd	nd
zinc						
EDF	894	1110	392	588	288	nd
Total Petrochemicals France	412	1450	453	413	1020	nd
Raffinerie de Normandie	302	343	318	nd	nd	nd
Lafarge ciment	nd	1100	nd	nd	nd	nd
Renault Sandouville	330	357	338	228	nd	279

Tableau 5 : Emissions déclarées de métaux entre 2009 et 2014 (IREP), "nd" = en dessous du seuil réglementaire, pas d'obligation de déclaration l'année concernée, donnée non disponible ou incorrecte (définition source : IREP)

* Source EDF.

Evolution des concentrations de métaux entre 2014 et 2015 :

Entre 2014 et 2015, les concentrations observées à Gonfreville pour la plupart des 14 métaux sont globalement en baisse. Les concentrations en cobalt, manganèse, sélénium et tellure restent quant à elles globalement stables.

Entre 2013 et 2014 les baisses d'émissions de la centrale EDF ont été significatives (-97% en moyenne), en lien avec l'arrêt d'exploitation de 3 tranches de l'unité de production. Entre 2014 et 2015, l'activité et les émissions de la centrale EDF sont en hausse (respectivement 940h et 2240h de fonctionnement). Cette évolution n'allant pas dans le même sens que celle des concentrations mesurées, on peut supposer qu'EDF ne contribue que faiblement aux teneurs en métaux mesurées sur le site de Gonfreville l'Orcher, par rapport aux autres émetteurs déclarés sur la zone industrielle. Rappelons néanmoins que la station de Gonfreville l'Orcher n'a été sous les vents de la centrale EDF que 14% du temps au cours de l'année 2015.

Evolution des concentrations de chlorures en 2015 et comparaison par rapport au site de Grand Couronne :

Même si la part de chlorures particuliers reste majoritaire par rapport aux chlorures gazeux en 2015, une augmentation de la concentration en chlorures gazeux est observée pendant la période « estivale » de 2015, tandis que celle des chlorures particuliers diminue. La température ambiante et l'ensoleillement ont une influence sur la répartition des chlorures entre la phase gazeuse et la phase particulaire. En effet, quand la température et l'ensoleillement augmente en période « estivale » les chlorures en phase particulaire tendent à devenir minoritaires par rapport aux chlorures en phase gazeuse, d'où ce profil saisonnier.

Pendant les périodes « hivernales » des chlorures d'origine marine (embruns) sont retrouvés majoritairement (phase particulière). Ainsi, les semaines où sont mesurées les concentrations les plus élevées en chlorures particuliers (semaines 9 et 14), les conditions météorologiques faisaient état de vents forts en provenance de l'ouest.

La concentration en chlorures particuliers à Grand Couronne est plus faible qu'à Gonfreville. Cette différence peut s'expliquer par la distance entre les stations et la mer. En effet, la station de Gonfreville située à quelques kilomètres de la Manche reçoit plus d'embruns marins et donc de chlorures sous forme particulière que la station de Grand Couronne qui est située beaucoup plus loin de toute source d'embruns marins.

Evolution des concentrations de chlorures de 2011 à 2015 :

L'évolution des moyennes annuelles des chlorures totaux entre 2011 et 2015 ne présente pas de tendance significative à la baisse ou à la hausse alors que dans le même temps, EDF a vu son unité de production passer de 3 à 1 tranche et ses émissions d'acide chlorhydrique diminuer (cf. tableau 6 ci-dessous). Ainsi, on peut supposer qu'EDF ne contribue que faiblement aux teneurs en chlorures totaux mesurées sur le site de Gonfreville l'Orcher.

Emissions dans l'air en tonnes/an	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Acide chlorhydrique						
EDF	880	1030	349	408	327	18,7

Tableau 6 : Emissions déclarées d'HCl entre 2009 et 2014 (IREP)

