

# Mesures d'anions minéraux et de métaux particulaires à Gonfreville l'Orcher Année 2017

---

**Référence : Rapport n° 1160-002-1**

Diffusion : Avril 2018

---

**Atmo Normandie**

3 Place de la Pomme d'Or, 76000 ROUEN

Tél. : +33 2.35.07.94.30

Fax : +33 2.35.07.94.40

contact@atmonormandie.fr



## Avertissement

Atmo Normandie est l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air en 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. Atmo Normandie 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.atmonormandie.fr](http://www.atmonormandie.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'Atmo Normandie 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 Atmo Normandie par des tiers, l'utilisation de ces données et informations ne saurait valoir validation par Atmo Normandie de leur exactitude. La responsabilité d'Atmo Normandie 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.

Atmo Normandie 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 Atmo Normandie 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'Atmo Normandie ne pourrait en aucun cas se substituer à celle du décideur.

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

Rapport n° 1160-002-1

Le 30 avril 2018,

Le rédacteur,

Anne FRANCOIS DUBOC

Le responsable du pôle Campagnes de  
mesure et exploitation des données

Sébastien LE MEUR

Atmo Normandie – 3, Place de la Pomme d'Or - 76000 ROUEN

Tél. : 02 35 07 94 30 - mail : [contact@atmonormandie.fr](mailto:contact@atmonormandie.fr)

[www.atmonormandie.fr](http://www.atmonormandie.fr)

# Résumé

Dans le cadre de son Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air, Atmo Normandie 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 13 substances afin de mieux connaître le comportement des autres métaux (non réglementés dans l'air ambiant) sur ce secteur. Le tellure n'est plus mesuré, car toujours inférieur à la limite de quantification. Par ailleurs, Atmo Normandie est également intéressée 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 des 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 Atmo Normandie et EDF ont décidé conjointement de réaliser ces mesures de 13 métaux et de chlorures et fluorures, à Gonfreville l'Orcher sous les vents dominants de la centrale EDF.

La nouveauté en 2017 est d'ajouter les phosphates, nitrates et sulfates à la liste des anions minéraux analysés, pour contribuer à avoir une meilleure connaissance du comportement de ces composés dans l'air ambiant dans la région.

Les données de 2017 confortent les conclusions des 6 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 2017.

Certaines évolutions sont mises en évidence sur les 7 années de mesures. Ainsi, une tendance à la baisse est observée pour la plupart des métaux (antimoine, arsenic, cuivre, manganèse, nickel, plomb, sélénium, vanadium et zinc). Pour les chlorures totaux, aucune tendance significative à long terme n'est observée. Les concentrations en fluorures sont quant à elles inférieures à la limite de quantification durant toute l'année 2017 (comme les années précédentes) 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 : Une augmentation des chlorures particuliers en conditions « hivernales » avec des vents forts en provenance de la mer (d'ouest, sud-ouest ou nord-ouest) favorisant le transport des embruns marins, et une augmentation des chlorures gazeux en conditions « estivales » (sous l'influence de l'augmentation de la température ambiante et de l'ensoleillement).

La semaine 3 de l'année 2017 en particulier est marquée par l'augmentation des concentrations en cadmium, chrome, cuivre, étain, sélénium et plomb, de même que des nitrates et sulfates particuliers. Ces augmentations des métaux et certains anions sont probablement liées à un phénomène de pollution particulaire généralisé à vaste échelle, auquel participent les émissions locales industrielles de la ZI du Havre (et d'EDF par vent faible) et urbaines (trafic routier et chauffage).

La centrale EDF participe faiblement aux émissions de métaux et chlorures et fluorures 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.

La liste des anions minéraux analysés étendue en 2017 aux phosphates, nitrates et sulfates, permet de contribuer à une meilleure connaissance de ces polluants sur la région. Ainsi, sans surprise, les sulfates gazeux sont très corrélés au dioxyde de soufre, présent sur le secteur de Gonfreville par vent de sud et sud-est. Les sulfates et nitrates particuliers sont, eux, comme indiqué précédemment, plutôt présents lors des épisodes de pollution particuliers généralisés. Les phosphates sous forme particulaire sont eux presque toujours inférieurs à la limite de quantification. Quelques résultats se détachent du niveau de fond pour les phosphates gazeux en période hivernale, alors que toutes les valeurs sont faibles en été.

# Sommaire

<b>1. Introduction</b>	<b>8</b>
<b>2. Eléments nécessaires à la compréhension du document</b>	<b>8</b>
<b>2.1. Définitions</b>	<b>8</b>
<b>2.2. Contexte</b>	<b>9</b>
<b>2.3. Activité de la centrale EDF en 2017 (source EDF)</b>	<b>10</b>
<b>2.4. Approche choisie</b>	<b>10</b>
<b>2.5. Matériel</b>	<b>11</b>
<b>2.6. Méthodes</b>	<b>11</b>
<i>Méthode de mesure pour les anions minéraux</i>	<i>11</i>
<i>Méthode d'interprétation des résultats des anions</i>	<i>12</i>
<i>Méthode de mesure pour les métaux particuliers</i>	<i>12</i>
<i>Méthode d'interprétation des résultats de métaux particuliers</i>	<i>12</i>
<b>2.7. Blancs terrains</b>	<b>13</b>
<b>2.8. Origine des données</b>	<b>13</b>
<b>2.9. Limites</b>	<b>13</b>
<b>3. Déroulement</b>	<b>14</b>
<b>3.1. Période de mesure</b>	<b>14</b>
<b>3.2. Site de mesure</b>	<b>14</b>
<b>4. Résultats</b>	<b>15</b>
<b>4.1. Résultats bruts</b>	<b>15</b>
<b>4.2. Résultats transformés</b>	<b>16</b>
<i>Résultats pour les métaux</i>	<i>16</i>
<i>Résultats des anions</i>	<i>20</i>
<i>Résultats des chlorures (en <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</i>	<i>21</i>
<i>Résultats des fluorures (en <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</i>	<i>22</i>
<i>Résultats des nitrates (en <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</i>	<i>24</i>
<i>Résultats des sulfates (en <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</i>	<i>25</i>
<i>Résultats des phosphates (en <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</i>	<i>26</i>
<b>5. Interprétation des résultats et discussion</b>	<b>27</b>
<b>5.1. Comparaison par rapport aux seuils réglementaires et valeurs de référence existants :</b>	<b>27</b>
<b>5.2. Concentrations maximales durant l'année 2017 :</b>	<b>27</b>
<b>5.3. Comparaison par rapport à d'autres sites de mesures :</b>	<b>32</b>
<b>5.4. Evolution des concentrations de 2011 à 2017 :</b>	<b>33</b>
<b>5.5. Influence de l'activité de la centrale thermique EDF</b>	<b>35</b>
<b>6. Conclusions</b>	<b>35</b>
<b>7. Annexes</b>	<b>37</b>

<b>7.1. Annexe 1 : Evolution des métaux durant l'année 2017 (en ng/m<sup>3</sup>)</b> .....	<b>37</b>
Annexe 1 (suite) : Evolution des métaux durant l'année 2017 (en ng/m <sup>3</sup> ) .....	38
Annexe 1 (suite) : Evolution des métaux durant l'année 2017 (en ng/m <sup>3</sup> ) .....	39
<b>7.2. Annexe 2 : Evolution des métaux de 2011 à 2017 (en ng/m<sup>3</sup>)</b> .....	<b>41</b>
<b>Annexe 2 (suite) : Evolution des métaux de 2011 à 2017</b> .....	<b>42</b>
<b>Annexe 2 (suite) : Evolution des métaux de 2011 à 2017</b> .....	<b>43</b>
<b>Annexe 2 (suite) : Evolution des métaux de 2011 à 2017</b> .....	<b>44</b>
<b>7.3. Annexe 3 : Evolution des concentrations des chlorures entre 2011 et 2017</b> .....	<b>45</b>
<b>8. Bibliographie</b> .....	<b>46</b>



## 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

Sb : Antimoine

$\text{Cl}^-$  : chlorures

$\text{F}^-$  : fluorures

$\text{PO}_4^{3-}$  : phosphates

$\text{NO}_3^-$  : nitrates

$\text{SO}_4^{2-}$  : sulfates

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

IREP : Registre des Emissions Polluantes ([www.georisques.gouv.fr/dossiers/irep-registre-des-emissions-polluantes](http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/irep-registre-des-emissions-polluantes))

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

# 1. 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), Atmo Normandie 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 13 substances afin de mieux connaître le comportement des autres métaux (non réglementés dans l'air ambiant) sur ce secteur. Par ailleurs, Atmo Normandie est également intéressée 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 des 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 Atmo Normandie et EDF ont décidé conjointement de réaliser ces mesures de 13 métaux et de chlorures et fluorures, à Gonfreville l'Orcher sous les vents dominants de la centrale EDF.

La nouveauté en 2017 est d'ajouter les phosphates, nitrates et sulfates à la liste des anions analysés, pour contribuer à avoir une meilleure connaissance du comportement de ces polluants dans l'air ambiant dans la région.

Ce rapport présente les résultats de l'année 2017, 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.atmonormandie.fr](http://www.atmonormandie.fr) pour tout public intéressé.

## 2. Eléments nécessaires à la compréhension du document

### 2.1. Définitions

- Chlorures, fluorures, phosphates, nitrates et sulfates 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 anions 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 particulaires : 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 ici<sup>1</sup>).

## 2.2. 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 (jusqu'en 2016 à ce jour), 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). Des données complémentaires pour l'année 2017 concernant la centrale thermique EDF sont transmises par EDF.

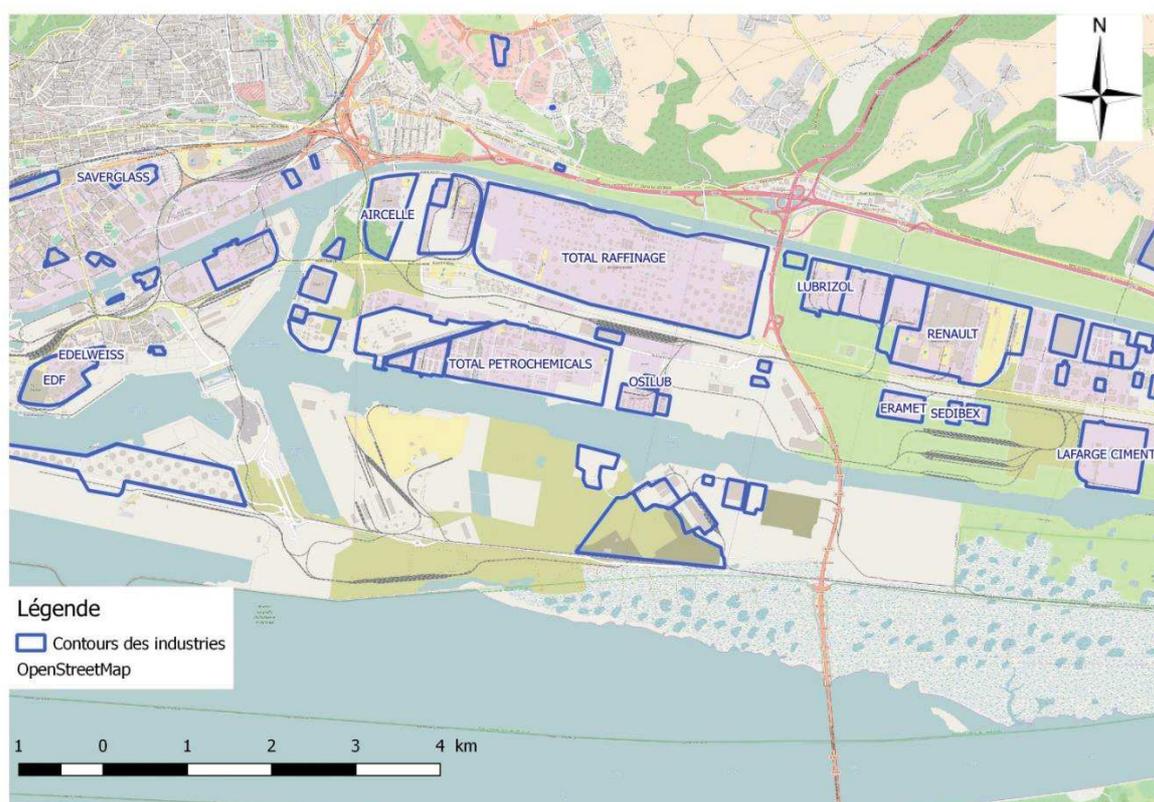


Figure 1: Carte des principaux émetteurs industriels déclarés de métaux, HCl et HF en 2016

<sup>1</sup> Atmo Normandie a réalisé 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" [V].

Élément	Emetteurs déclarés en 2016 (source : IREP)	Emissions en 2016 en Kg/an (source IREP)	Emissions EDF en 2017 en Kg/an supérieures au seuil de déclaration (Source EDF)
<b>Cu</b>	TOTAL PETROCHEMICALS	170	
<b>Mn</b>	LAFARGE CIMENTS	264	
<b>Ni</b>	ERAMET	1230	
	TOTAL RAFFINAGE	407	
	TOTAL PETROCHEMICALS	59,8	
<b>Tl</b>	TOTAL RAFFINAGE	13,4	
<b>V</b>	TOTAL RAFFINAGE	309	
	EDF	44,5	41
<b>Zn</b>	TOTAL PETROCHEMICALS	667	
	RENAULT	593	
<b>Chlorures</b>	EDF	74300	74351
<b>Fluorures</b>	EDF	12200	7842

Tableau 1 : Emetteurs déclarés des métaux, d'HCl et HF sur la zone industrielle du Havre en 2016

## 2.3. Activité de la centrale EDF en 2017 (source EDF)

Les données d'activité de la centrale thermique pour l'année 2017 transmises par EDF sont les suivantes :

<b>Activité de la Centrale EDF en 2017 :</b>	3582 heures de fonctionnement
<b>Arrêts pour maintenance programmée</b>	du 27/05 au 19/06
<b>Arrêt pour avarie</b>	du 27/11 au 31/12

## 2.4. 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.

Une différence est à noter cependant durant l'année 2017 avec un rythme des mesures qui passe à une semaine sur deux (au lieu de chaque semaine), pour se conformer à ce qui se fait sur les autres stations de mesure de la région.