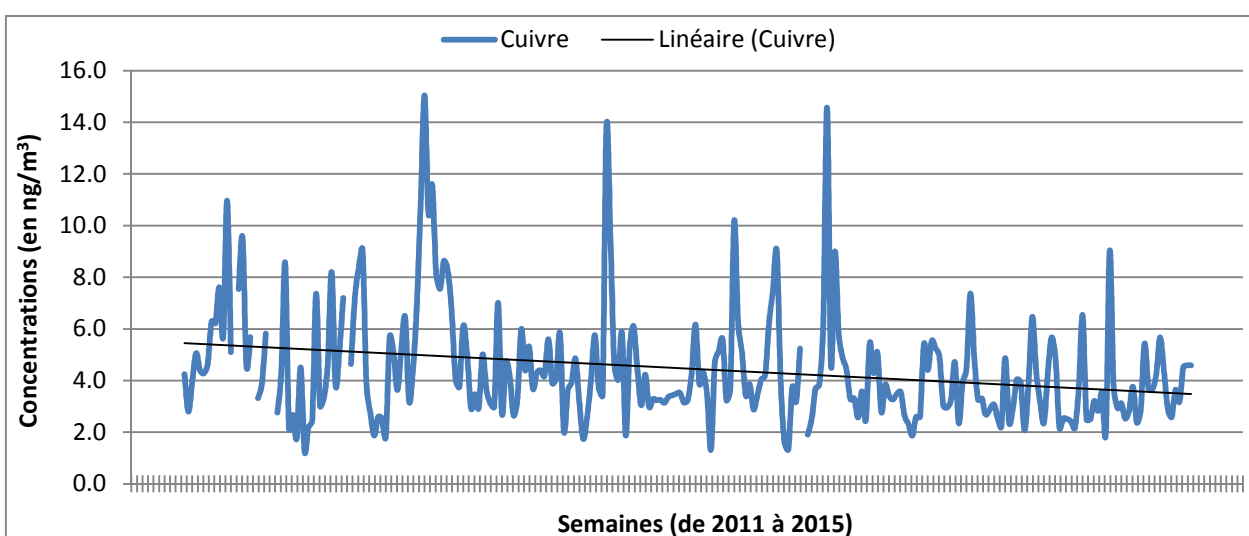
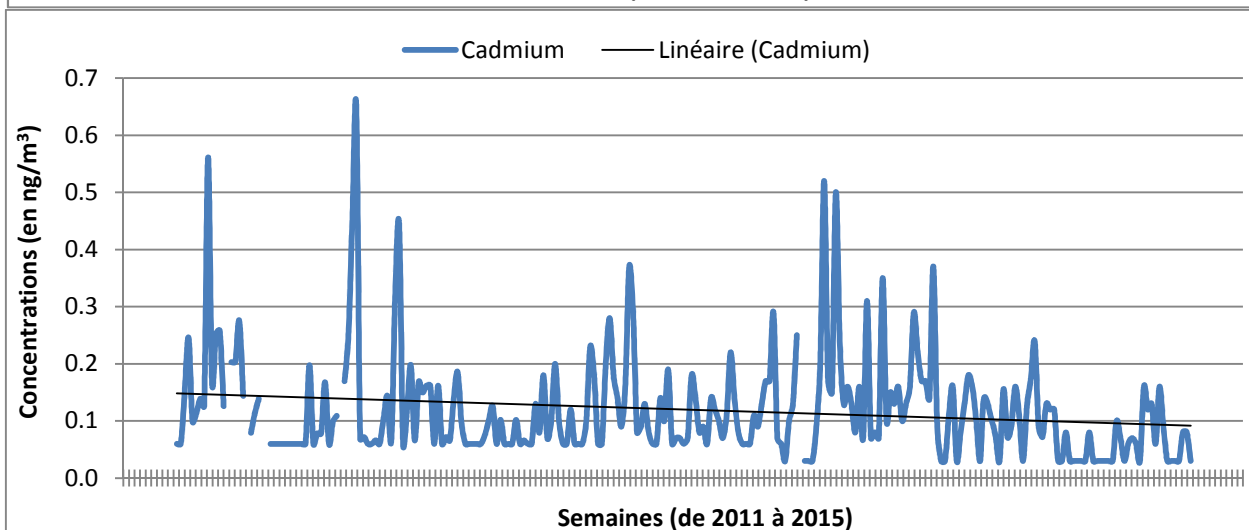
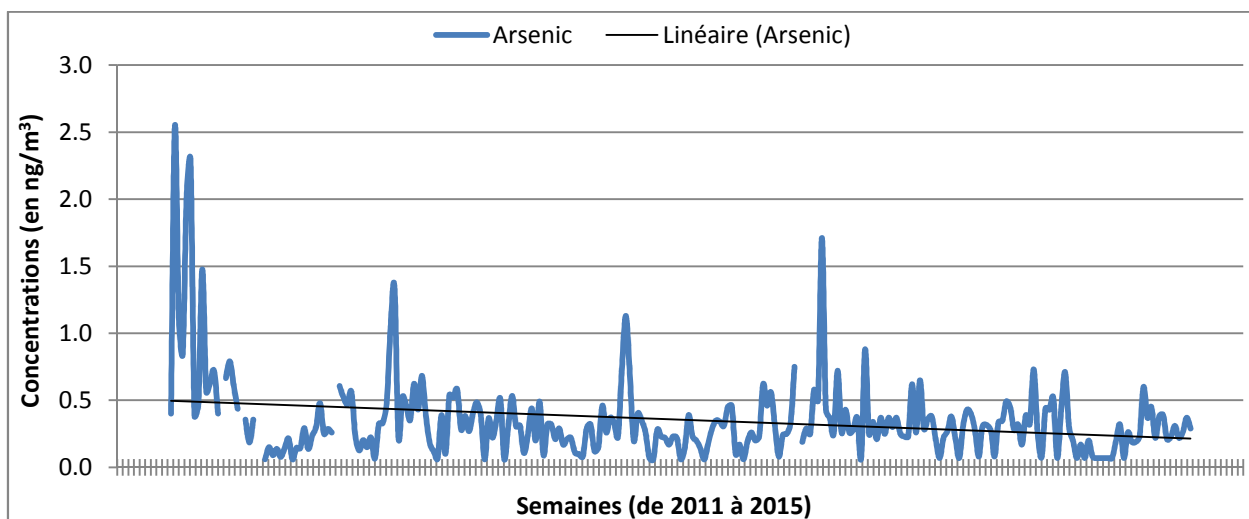
7. Conclusions

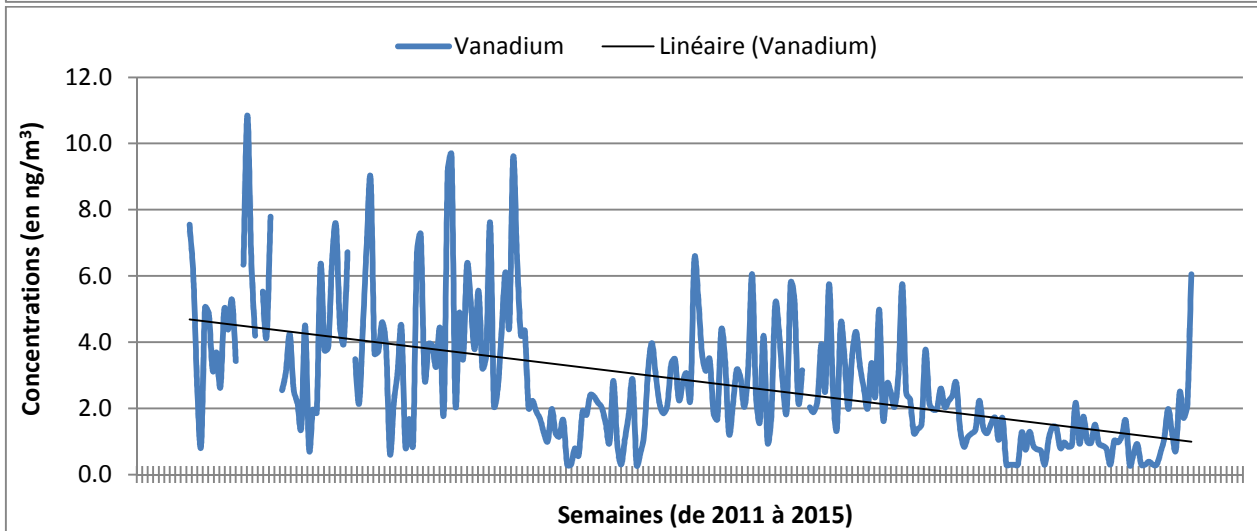
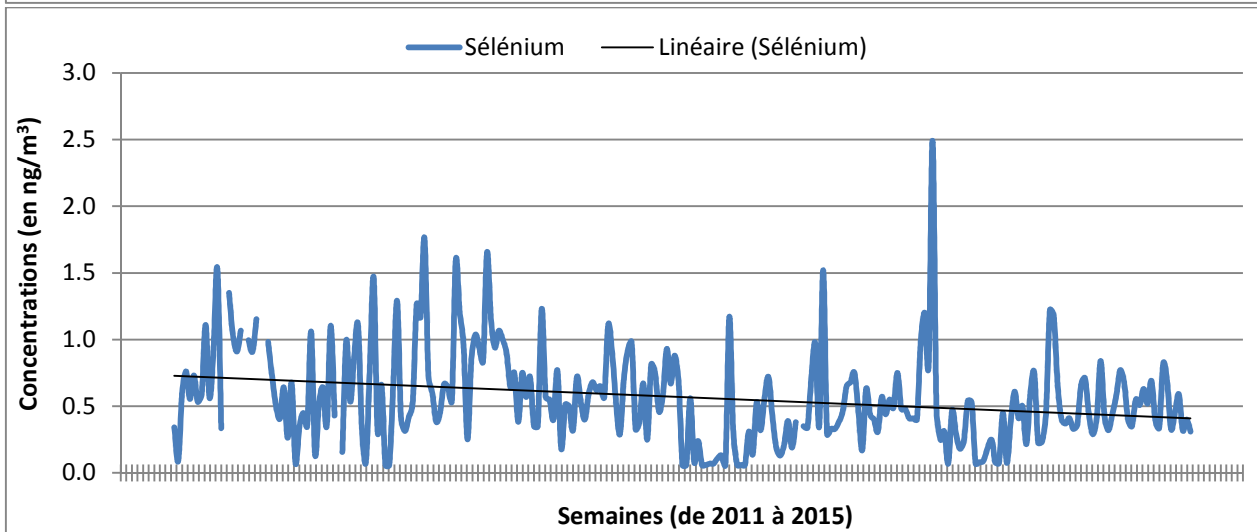
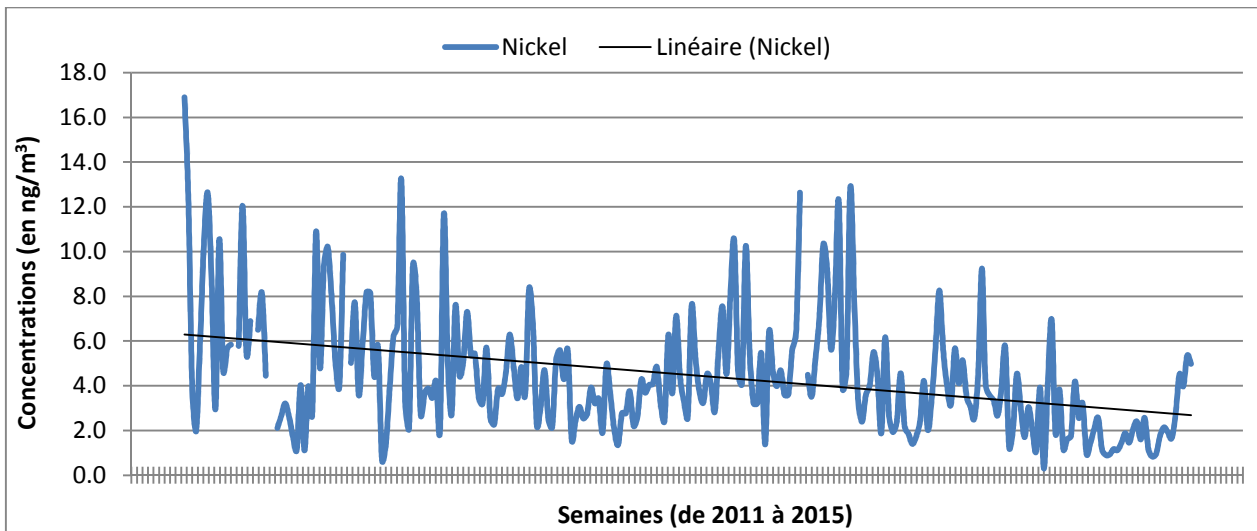
- Les données de 2015 confortent les conclusions des 4 années antérieures, à savoir le respect des valeurs cibles et limite pour les 4 métaux réglementés dans l'air ambiant (As, Ni, Cd, Pb). En l'absence de valeur réglementaire sur les chlorures et les fluorures, le respect de la valeur réglementaire allemande (pour les chlorures totaux) et de la valeur guide de l'OMS (pour les fluorures totaux) a pu être vérifié sur l'année 2015.
- Certaines évolutions sont mises en évidence sur les 5 années de mesures. Ainsi, une tendance à la baisse est observée pour la plupart des métaux (arsenic, cadmium, cuivre, nickel, sélénium, vanadium et zinc). Pour les chlorures totaux, aucune tendance significative n'est observée.
- Les concentrations en métaux mesurées à Gonfreville sont, pour la plupart des métaux, en diminution entre 2014 et 2015.
- Les concentrations en fluorures sont quant à elles inférieures à la limite de quantification durant toute l'année 2015 et ne mettent donc pas en évidence d'impact de la centrale EDF ou d'autres activités industrielles.
- La répartition des concentrations entre chlorures gazeux et chlorures particuliers montre un profil saisonnier (augmentation des chlorures particuliers en conditions « hivernales » avec des vents forts en provenance de la mer favorisant le transport des embruns marins et augmentation des chlorures gazeux en conditions « estivales » sous l'influence de l'augmentation de la température ambiante et de l'ensoleillement).
- La semaine 52 de l'année 2015 est marquée par l'augmentation des concentrations en cobalt, manganèse et vanadium. Etant données les conditions météorologiques ainsi que l'évolution des concentrations en SO₂ sur cette période, ces augmentations sont probablement liées à un phénomène ponctuel et local, en lien avec un ou plusieurs industriels de la ZI. Cependant, la source n'a pas pu être clairement identifiée.
- La centrale EDF participe faiblement aux émissions de métaux et chlorures pouvant impacter le site de Gonfreville l'Orcher, sans qu'on puisse distinguer clairement sa contribution aux concentrations mesurées dans l'air ambiant par rapport aux autres émetteurs industriels.