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

## 2.5. Matériel

Les prélèvements sont effectués par Atmo Normandie sur un pas de temps hebdomadaire avec des appareils de prélèvement à bas débit (1 m<sup>3</sup>/h) effectuant une coupure granulométrique des particules à 10 microns (appareil PARTISOL spéciation pour les anions, appareil PARTISOL pour les métaux).



Photo de la station GOR de Gonfreville



Photo de l'intérieur de la station

## 2.6. Méthodes

### Méthode de mesure pour les anions minéraux

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 anions minéraux présents sous forme de gaz et d'aérosols dans l'atmosphère des lieux de travail est décrite dans les méthodes INRS : Métropol M-53 et M-137 ou M-144 <sup>2</sup>.

Une séparation des phases gazeuses et particulaires est effectuée.

- Un préfiltre en fibre de quartz stoppe majoritairement les anions sous forme particulaire (poussières ou gouttellettes). En particulier, on y trouve les chlorures provenant des embruns et les brouillards d'acides non volatils (acides sulfurique et phosphorique) et leurs sels.
- Un filtre de quartz imprégné d'une solution de carbonate de sodium stoppe majoritairement les anions sous forme gazeuse. En particulier, on y trouve les vapeurs et brouillards d'acides volatils (acides chlorhydrique, fluorhydrique, nitrique) ainsi qu'une partie de la phase particulaire piégée initialement sur le préfiltre puis ré-éaporée et piégée finalement sur le filtre imprégné.
- Le résultat final des chlorures, fluorures, phosphates, nitrates, sulfates 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 par chromatographie ionique. Ce laboratoire a été

---

<sup>2</sup> La méthode ne permet pas de doser les composés particulaires fluorés insolubles.

choisi, en raison de son expérience sur les analyses de fluorures et chlorures en atmosphère des lieux de travail dans les années passées.

## Méthode d'interprétation des résultats des anions

Pour l'interprétation des résultats, il n'existe pas à l'heure actuelle de réglementation européenne sur les anions 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'OMS<sup>3</sup> pour les fluorures totaux, ainsi qu'aux résultats sur un autre site de la région (Grand Couronne) pour tous les anions. Cependant, sur cette station de Grand Couronne, la période de mesure est différente (du 23/02/15 au 29/02/16). En effet, les anions ne sont pas analysés à Grand Couronne en 2017 (et les prochaines mesures sont prévues en 2018). Pour cette raison, la comparaison est dite indicative.

## Méthode de mesure pour les métaux particuliers

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 2 : Exemple de photos de filtres (à gauche un filtre après prélèvement des poussières PM<sub>10</sub>, 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 par ICP-MS des 9 métaux (As, Ni, Cd et Pb, Zn, Cu, Mn, V et Co) sur filtre.

## 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

---

<sup>3</sup> Dans le document : « OMS (2000) - Air Quality Guidelines for Europe. Copenhagen. 2nd », l'OMS recommande le seuil de 1 µg/m<sup>3</sup> pour la protection des animaux et des plantes et indique que ce seuil est suffisant pour la protection de la santé humaine.

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 de la région.

## 2.7. 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.

## 2.8. 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 Atmo Normandie.

Les données de météorologie proviennent des capteurs d'Atmo Normandie (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 anions) du site de mesures d'Atmo Normandie de Gonfreville l'Orcher sont comparés à d'autres sites de mesures d'Atmo Normandie (Notre-Dame de Gravenchon, Petit Quevilly, Caen Chemin Vert, Saint Saëns et Grand Couronne).

## 2.9. Limites

- Il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur cible ni limite réglementaire française sur laquelle s'appuyer pour interpréter les résultats d'anions dans l'air ambiant, ni les résultats dans l'air ambiant pour les métaux particuliers suivants : Antimoine, Chrome, Cobalt, Cuivre, Etain, Manganèse, Vanadium, Sélénium, Zinc.
- La méthode de mesure utilisée pour les anions ne permet pas de mesurer une partie des fluorures : les composés particuliers fluorés insolubles.
- Une période est invalidée (à partir du 12/09/17) pour les résultats du chrome particulier dans l'air ambiant en raison de la présence de chrome détectée dans le lot de filtres utilisés, ce qui a été confirmé par les blancs terrains et les blancs laboratoire (analyses de filtres vierges).
- Les comparaisons entre stations de mesures sont limitées du fait qu'elles ne mesurent pas toutes l'ensemble des polluants. En effet, en dehors des polluants réglementés, le choix des substances mesurées dépend des problématiques locales. Pour les métaux, en 2017, seule la station de Notre-Dame de Gravenchon mesure 13 métaux. Les autres mesurent les 4 métaux réglementés : arsenic,

cadmium, nickel et plomb. Pour les anions, une autre station dans la région (Grand Couronne) mesure les chlorures, fluorures, nitrates, sulfates et phosphates, mais selon un calendrier spécifique qui ne comprend pas l'année 2017. La comparaison avec les résultats à Grand Couronne sur la période du 23/02/15 au 29/02/16 est donc seulement indicative.

## 3. Déroulement

### 3.1. Période de mesure

La campagne de mesure s'effectue tout au long de l'année 2017, dans la continuité des mesures commencées depuis fin 2010. La nouveauté en 2017 consiste à réaliser les prélèvements au rythme d'une semaine sur deux (plutôt que chaque semaine), durant une semaine complète (du lundi 0h au lundi 0h). Ce rythme permet de se conformer à ce qui se fait sur les autres stations de mesure d'Atmo Normandie de la région, et est suffisant pour représenter ce qui se passe sur l'année.

### 3.2. Site de mesure

Le site de mesure (station de Gonfreville l'Orcher) des métaux particuliers et des anions 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 33). Ce choix du site s'appuie sur une modélisation de la dispersion des émissions de SO<sub>2</sub> de la centrale thermique. En effet, sur l'agglomération havraise ce site est celui sur lequel l'impact relatif des émissions de SO<sub>2</sub> 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).

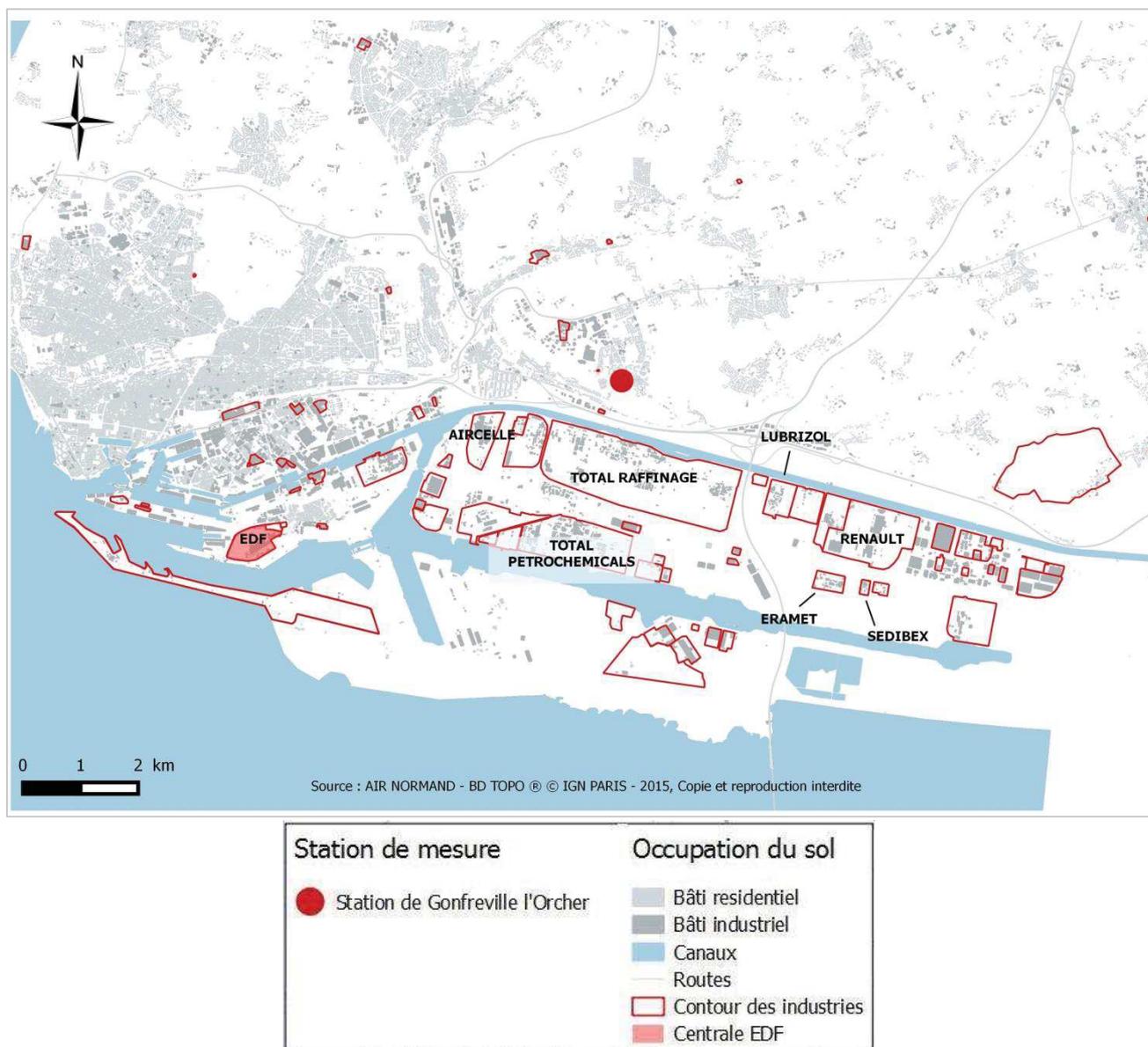


Figure 3 : Localisation du site de mesure par rapport à la centrale thermique EDF

## 4. Résultats

### 4.1. Résultats bruts

- Anions (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'Atmo Normandie (demande à envoyer à [contact@atmonormandie.fr](mailto:contact@atmonormandie.fr)). Ces résultats sont ensuite exprimés par Atmo Normandie 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, Zinc

Les résultats d'analyses fournis par le laboratoire sont exprimés en ng/filtre. Ils sont disponibles sur simple demande auprès d'Atmo Normandie (demande à envoyer à [contact@atmonormandie.fr](mailto:contact@atmonormandie.fr)). Ces résultats sont ensuite exprimés par Atmo Normandie en ng/m<sup>3</sup> en divisant par le volume échantillonné

## 4.2. Résultats transformés

### Résultats pour les métaux

Le tableau 2 présente les résultats (en moyenne et maximum) durant les années 2011 à 2017 et les compare aux valeurs repères lorsqu'elles existent.

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

L'évolution des concentrations des 13 métaux sur l'ensemble de l'année 2017 est représentée en annexe 1. Cette évolution met en évidence le fait que plusieurs métaux (antimoine, arsenic, cadmium, chrome, cuivre, plomb, sélénium et zinc) enregistrent leurs concentrations maximales en début d'année durant la même semaine 3 (du 16 janvier au 22 janvier 2017).

En 2017, le tellure n'est plus analysé. En effet, les résultats des années précédentes ont montré qu'il est systématiquement en dessous de la limite de quantification.

Gonfreville l'Orcher	Moyenne (ng/m <sup>3</sup> )							Maximum hebdomadaire (ng/m <sup>3</sup> )							Valeur cible ou limite annuelle		
	Année	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2011	2012	2013	2014	2015	2016		2017	date (semaine)
Antimoine		1.0	0.7	0.7	1.0	0.6	0.7	<b>0.6</b>	2.5	1.6	1.9	4.9	1.2	1.9	<b>1.59</b>	3	
Arsenic		0.5	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3	<b>0.2</b>	3.4	1.3	1.1	1.7	0.7	0.8	<b>0.61</b>	3	6
Cadmium		0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	<b>0.1</b>	0.7	0.4	0.4	0.5	0.2	0.3	<b>0.31</b>	3	5
Chrome <sup>4</sup>		1.8	1.6	2.1	2.5	1.5	1.6	<b>1.5</b>	4.4	3.5	3.7	4.8	2.7	3.5	<b>2.65</b>	3	
Cobalt		0.3 (LQ)	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	<b>0.2</b>	0.6	0.4	0.4	0.4	0.8	0.7	<b>0.16</b>	7, 17	
Cuivre		4.9	5.2	4.5	4.1	3.6	3.7	<b>3.6</b>	11.0	15.0	13.8	14.6	9.0	9.4	<b>12.04</b>	3	
Etain		1.9	2.0	2.6	3.1	1.4	2.0	<b>1.6</b>	8.3	4.5	29	73.1	3.2	9.2	<b>4.78</b>	1	
Manganèse		4.2	3.4	3.9	3.1	3.2	3.0	<b>2.9</b>	15.7	11.3	13.2	12.2	9.3	8.5	<b>6.29</b>	25	
Nickel		6.1	4.6	4.3	5.0	2.5	3.1	<b>2.7</b>	16.9	13.2	10.5	12.9	7.0	11.3	<b>9.64</b>	13	20
Plomb		5.3	4.0	4.9	7.5	3.2	3.2	<b>2.4</b>	20.0	13.7	12.1	34.9	8.3	8.5	<b>9.46</b>	3	500
Sélénium		0.7	0.7	0.4	0.5	0.5	0.5	<b>0.5</b>	1.5	1.8	1.2	2.5	1.2	1.2	<b>0.93</b>	3	
Vanadium		4.5	3.4	2.6	2.6	1.1	0.9	<b>2.0</b>	10.8	9.6	6.5	5.8	6.1	3.8	<b>4.84</b>	41	
Zinc		22.2	20.4	18.8	28.6	12.6	13.0	<b>11.2</b>	71.3	88.0	41.4	147.4	23.8	38.7	<b>38.14</b>	3	

Tableau 2 : Résultats des métaux à Gonfreville (en moyenne et maximum) entre 2011 et 2017

<sup>4</sup> Jusqu'au 11/09/2017

- **Tendances observées sur 7 ans**

L'évolution des concentrations de 2011 à 2017 pour les 13 métaux est présentée graphiquement en annexe 2. La plupart des métaux montrent **une tendance significative à la baisse entre 2011 à 2017** à la station de Gonfreville (vérifiée par un test de tendance de Mann-Kendall au risque de 5%). Sont concernés en particulier les métaux : Ni, V, Zn et avec une pente moins marquée : Sb, As, Cu, Mn, Pb, Se).