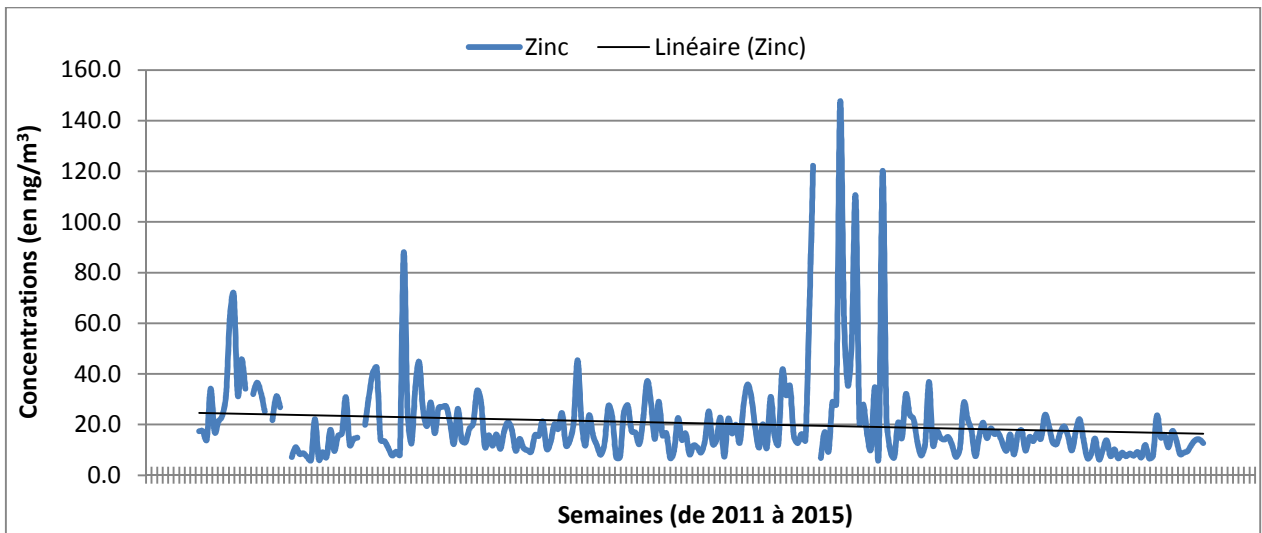
8. Pages complémentaires

8.1. Annexes

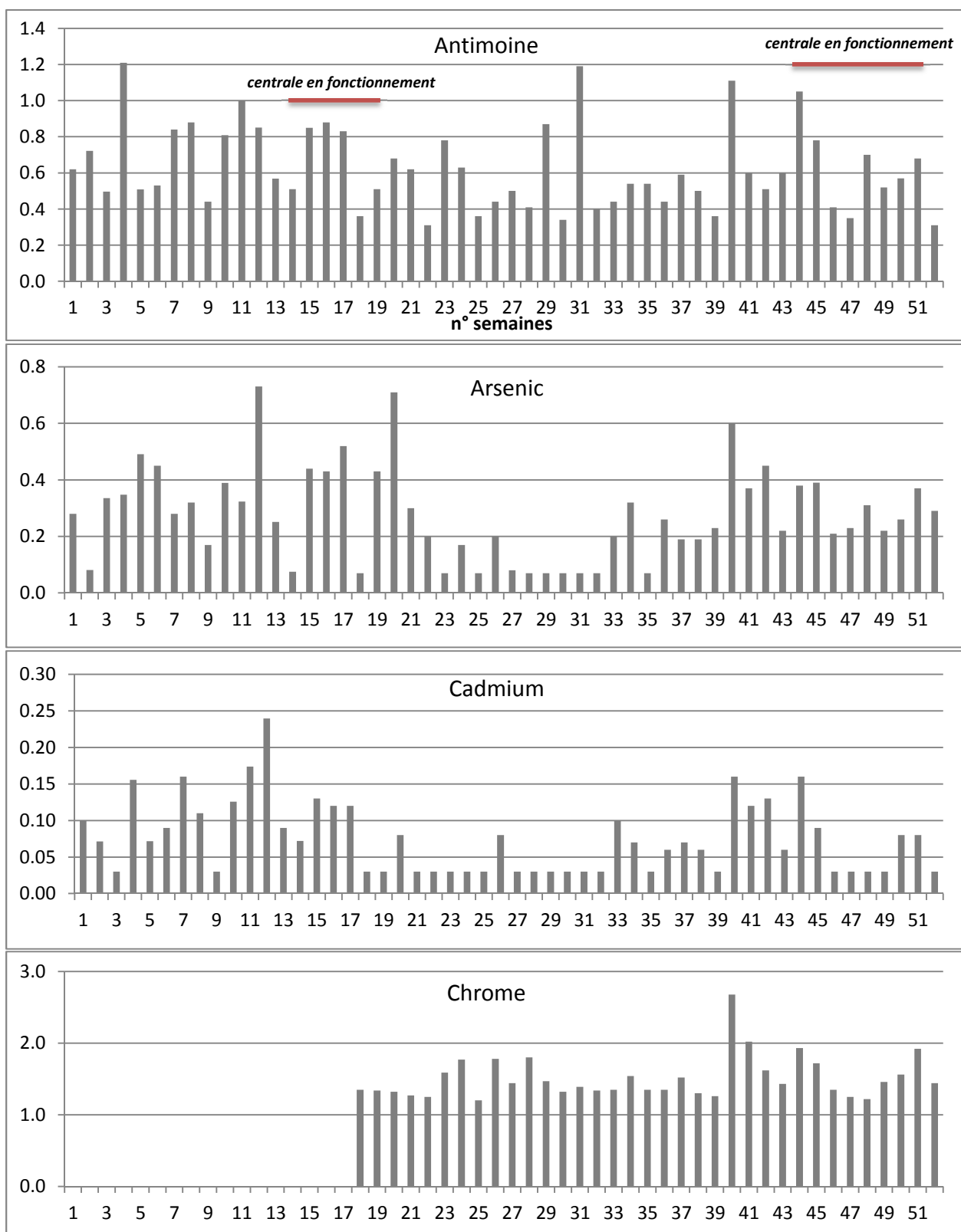
Annexe 1 : Evolution des concentrations des métaux présentant une tendance significative entre 2011 et 2015