<b>Métaux</b>	<b>Tendance significative Entre 2011 et 2017</b>	<b>Pente estimée (méthode de Sen)</b>
<b>Antimoine</b>	Tendance à la baisse	<b>-0.00065</b>
<b>Arsenic</b>	Tendance à la baisse	<b>-0,00037</b>
<b>Cadmium</b>	Pas de tendance	<b>0</b>
<b>Chrome</b>	La tendance n'est pas significative	
<b>Cobalt</b>	Pas de tendance	
<b>Cuivre</b>	Tendance à la baisse	<b>-0.0047</b>
<b>Etain</b>	La tendance n'est pas significative	
<b>Manganèse</b>	Tendance à la baisse	<b>-0,002</b>
<b>Nickel</b>	Tendance à la baisse	<b>-0.01</b>
<b>Plomb</b>	Tendance à la baisse	<b>-0,00595</b>
<b>Sélénium</b>	Tendance à la baisse	<b>-0.00065</b>
<b>Vanadium</b>	Tendance à la baisse	<b>-0.01</b>
<b>Zinc</b>	Tendance à la baisse	<b>-0.032</b>

**Tableau 3 : Tendances pour les résultats des métaux entre 2011 et 2017 à Gonfreville**

- **Comparaison pour les métaux avec d'autres sites de mesure en 2017**

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. (Voir le tableau 4). Quatre métaux sont mesurés en routine sur les stations urbaines de Petit Quevilly, et Caen Chemin Vert et sur la station de fond rural de Saint Saëns. L'ensemble des 13 métaux est par ailleurs mesuré en 2017 sur les stations industrielles de Notre-Dame de Gravenchon et Gonfreville l'Orcher.

- La concentration moyenne en arsenic obtenue à Gonfreville est égale à celles des sites de Petit Quevilly, Caen Chemin vert et Saint Saens et légèrement inférieure aux résultats de Notre-Dame de Gravenchon.

- Les concentrations en cadmium sur les différents sites de mesures sont similaires.
- Les concentrations en nickel sont plus élevées à Gonfreville<sup>5</sup> que sur les autres sites de mesures. A noter que la centrale EDF du Havre ne déclare plus d'émissions de Nickel depuis 2015.
- Les concentrations en plomb sur les différents sites de mesures sont légèrement plus faibles à Gonfreville qu'à Petit Quevilly et Caen Chemin Vert.
- Pour l'ensemble des 13 métaux, les concentrations mesurées à Gonfreville l'Orcher durant l'année 2017 sont comparées à celles de Notre-Dame de Gravenchon. Les concentrations sont un peu plus élevées à Gonfreville pour l'antimoine, l'étain, le nickel, le sélénium, le vanadium et le zinc. Les concentrations en arsenic, manganèse, plomb sont quant à elles légèrement plus faibles à Gonfreville l'Orcher qu'à Notre-Dame de Gravenchon. Les concentrations moyennes en cadmium, chrome, cobalt, cuivre sont quant à elles égales sur les deux sites de Gonfreville et Notre-Dame de Gravenchon

<b>Moyenne en ng/m<sup>3</sup> (en 2017)</b>	<b>Gonfreville</b>	<b>Notre-Dame de Gravenchon</b>	<b>Petit Quevilly</b>	<b>Saint Saëns</b>	<b>Caen Chemin Vert</b>
<b>Antimoine</b>	<b>0.6</b>	<b>0.5</b>	-	-	-
<b>Arsenic</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>
<b>Cadmium</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>
<b>Chrome</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	-	-	-
<b>Cobalt</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	-	-	-
<b>Cuivre</b>	<b>3.6</b>	<b>3.6</b>	-	-	-
<b>Etain</b>	<b>1.6</b>	<b>0.8</b>	-	-	-
<b>Manganèse</b>	<b>2.9</b>	<b>3.0</b>	-	-	-
<b>Nickel</b>	<b>2.7</b>	<b>1.2</b>	<b>1.1</b>	<b>0.6</b>	<b>1.1</b>
<b>Plomb</b>	<b>2.4</b>	<b>2.6</b>	<b>3.0</b>	<b>2.3</b>	<b>3.0</b>
<b>Sélénium</b>	<b>0.5</b>	<b>0.4</b>	-	-	-
<b>Vanadium</b>	<b>2.0</b>	<b>0.8</b>	-	-	-
<b>Zinc</b>	<b>11.2</b>	<b>10.5</b>	-	-	-

**Tableau 4 : Comparaison des résultats des mesures hebdomadaires des métaux sur les différents sites de mesures d'Atmo Normandie en 2017**

<sup>5</sup> En bleu plus foncé dans le tableau 4

## Résultats des anions

Gonfreville l'Orcher Année 2017	Moyenne (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Maximum (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valeur repère annuelle	Comparaison indicative à Grand Couronne Moyenne ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (!) période (du 23/02/15 au 29/02/16)
Chlorures particulaires	1.04	4.19		<b>0.81</b>
Chlorures gazeux	0.62	1.43		<b>0.37</b>
<b>Chlorures totaux</b>	<b>1.66</b>	<b>4.51</b>	<b>TA Luft :100</b>	<b>1.18</b>
Fluorures particulaires	0.01 (LQ)	0.01 (LQ)		<b>0.01 (LQ)</b>
Fluorures gazeux	0.01 (LQ)	0.01 (LQ)		<b>0.01 (LQ)</b>
<b>Fluorures totaux</b>	<b>LQ</b>	<b>LQ</b>	<b>guide OMS : 1</b>	<b>LQ</b>
Nitrates particulaires	2.16	11.18		<b>2.36</b>
Nitrates gazeux	0.98	2.29		<b>0.80</b>
<b>Nitrates totaux</b>	<b>3.14</b>	<b>11.63</b>		<b>3.16</b>
Sulfates particulaires	2.03	3.72		<b>1.39</b>
Sulfates gazeux	13.20	34.95		<b>1.21</b>
<b>Sulfates totaux</b>	<b>15.23</b>	<b>37.96</b>		<b>2.60</b>
Phosphates particulaires	0.02 (LQ)	0.06		<b>0.03</b>
Phosphates gazeux	0.24	2.74		<b>0.02</b>
<b>Phosphates totaux</b>	<b>0.26</b>	<b>2.76</b>		<b>0.05</b>

Tableau 5 : Résultats des anions en 2017 et valeurs repères

## Résultats des chlorures (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

En l'absence de valeur réglementaire française, les concentrations en chlorures sont comparées à la valeur limite allemande. La synthèse des résultats des chlorures de 2011 à 2017 est présentée dans le tableau 6.

La moyenne annuelle des chlorures totaux est nettement inférieure au seuil de la valeur limite annuelle allemande. Ce constat est valable pour les sept années de mesures.

Par ailleurs les résultats des chlorures à Gonfreville en 2017 sont comparés aussi à titre indicatif à ceux obtenus à Grand Couronne (voir tableau 5) durant environ une année (du 23/02/15 au 29/02/16). Bien que les périodes soient différentes, cette comparaison indicative avec une autre station de l'agglomération rouennaise indique des chlorures plus élevés en moyenne annuelle sur le secteur de Gonfreville (1.04) qu'à Grand Couronne (0.81), en particulier la part particulaire, ce qui peut probablement s'expliquer par la présence des embruns marins.

### - Profil annuel des chlorures

Les chlorures sont habituellement composés majoritairement de chlorures particulaires (voir en figure 4), en particulier durant l'hiver. Pendant la période « estivale » de 2017, la concentration en chlorures gazeux (qui peut être un indicateur des émissions d'acide chlorhydrique) augmente tandis que celle des chlorures particulaires diminue. Néanmoins ces augmentations ne semblent pas en lien avec les périodes de fonctionnement de la centrale EDF, qui ont lieu plutôt en hiver.

Le profil saisonnier des chlorures est aussi mis en évidence par le tracé des concentrations sur plusieurs années en annexe 3.

### - Tendance sur plusieurs années des chlorures

L'évolution des moyennes annuelles sur les 7 années de mesures ne met pas en évidence de tendance significative à la baisse ou à la hausse (voir les courbes d'évolution en annexe 3).

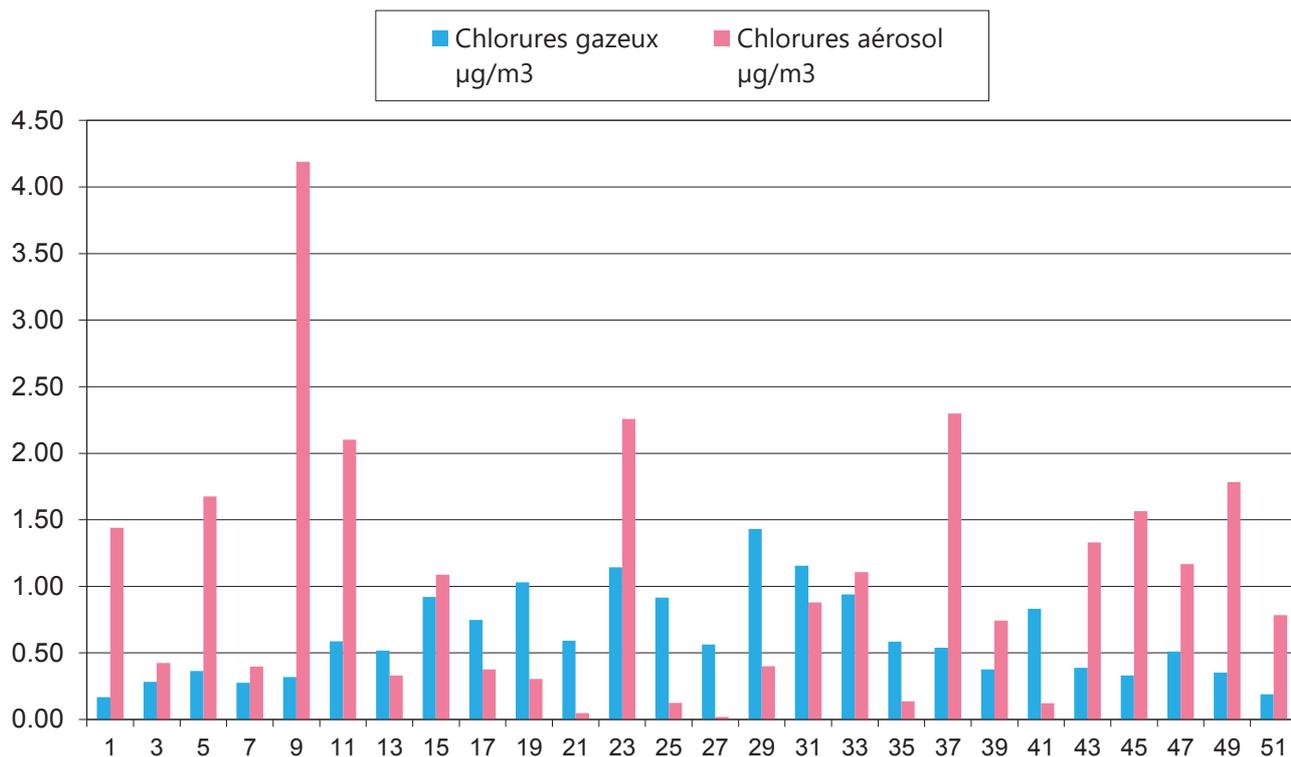


Figure 4 : Résultats (une semaine sur 2) des chlorures en 2017 à Gonfreville l'Orcher

## Résultats des fluorures (en µg/m³)

Les concentrations hebdomadaires des fluorures particulaires et gazeux sont toutes inférieures à la limite de quantification, c'est à dire égales à 0,01 µg/m³ durant toute l'année 2017.<sup>6</sup> C'était le cas aussi durant les années précédentes. La valeur guide annuelle de l'OMS<sup>7</sup> : 1 µg/m³ pour les fluorures totaux est donc largement respectée.

A titre de comparaison (indicative car la période est différente), les concentrations des fluorures gazeux et particulaires obtenues sur le site de Grand Couronne étaient également toutes inférieures à la limite de quantification pendant la période (du 23/02/15 au 29/02/16).

<sup>6</sup> Pour exprimer le fait que les concentrations de fluorures sont non quantifiées, elles sont saisies dans la base de données d'Atmo Normandie égales à la limite de quantification (4 µg/filtre soit 0,02 µg/m³) divisée par deux, c'est à dire 0,01 µg/m³.

<sup>7</sup> Dans le document : « OMS (2000) - Air Quality Guidelines for Europe. Copenhagen. 2nd », l'OMS recommande le seuil : 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.

<b>Gonfreville l'Orcher</b>	<b>Moyenne (en µg/m<sup>3</sup>)</b>							<b>Maximum (en µg/m<sup>3</sup>)</b>							<i>Valeur repère</i>
<b>Année</b>	2011	2012	2013	2014	2015	2016	<b>2017</b>	2011	2012	2013	2014	2015	2016	<b>2017</b>	
Chlorures particulaires	1,51	1,36	1,32	1,32	1,57	1,14	<b>1.04</b>	3,71	5,44	3,84	4,26	3,27	3,85	<b>4.19</b>	
Chlorures gazeux	0,47	0,38	0,45	0,54	0,40	0,37	<b>0.62</b>	1,24	1,68	1,33	1,89	1,08	1,13	<b>1.43</b>	
Chlorures totaux	1,98	1,74	1,77	1,86	1,97	1,48	<b>1.66</b>	4,95	7,12	5,17	6,15	4,35	3,98	<b>4.51</b>	<b>TA Luft : 100</b>

Fluorures : Toutes les mesures sont inférieures à la limite de quantification entre 2011 et 2017

**Tableau 6 : Evolution des chlorures et fluorures à Gonfreville entre 2011 et 2017**

## Résultats des nitrates (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

En l'absence de valeur de référence réglementaire dans l'air ambiant, les résultats des nitrates à Gonfreville en 2017 sont comparés à titre indicatif à ceux obtenus à Grand Couronne (voir tableau 5) durant environ une année (du 23/02/15 au 29/02/16). Bien que les périodes soient différentes, cette comparaison indicative avec une autre station de l'agglomération rouennaise montre des concentrations de nitrates à peu près équivalentes sur les deux sites.

### - Profil annuel des nitrates

La part des nitrates sous forme particulaire est plus importante en hiver, et en particulier durant la semaine 3 (du 16 au 22 janvier 2017). En période estivale, au contraire, la part des nitrates sous forme gazeuse augmente, alors que celle des aérosols diminue.

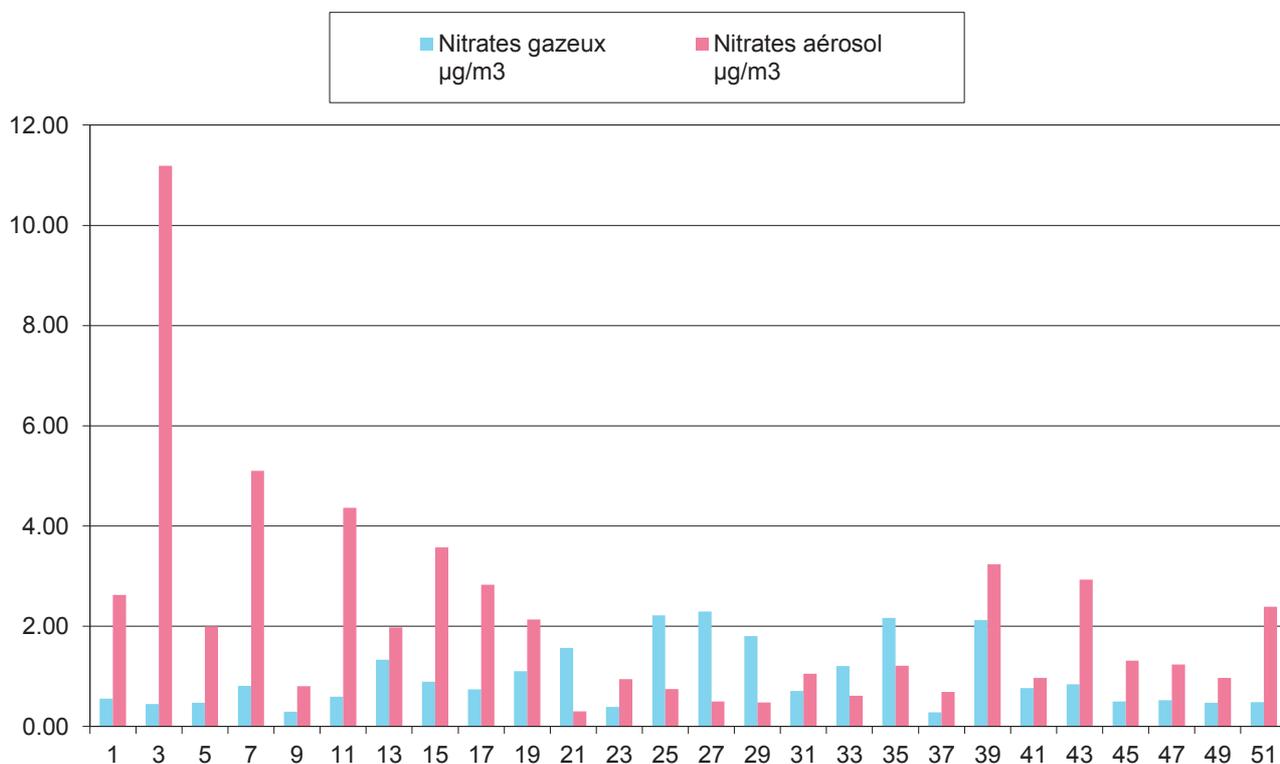


Figure 5 : Evolution (une semaine sur 2) des nitrates durant l'année 2017

## Résultats des sulfates (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

En l'absence de valeur de référence réglementaire dans l'air ambiant, les résultats des sulfates à Gonfreville en 2017 sont comparés à titre indicatif à ceux obtenus à Grand Couronne (voir tableau 5) durant environ une année (du 23/02/15 au 29/02/16). Bien que les périodes soient différentes, cette comparaison indicative avec une autre station de l'agglomération rouennaise montre une présence nettement accrue des sulfates sur le site de Gonfreville, en particulier pour la phase gazeuse. Ceci est probablement à mettre en relation avec la présence du dioxyde de soufre émis par la zone industrielle du Havre.

### - Profil annuel des sulfates

La part des nitrates sous forme gazeuse est plus importante que celle des nitrates sous forme particulaire à Gonfreville l'Orcher tout au long de l'année. Des fluctuations des concentrations ont lieu qui ne paraissent pas pouvoir être reliées à un profil saisonnier.

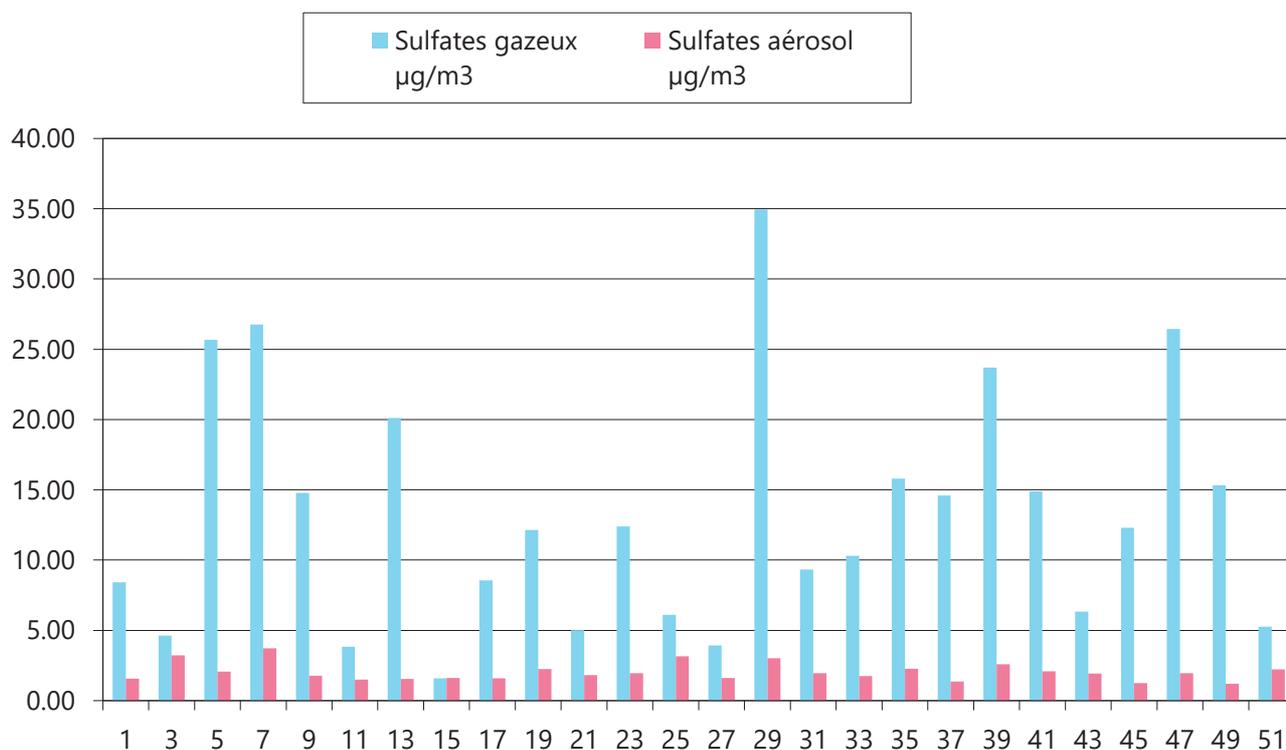


Figure 6 : Evolution (une semaine sur 2) des sulfates à Gonfreville en 2017

## Résultats des phosphates (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Les concentrations hebdomadaires des phosphates sont souvent inférieures à la limite de quantification, c'est à dire égales à  $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durant toute l'année 2017.

A titre de comparaison (indicative car la période est différente), les concentrations des phosphates gazeux et particulaires obtenues sur le site de Grand Couronne étaient également toutes inférieures à la limite de quantification pendant la période (du 23/02/15 au 29/02/16).

### - Profil annuel des phosphates

Les phosphates sous forme particulaire sont presque toujours inférieurs à la limite de quantification. Quelques résultats se détachent du niveau de fond pour les phosphates gazeux (semaines 3, 7, 41, 51) en période hivernale, alors que toutes les valeurs sont faibles en été.

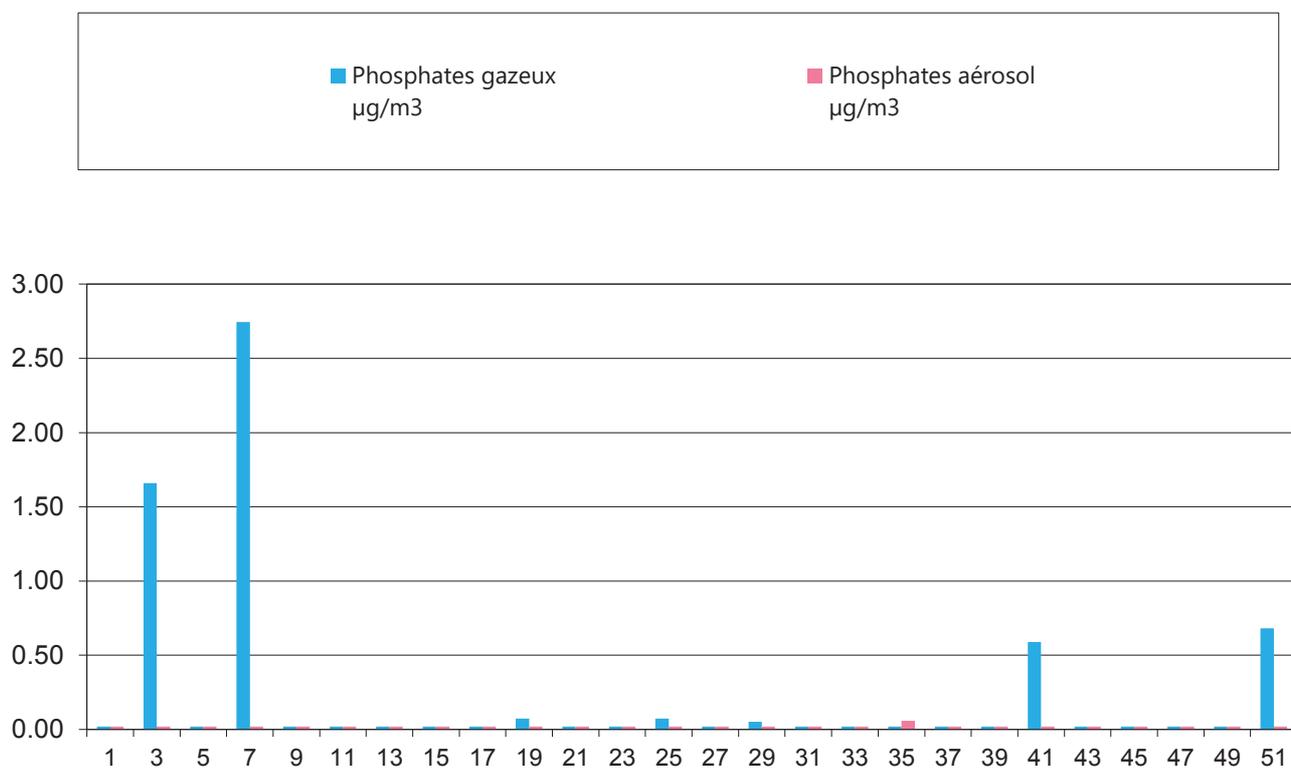


Figure 7 : Evolution (une semaine sur 2) des phosphates à Gonfreville en 2017

## 5. Interprétation des résultats et discussion

### 5.1. Comparaison par rapport aux seuils réglementaires et valeurs de référence existants :

#### Métaux réglementés :

Les mesures de métaux réalisées en 2017 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 6 années précédentes.

#### Fluorures totaux :

Les concentrations en fluorures sont, en 2017, toujours inférieures à 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.