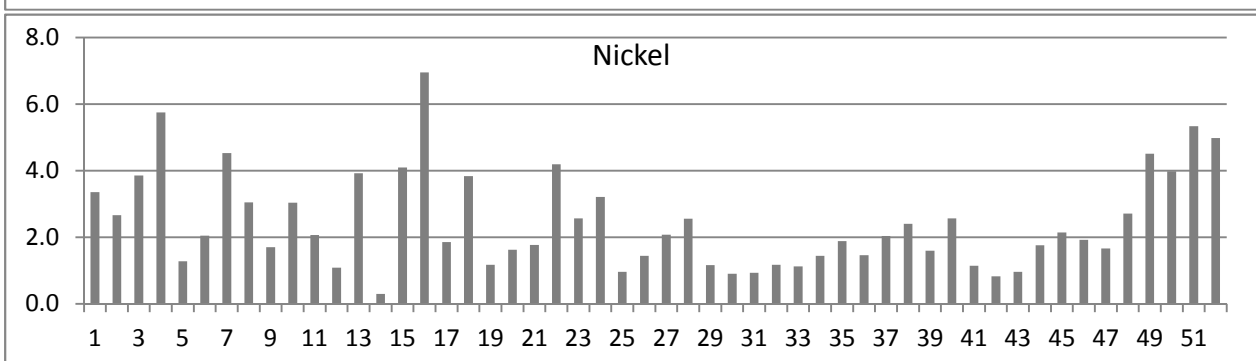
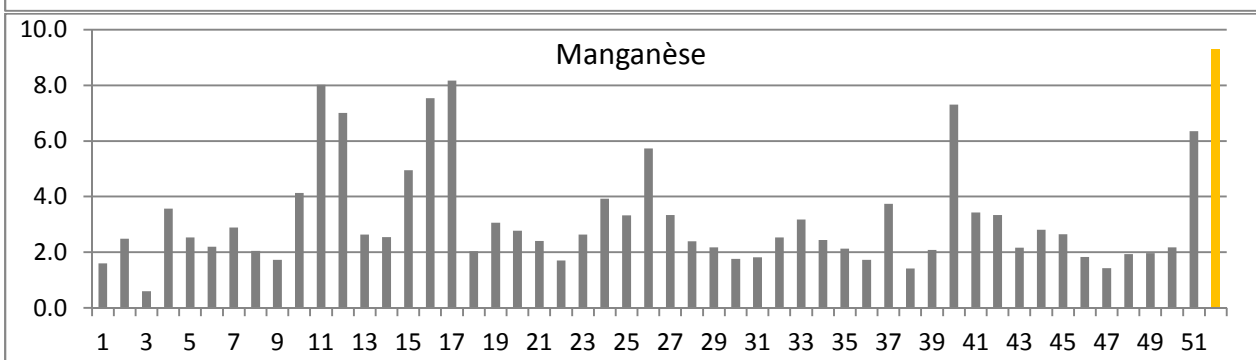
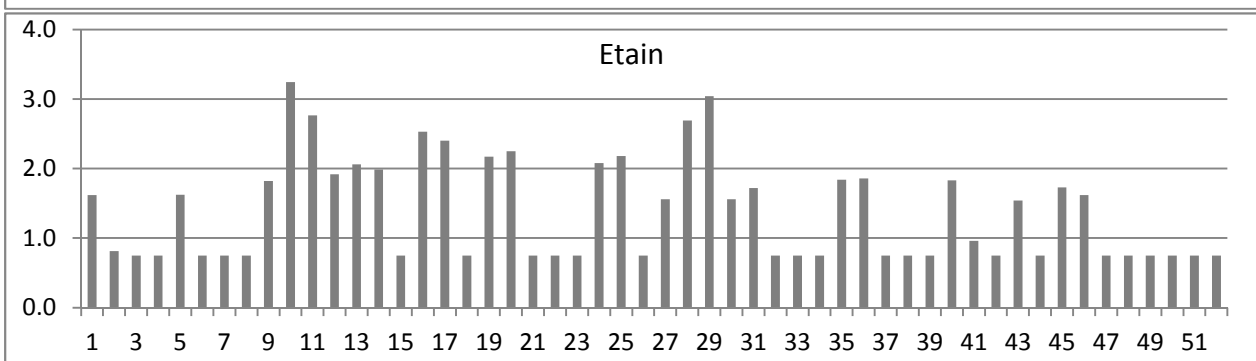
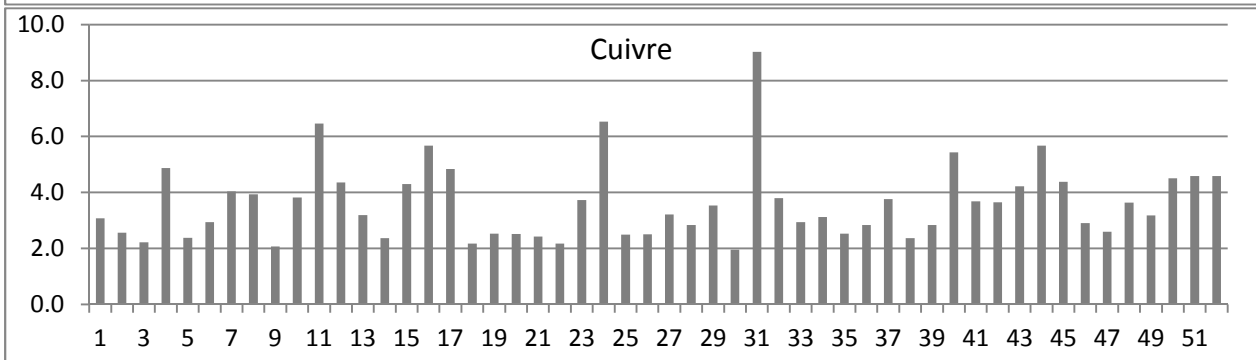
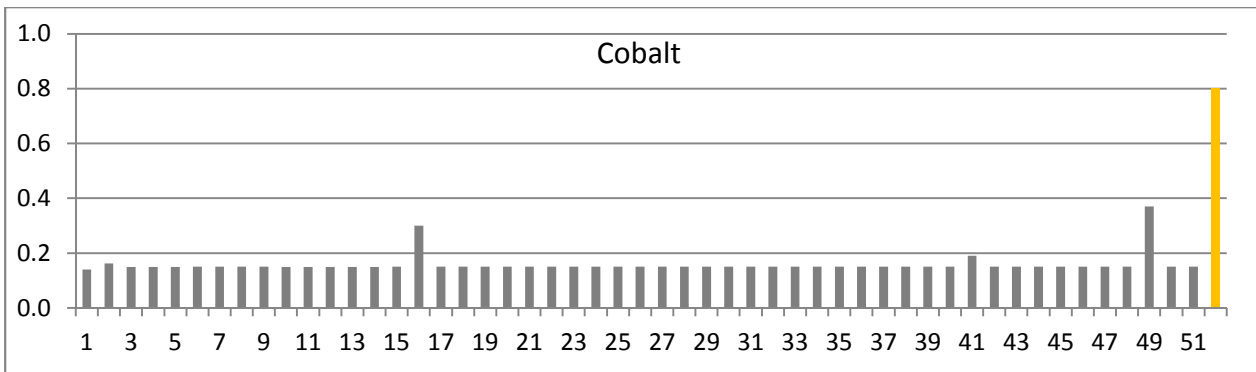