#### Chlorures totaux :

Les concentrations en chlorures mesurées à Gonfreville l'Orcher sont largement inférieures au seuil allemand préconisé pour les chlorures totaux (en 2017 comme depuis le début de la surveillance en 2011).

### 5.2. Concentrations maximales durant l'année 2017 :

#### Métaux :

Plusieurs métaux (antimoine, arsenic, cadmium, chrome, cuivre, plomb, sélénium et zinc) enregistrent leurs concentrations maximales en début d'année durant la même semaine 3 (du 16 janvier au 22 janvier 2017).

Durant cette semaine, les vents viennent majoritairement du nord-est, de l'est et du sud-est. Les métaux mesurés à Gonfreville ne proviennent donc pas majoritairement des émissions de la centrale EDF par ces directions de vent, mais plutôt de la zone industrielle. La contribution des émissions de la centrale EDF est possible cependant par vent faible inférieur à 1 m/s (durant 28% du temps sur la semaine 3 à la station de la ZI de Sandouville).

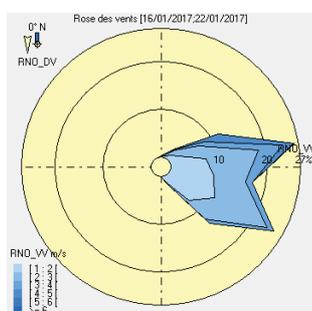


Figure 8 : Rose de vent durant la semaine 3 à ZI Sandouville RNO

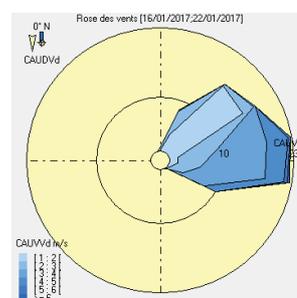
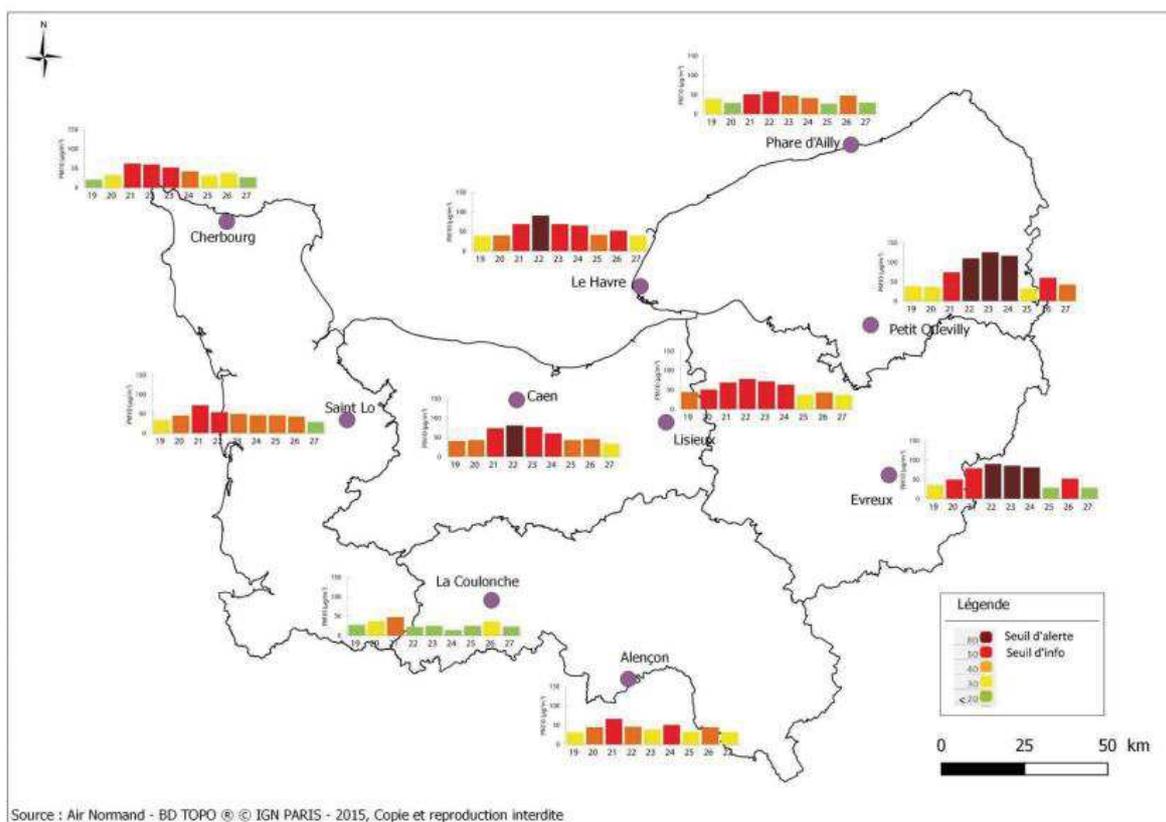


Figure 9 : Rose de vent durant la semaine 3 à TDF Caucriauville CAU

Ce surcroît de métaux particulaires est probablement à relier avec l'augmentation des poussières PM10 généralisée à toute la Normandie entre le 20 et le 26 janvier 2017 [II]. Durant la première phase de cet épisode de poussières, du 20 janvier au 24 janvier (qui inclut donc la fin de la semaine 3 de prélèvements), les conditions météorologiques peu dispersives et froides ont conduit à l'accumulation progressive des particules émises et aux dépassements du seuil d'alerte pendant 3 jours consécutifs à partir du dimanche 22 janvier [II]. Cet épisode se caractérise par une part significative des particules carbonées en lien avec l'accumulation des émissions de combustion (chauffage résidentiel et transport routier). Toutefois, une part significative des aérosols secondaires (et en particulier de nitrate d'ammonium) témoigne également de l'influence des mécanismes de transformations physico-chimiques. [II]



**Figure 10 : Carte de dépassement des seuils réglementaires pour les PM10. Les couleurs indiquent la gamme de concentrations de PM10 en microgramme par m<sup>3</sup>. La couleur rouge représente les dépassements du seuil d'information et de recommandation aux personnes sensibles (50 µg/m<sup>3</sup>) et la couleur marron, les dépassements du seuil d'alerte (80 µg/m<sup>3</sup>). [II]**

### Chlorures

Même si la part de chlorures particulaires reste majoritaire par rapport aux chlorures gazeux en 2017, une augmentation de la concentration en chlorures gazeux est observée pendant la période « estivale » de 2017, tandis que celle des chlorures particulaires 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 particulaire). Ainsi, les semaines où sont mesurées les concentrations les plus élevées en chlorures particuliers (semaines 1, 5, 9, 11, 23, 37, 45 et 49), les conditions météorologiques faisaient état de vents forts en provenance de l'ouest (ou sud-ouest ou nord-ouest), donc de la mer.

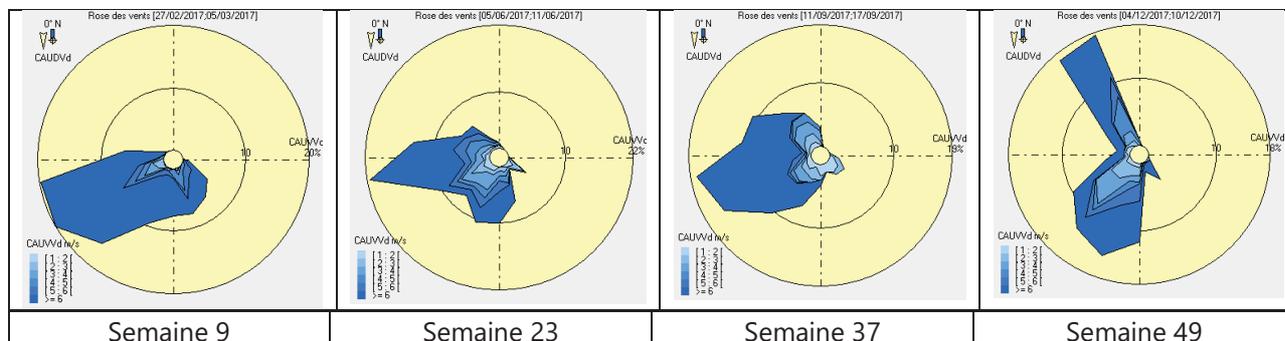


Figure 11 : Exemples de roses de vent durant des points de chlorures particuliers à Gonfreville en 2017

Pour les nitrates et sulfates particuliers

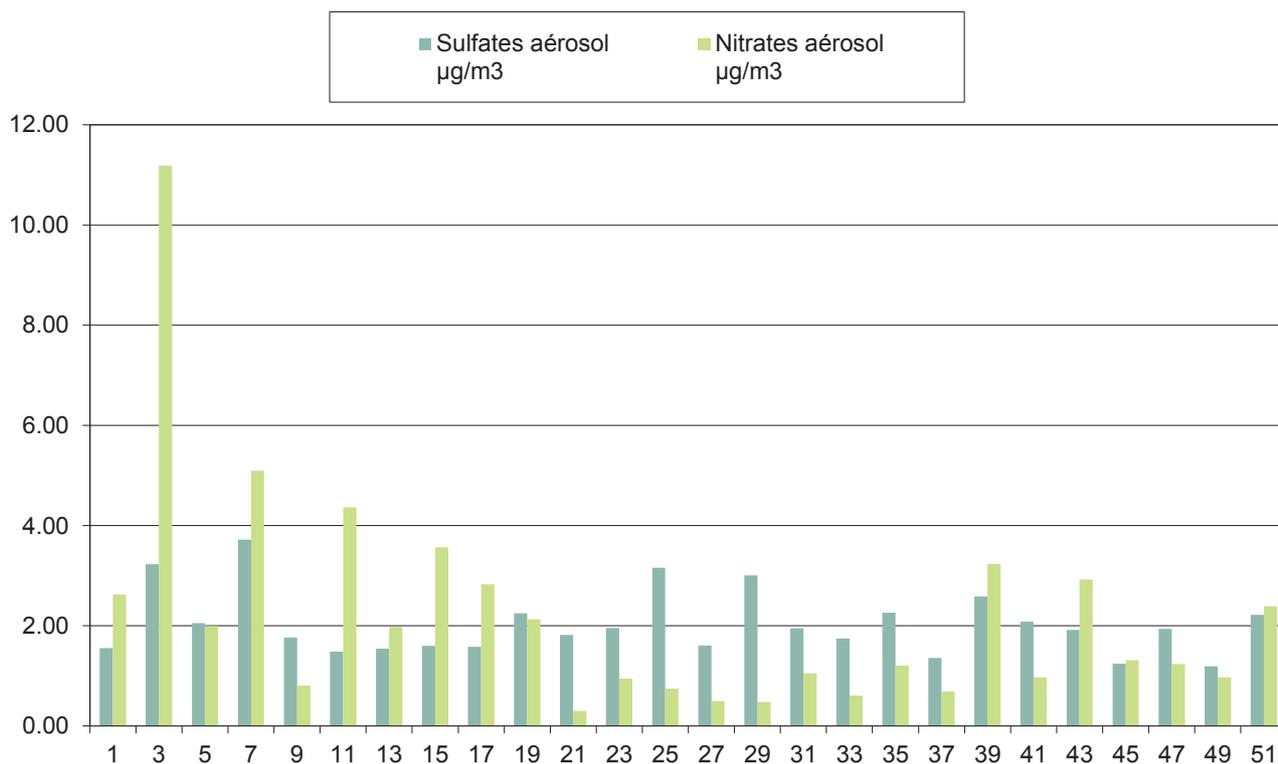
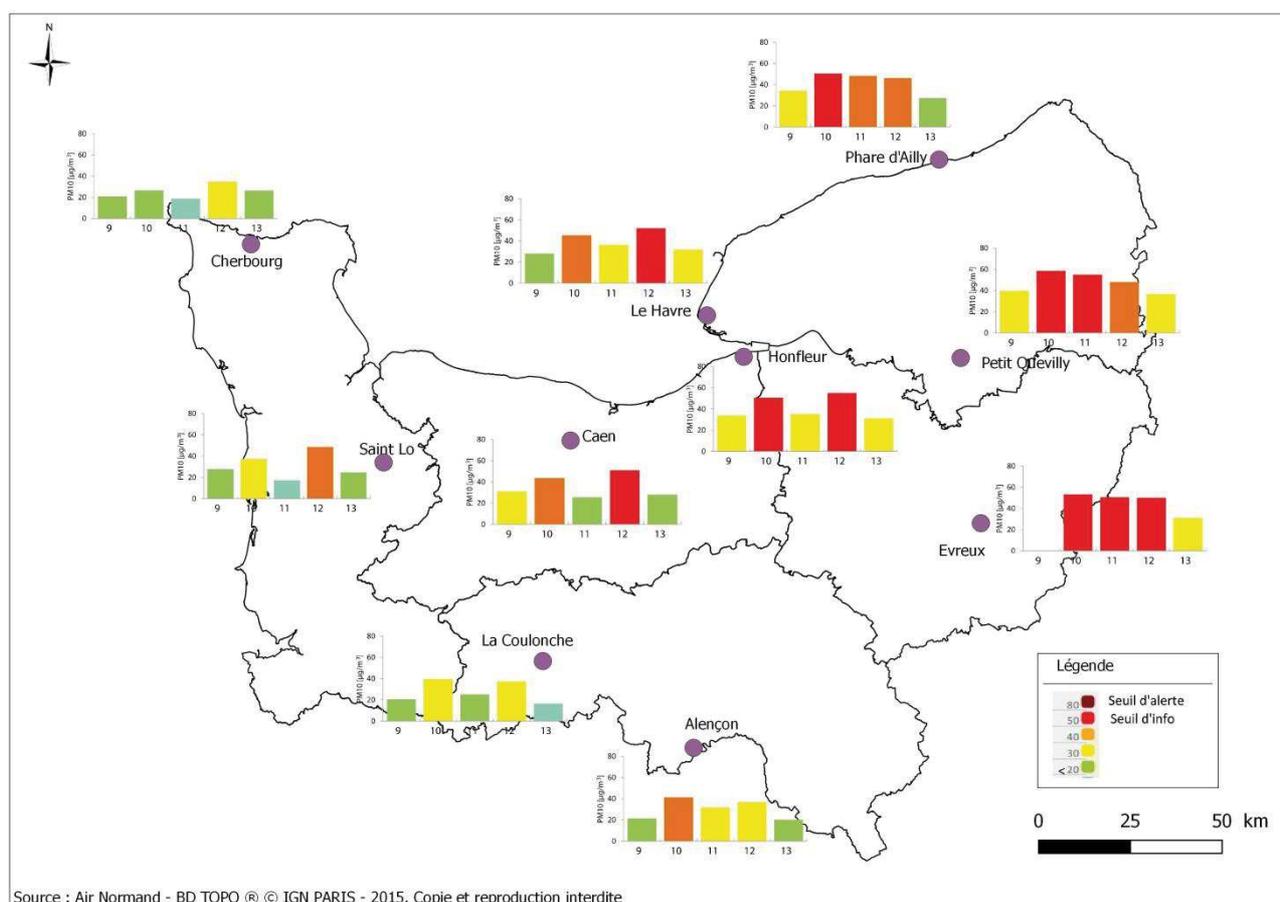


Figure 12 : Evolution des sulfates et des nitrates particuliers à Gonfreville en 2017 (une semaine sur 2)

Durant certaines semaines en hiver, les valeurs les plus élevées des sulfates particuliers et des nitrates particuliers coïncident (semaines 3, 7, 39, 43, 51). Ce n'est pas le cas en été durant lequel les concentrations de nitrates diminuent, alors que les sulfates persistent.