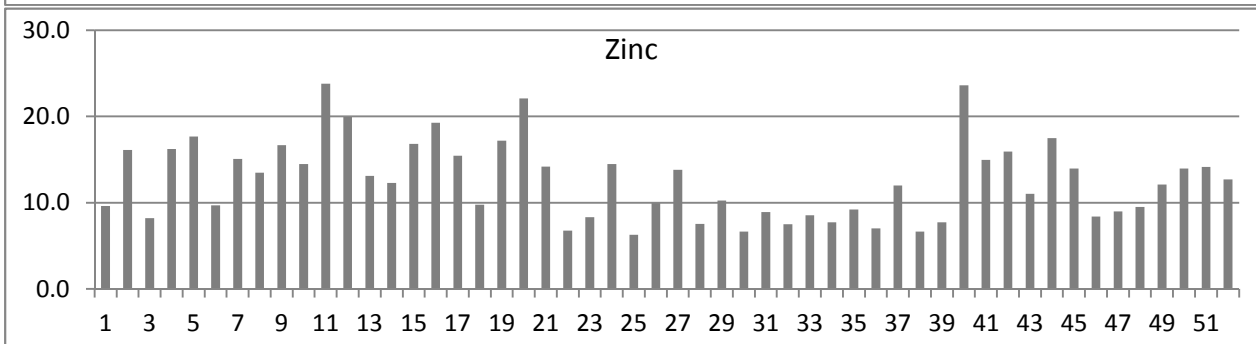
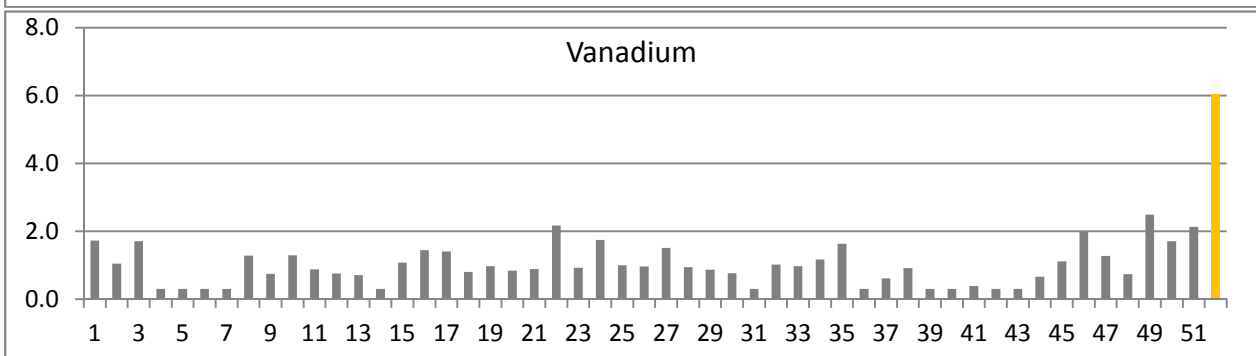
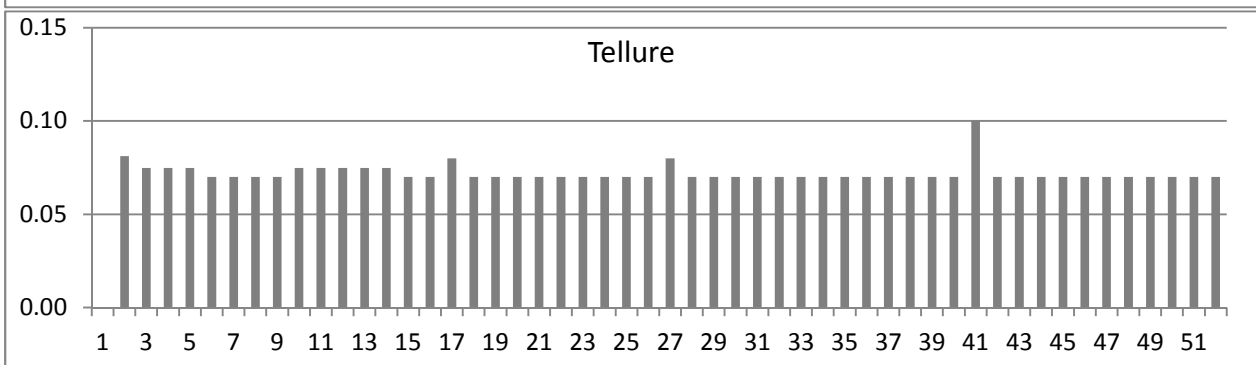
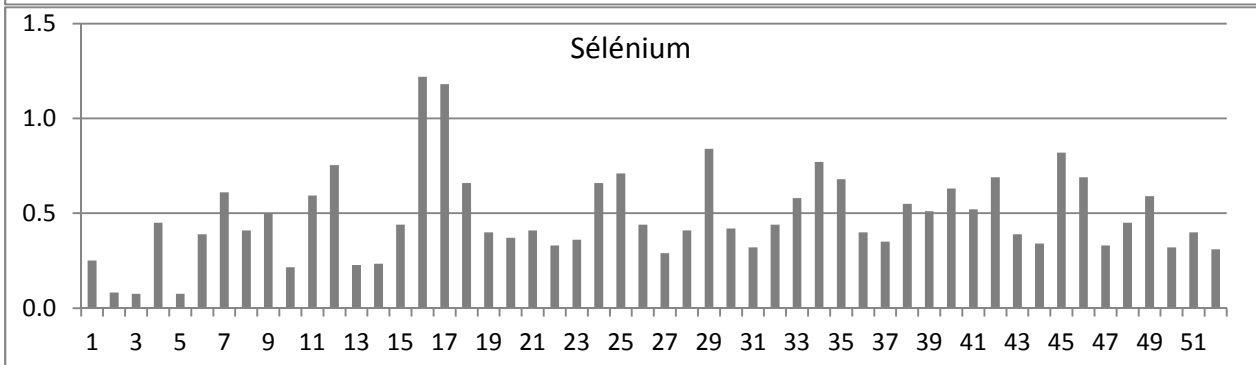
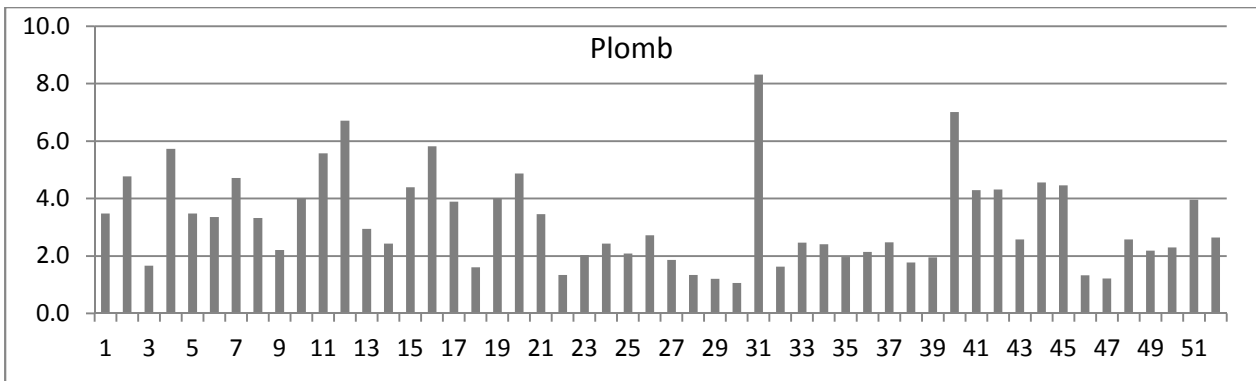