Le maximum des nitrates particulaires est mesuré lors de la semaine 3 (du 16 au 22 janvier 2018). Cela coïncide avec l'épisode de pollution particulaire généralisé enregistré entre le 20 et le 26 janvier (qui a déjà été évoqué ci-dessus à propos des concentrations maximales des métaux ; voir en figure 10). Donc, des nitrates particulaires étaient présents dans cette pollution aux particules en suspension, et dans une moindre mesure, des sulfates particulaires.

De même, la pointe de sulfates et nitrates de la semaine 7 est probablement à relier avec un épisode particulaire généralisé, car elle succède à l'épisode de pollution enregistré entre le 10 et le 12 février (semaine 6). Les prélèvements d'anions ayant lieu une semaine sur deux, on ne dispose pas de mesures durant cette semaine 6. Cependant, les concentrations élevées en semaine 7 laissent penser à une présence résiduelle de ces anions après l'épisode particulaire.



**Figure 13 : Carte de dépassements des seuils réglementaires pour les PM10 du 9 au 13 février 2018. Les couleurs indiquent la gamme de concentrations de PM10 en microgramme par m<sup>3</sup>. La couleur rouge représente le dépassement du seuil d'information et de recommandation aux personnes sensibles (50µg/m<sup>3</sup>).**

Pour les sulfates gazeux

La présence des sulfates gazeux parait bien corrélée à celle du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) qui est aussi mesuré à la station de Gonfreville. Ainsi, les maxima coïncident (semaines 5, 7, 13, 29, 39, 47). Ils sont enregistrés le plus souvent à Gonfreville par vent de sud-est à sud.

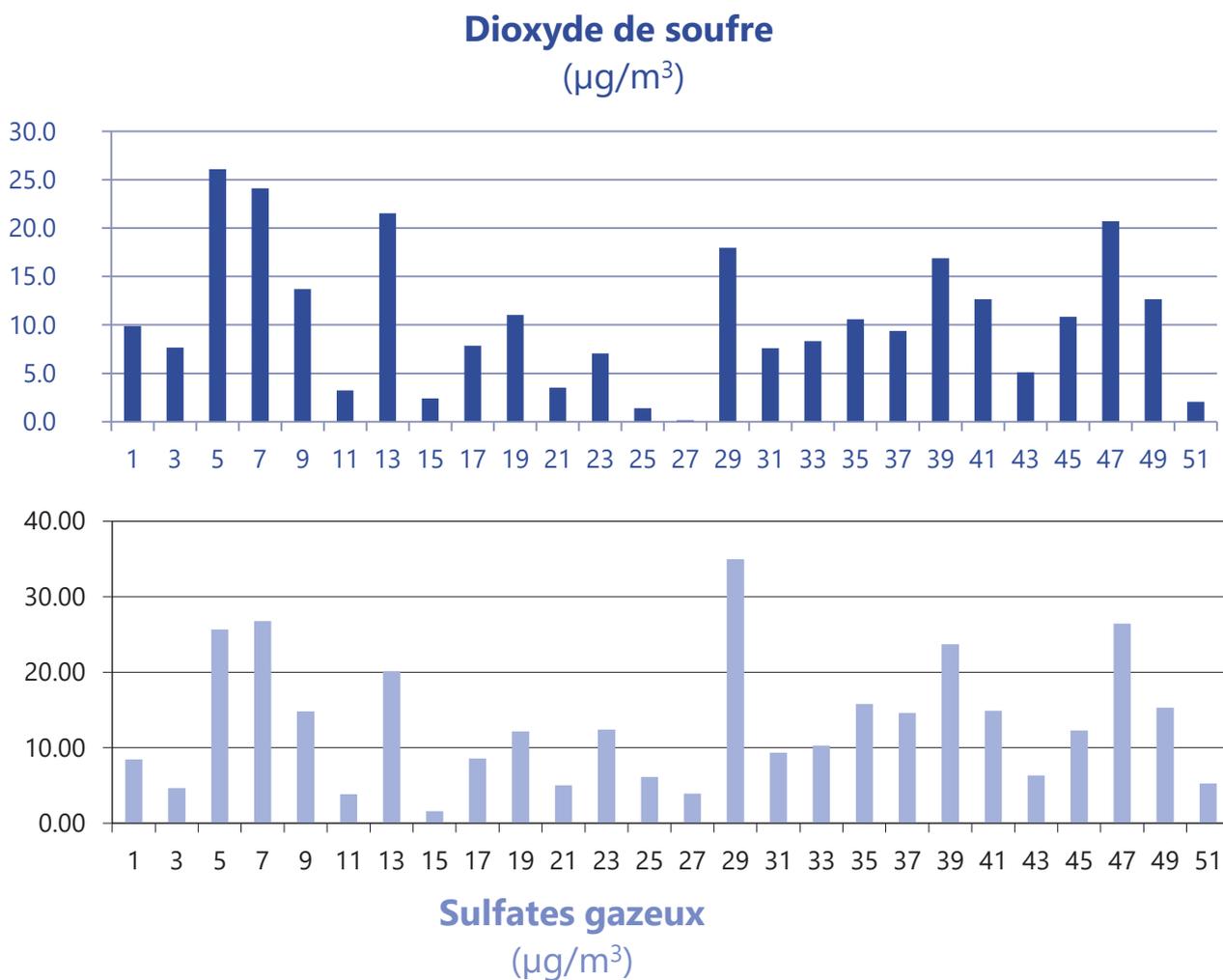


Figure 14 : Evolutions comparées des sulfates gazeux et du dioxyde de soufre (une semaine sur 2) à Gonfreville en 2017

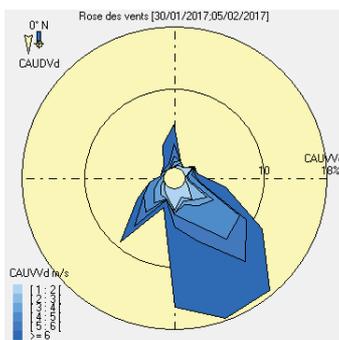


Figure 15 : Exemple de rose des vents durant une pointe de sulfates gazeux (et de SO<sub>2</sub>) à Gonfreville

### 5.3. Comparaison par rapport à d'autres sites de mesures :

La comparaison avec les autres sites permet de tirer les conclusions suivantes :

#### Pour le nickel :

Le nickel est plus présent sur le secteur du Havre (station de Gonfreville) que sur les autres sites de mesure de la région. Cette constatation est cohérente avec la présence en ZI du Havre d'industries émettrices de nickel (raffinerie et production de nickel) dont on ne retrouve pas l'équivalent dans les agglomérations de Rouen/Petit Quevilly ou Caen. A noter que la centrale thermique EDF ne déclare plus d'émissions de nickel depuis 2015, car les émissions restent inférieures au seuil de déclaration.

#### Pour les autres métaux :

Les concentrations sont un peu plus élevées à Gonfreville qu'à Notre-Dame de Gravenchon pour le nickel (comme vu précédemment), et aussi le vanadium, l'antimoine, l'étain, le sélénium, et le zinc. Les deux sites sont placés sous l'influence des émissions du raffinage. Cependant, dans le cas de Notre-Dame de Gravenchon, le site de mesure reçoit les émissions de la zone industrielle de Port-Jérôme par vent fort de sud-ouest (dominant), peu propice à l'accumulation des polluants, ce qui explique probablement cet écart.

Le niveau de fond de certains métaux (plomb, arsenic, manganèse) est quant à lui légèrement plus faible à Gonfreville que sur les stations de Petit Quevilly et de Caen, où de multiples activités de l'environnement industriel et/ou urbain peuvent expliquer cette différence.

#### Pour les chlorures particuliers

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.

#### Pour les sulfates gazeux

Les concentrations des sulfates gazeux sont nettement plus élevées à Gonfreville où les émissions industrielles de dioxyde de soufre sont beaucoup plus importantes qu'à Grand Couronne.

#### Pour les nitrates

Bien que la comparaison ne s'effectue pas sur la même année, les concentrations des nitrates sont assez semblables (en moyenne annuelle) à Gonfreville l'Orcher et à Grand Couronne.



## 5.4. Evolution des concentrations de 2011 à 2017 :

### Pour les métaux

L'historique des mesures sur 7 années (2011 à 2017) permet de dégager certaines évolutions. Ainsi, on constate une tendance à la baisse pour plusieurs métaux (Sb, As, Cu, Mn, Ni, Pb, Se, V et Zn )<sup>8</sup>.

Cette baisse peut être en partie 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 2010 et 2016 sur les émissions déclarées de plusieurs métaux dans l'air sur la ZI du Havre (cf. Tableau 77). Une exception est l'augmentation du nickel à ERAMET en 2016 (pas encore de données disponibles pour 2017).

Les données présentées dans le Tableau 7 de 2009 à 2016 sont celles au-dessus des seuils de déclarations réglementaires (ou encore lorsque le seuil est dépassé l'année précédente). Certaines données complémentaires d'EDF (en 2017) proviennent d'une communication d'EDF.

Emissions des métaux (en kg/an)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017 (source EDF)
<b>Arsenic</b>									
EDF	302	275	138	216	104	2.7 <sup>*</sup>	nd	nd	<20
Total Petrochemicals	nd	32	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Raffinerie de Normandie	27	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
<b>Cadmium</b>									
EDF	25	23	10	14	nd	nd	nd	nd	<10
Total Petrochemicals	nd	28	10	nd	nd	nd	nd	nd	
Raffinerie de Normandie	29	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Tourres & Cie	20	20	11	nd	nd	nd	nd	nd	
<b>Chrome</b>									
EDF	419	367	138	210	94 <sup>*</sup>	3.4 <sup>*</sup>	nd	nd	<100
Total Petrochemicals	359	277	nd	nd	nd	nd	206	nd	
Tourres & Cie	104	119	nd	nd	nd	nd	nd	nd	

Suite du tableau page suivante

**Tableau 7 : Emissions déclarées de métaux entre 2009 et 2016 (source : IREP) et données transmises par EDF pour 2017), "nd" = en dessous du seuil réglementaire, pas d'obligation de déclaration l'année concernée, donnée non disponible ou incorrecte**

<sup>8</sup> Pour les autres métaux (Co, Cr, Sn) les tendances sont moins nettes, ou indiquent une stabilité (Cd).

<b>Cuivre</b>									
EDF	423	443	139	196	104	3.9*	nd	nd	<100
Lafarge ciment	155	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Total Petrochemicals	nd	770	nd	nd	nd	nd	nd	170	
<b>Nickel</b>									
EDF	710	618	214	378	135	4.3*	nd	nd	<50
Eramet	358	511	54	806	691	765	821	1230	
Raffinerie de Normandie	3990	2300	2100	1150	1030	694	582	407	
Total Petrochemicals	1370	1220	1170	2330	nd	65	322	59.8	
Tourres & Cie	70	71	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Lafarge Ciments	nd	nd	nd	nd	nd	nd	83.3	nd	
<b>Plomb</b>									
EDF	330	509	nd	nd	nd	nd	nd	nd	<200
Tourres & Cie	598	587	356	nd	nd	nd	nd	nd	
<b>Manganèse</b>									
EDF	490	886	nd	259	143*	2.7*	nd	nd	<200
Total Petrochemicals	580	1320	246	nd	nd	208	nd	nd	
Lafarge ciment	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	264	
<b>Vanadium</b>									
EDF	nd	nd	nd	nd	307	14	59.4	44.5	41
Lubrizol France	nd	0.013	nd	0.019	nd	nd	nd	nd	
Raffinerie de Normandie	10300	4870	4450	3400	2370	663	418	309	
Sedibex	nd	nd	nd	1,7	nd	nd	nd	nd	
STEP Edelweiss	nd	nd	nd	0,080	nd	nd	nd	nd	
Total Petrochemicals	902	547	555	1160	nd	43	15.2	nd	
Tourres & Cie	nd	nd	nd	2.9	nd	nd	nd	nd	
<b>Zinc</b>									
EDF	894	1110	392	588	288	nd	nd	nd	<200
Total Petrochemicals	412	1450	453	413	1020	nd	434	667	
Raffinerie de Normandie	302	343	318	nd	nd	nd	nd	nd	
Lafarge ciment	nd	1100	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Renault Sandouville	330	357	338	228	nd	279	492	593	

### Pour les chlorures

L'évolution des moyennes annuelles des chlorures totaux entre 2011 et 2017 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 nettement diminuer jusqu'en 2014 (cf. tableau 7 ci-dessous), puis augmenter légèrement de 2015 à 2016. D'après EDF, cette augmentation est liée à une reprise d'activité après la période de rénovation 2014-2015.