Annexe 2 : Evolution des 14 métaux sur l'année 2015 (en ng/m³)







En jaune : la semaine 52

8.2. Bibliographie

[1] AIR NORMAND « Mesures de métaux dans l'air ambiant au sein de la zone industrielle du Havre » - octobre 2013 à septembre 2014 – Rapport n°1202-012-2 (téléchargeable sur www.airnormand.fr).

[2] AIR NORMAND « Mesures dans l'air ambiant de chlorures, fluorures et 14 métaux particuliers à Gonfreville l'Orcher – Année 2011 – Rapport n°E10-11-12 (téléchargeable sur www.airnormand.fr).

[3] AIR NORMAND « Mesures dans l'air ambiant de chlorures, fluorures et 14 métaux particuliers à Gonfreville l'Orcher – Année 2012 – Rapport n°E10-11-13 (téléchargeable sur www.airnormand.fr).

[4] AIR NORMAND « Mesures de chlorures et fluorures totaux et 14 métaux particuliers à la station industrielle de Gonfreville l'Orcher sous les vents de la centrale EDF – Année 2013 – Rapport n°1202_005_3A (téléchargeable sur www.airnormand.fr).

[5] AIR NORMAND « Mesures de chlorures et fluorures totaux et 14 métaux particuliers à la station industrielle de Gonfreville l'Orcher sous les vents de la centrale EDF – Année 2014 – Rapport n°1202_024 (téléchargeable sur www.airnormand.fr).