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	2015	2016	2017 (source EDF)
<b>Acide chlorhydrique</b>									
EDF	880	1030	349	408	327	18,7	37,7	74,3	74,3
<b>Acide fluorhydrique</b>									
EDF	83,5	67,5	29,8	30,8	35,7	nd	6,4	12,2	7,8

Tableau 7 : Emissions déclarées d'HCl et HF entre 2009 et 2016 (IREP) et données transmises par EDF pour 2017

### Pour les fluorures

Les émissions de fluorures de la centrale EDF ont baissé significativement entre 2009 et 2017. Dans le même temps, les mesures de fluorures sont systématiquement non quantifiées. Ainsi, les émissions d'acide fluorhydrique d'EDF ne contribue que faiblement aux teneurs en fluorures totaux mesurées sur le site de Gonfreville l'Orcher.

## 5.5. Influence de l'activité de la centrale thermique EDF

Les arrêts programmés de la centrale thermique en 2017 qui coïncident avec des semaines de mesures des métaux et anions à Gonfreville sont les semaines : 23, 49 et 51. L'observation des mesures durant ces périodes ne permettent pas de dégager des baisses radicales et systématiques des concentrations de métaux et d'anions à Gonfreville durant ces arrêts. Ainsi, si les émissions d'EDF participent probablement aux niveaux de pollution enregistrés à Gonfreville, elles ne sont qu'un des contributeurs parmi d'autres facteurs explicatifs (émissions de la ZI du Havre et du chauffage urbain, épisodes particuliers à vaste échelle, épandages agricoles pour les anions, conditions météorologiques).

## 6. Conclusions

Les données de 2017 confortent les conclusions des 6 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 2017.

Certaines évolutions sont mises en évidence sur les 7 années de mesures. Ainsi, une tendance à la baisse est observée pour la plupart des métaux (antimoine, arsenic, cuivre, manganèse, nickel, plomb, sélénium, vanadium et zinc). Pour les chlorures totaux, aucune tendance significative à long terme n'est observée.

Les concentrations en fluorures sont quant à elles inférieures à la limite de quantification durant toute l'année 2017 (comme les années précédentes) 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 particulaires montre un profil saisonnier :

- Une augmentation des chlorures particulaires en conditions « hivernales » avec des vents forts en provenance de la mer (d'ouest, sud-ouest ou nord-ouest) favorisant le transport des embruns marins,
- et une augmentation des chlorures gazeux en conditions « estivales » sous l'influence de l'augmentation de la température ambiante et de l'ensoleillement.

La semaine 3 de l'année 2017 en particulier est marquée par l'augmentation des concentrations en cadmium, chrome, cuivre, étain, sélénium et plomb, de même que des nitrates et sulfates particulaires. Etant données les conditions météorologiques anticycloniques ainsi que l'augmentation des particules en suspension sur cette période sur l'ensemble de la région, ces augmentations des métaux et de certains anions sont probablement liées à un phénomène de pollution particulaire généralisé à vaste échelle, auquel participent les émissions locales industrielles de la ZI du Havre (et d'EDF par vent faible) et urbaines (trafic routier et chauffage).

La centrale EDF participe faiblement aux émissions de métaux et chlorures et fluorures 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.

Le rythme des prélèvements semblable à ce qui se fait par ailleurs sur une autre station de mesure de la région, à savoir une semaine sur deux semble suffisant pour représenter ce qui se passe sur l'année.

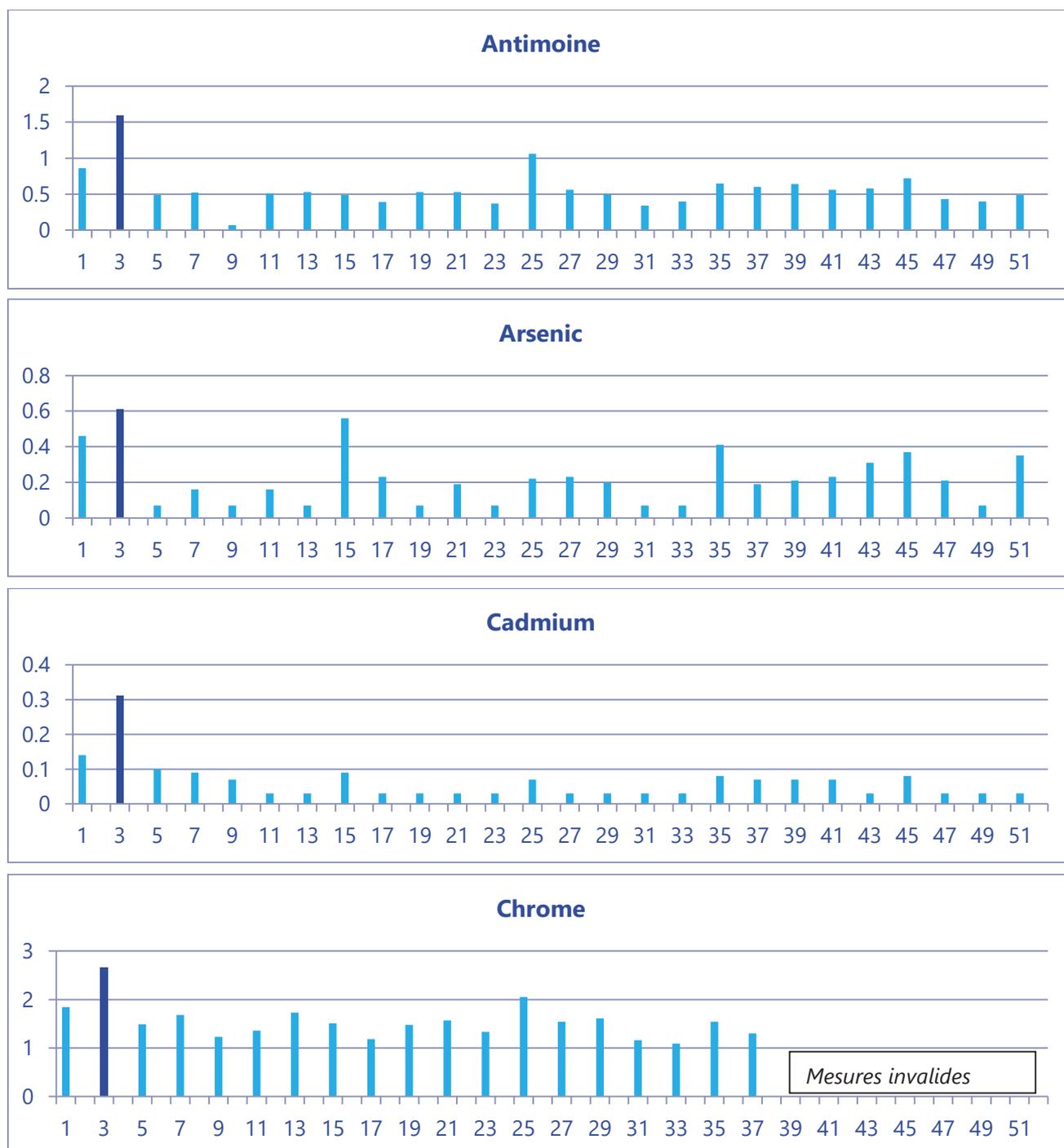
La liste des anions analysés étendue en 2017 aux phosphates, nitrates et sulfates, avec l'accord d'EDF, permet de contribuer à une meilleure connaissance de ces polluants sur la région. Ainsi, sans surprise, les sulfates gazeux sont très corrélés au dioxyde de soufre, présent sur le secteur de Gonfreville par vent de sud et sud-est.

Les sulfates particulaires et nitrates particulaires sont, eux, comme indiqué précédemment, présents lors des épisodes de pollution particulaires généralisés.

Les phosphates sous forme particulaire sont eux presque toujours inférieurs à la limite de quantification. Quelques résultats se détachent du niveau de fond pour les phosphates gazeux en période hivernale, alors que toutes les valeurs sont faibles en été.

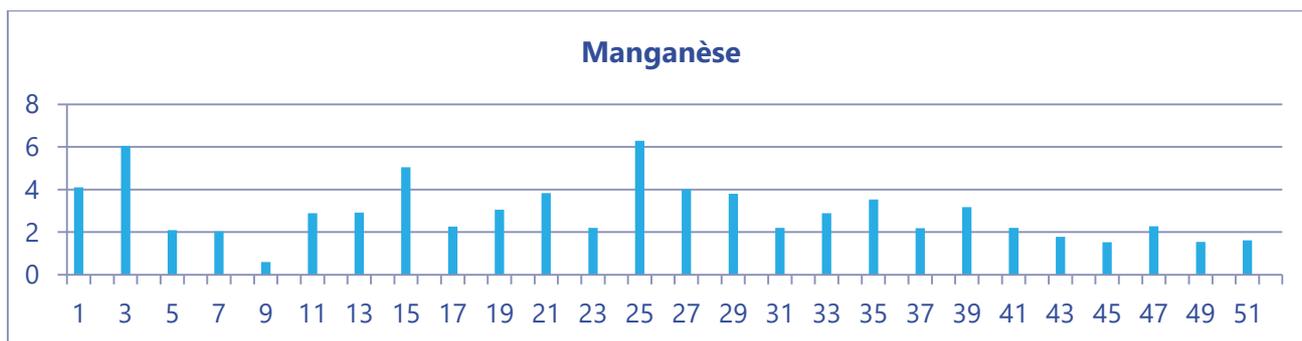
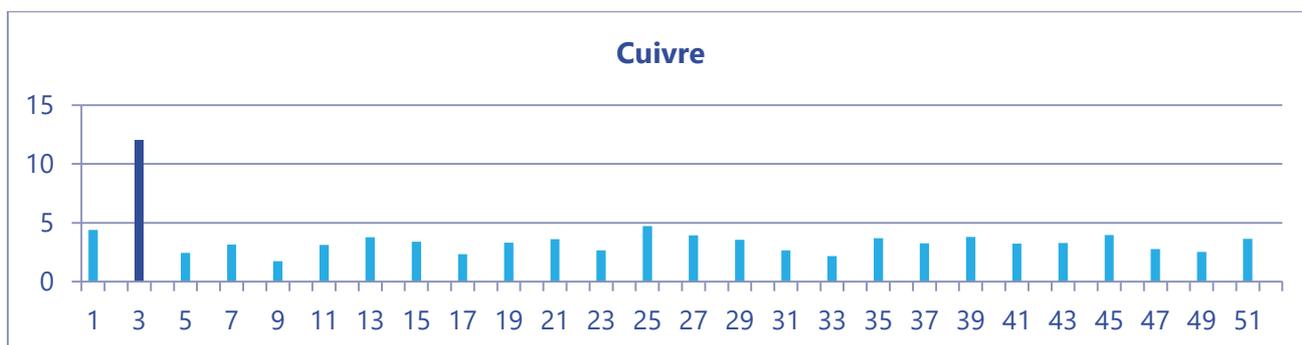
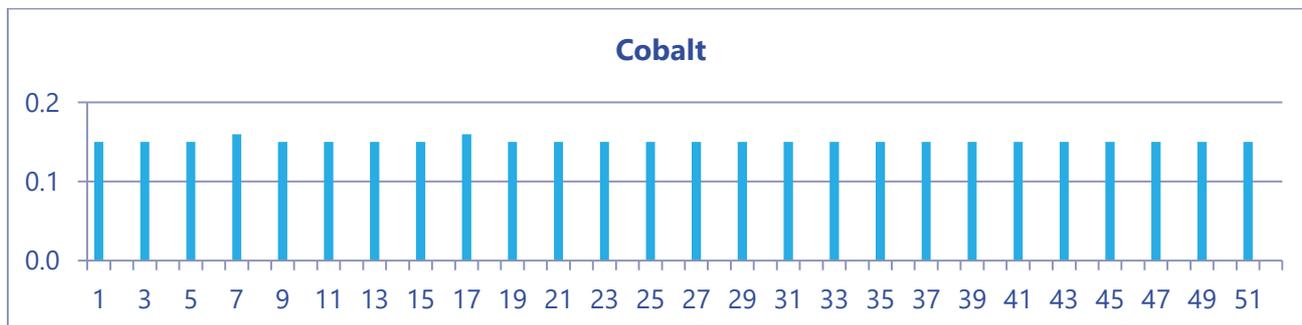
## 7. Annexes

### 7.1. Annexe 1 : Evolution des métaux durant l'année 2017 (en ng/m<sup>3</sup>)

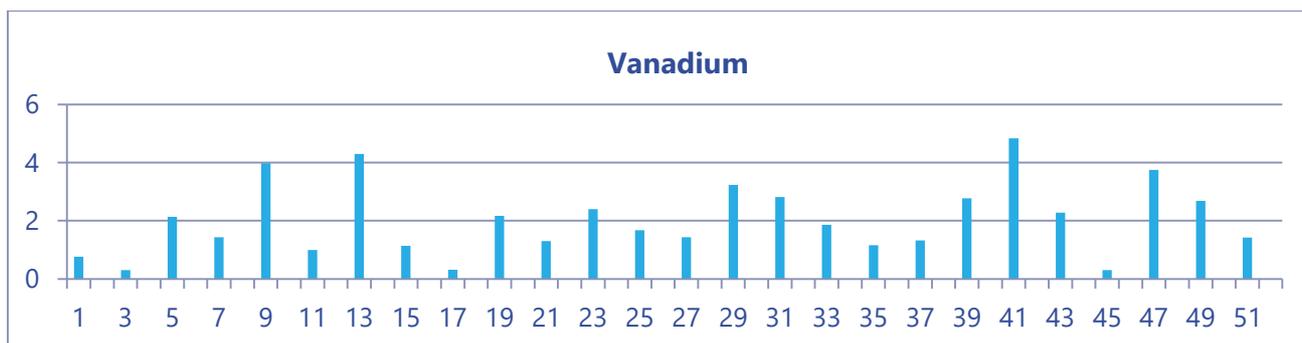
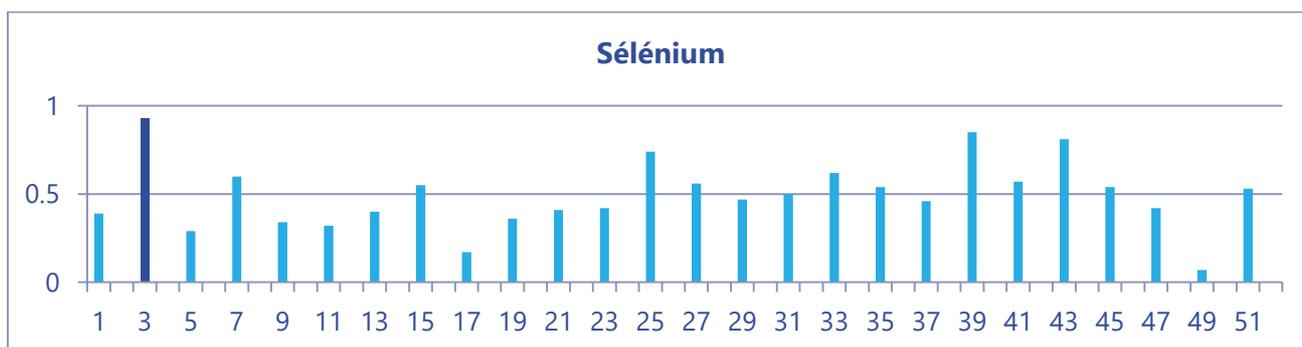
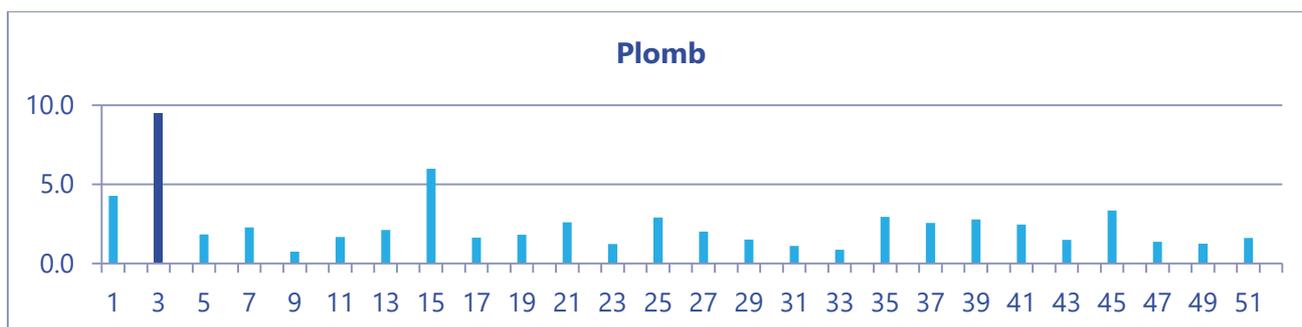
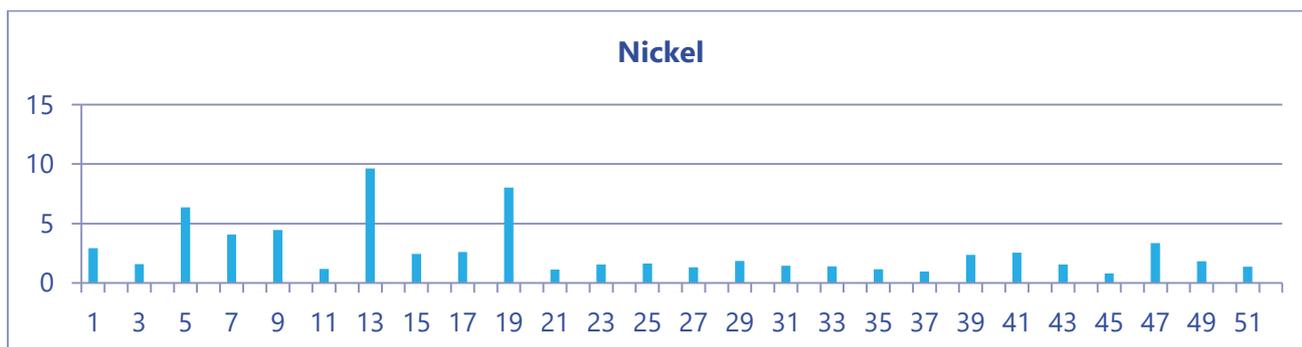


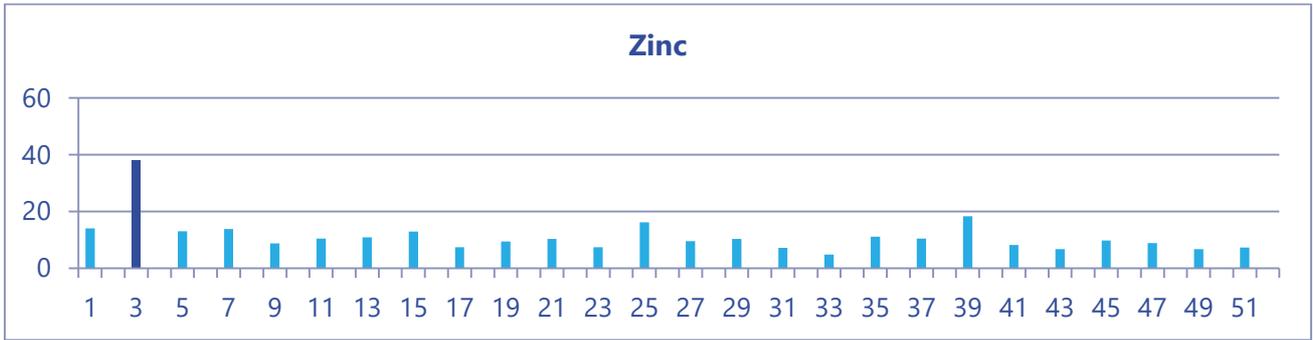
Les maxima mesurés durant la semaine 3 pour plusieurs métaux sont indiqués en bleu foncé.

## Annexe 1 (suite) : Evolution des métaux durant l'année 2017 (en ng/m<sup>3</sup>)

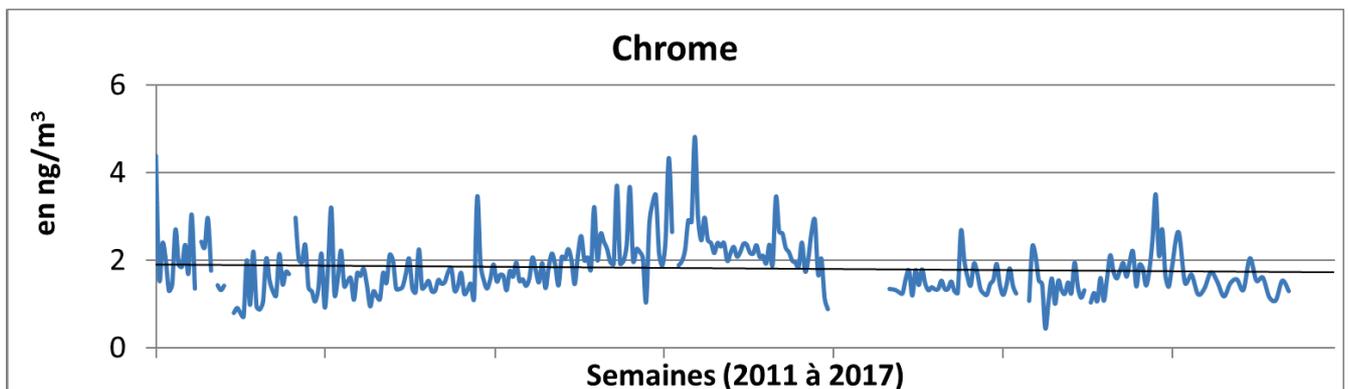
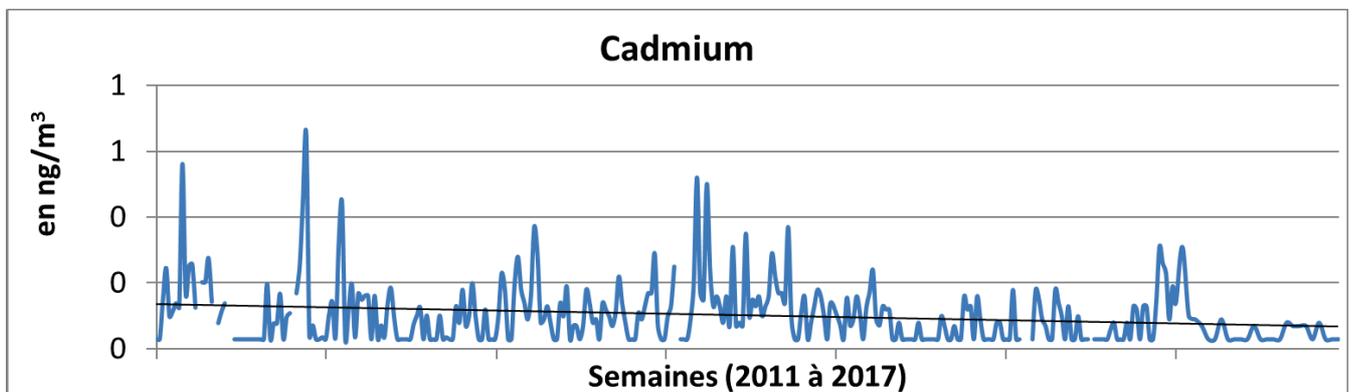
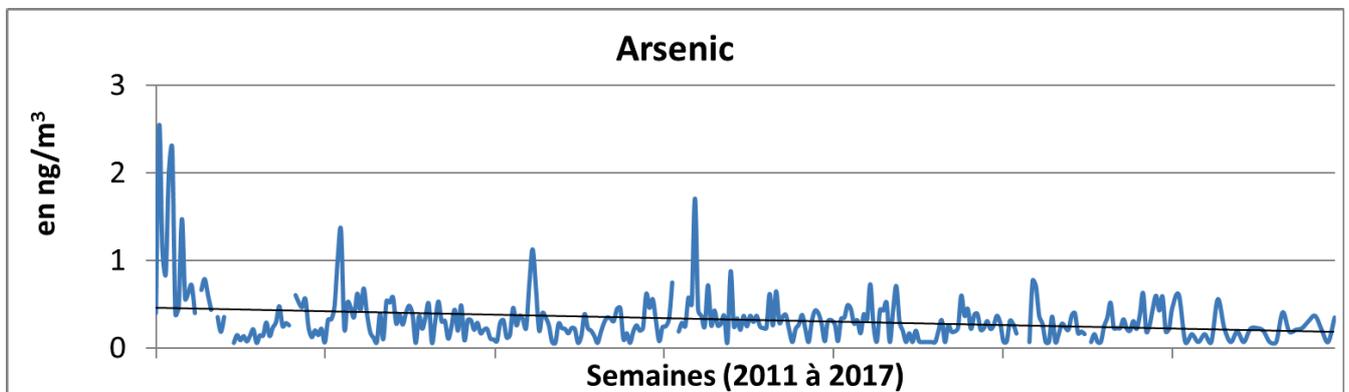
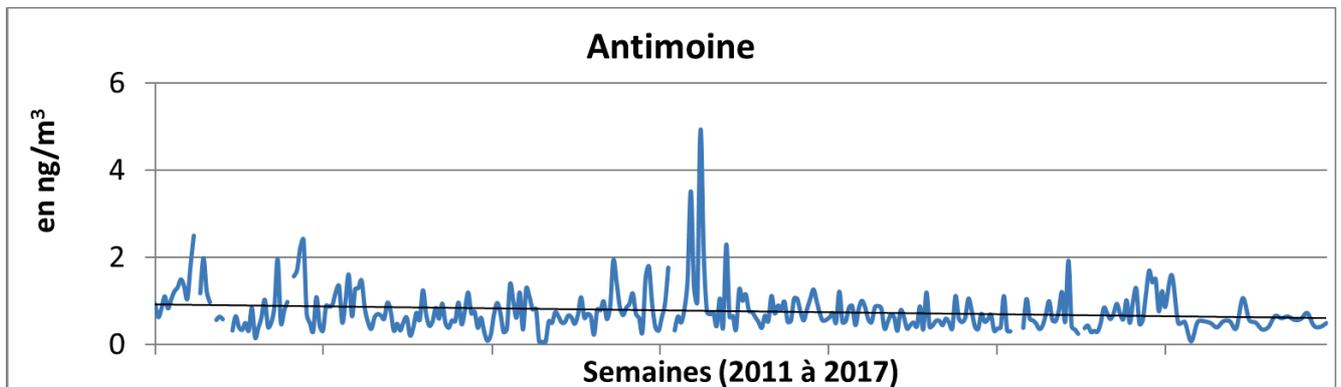


## Annexe 1 (suite) : Evolution des métaux durant l'année 2017 (en ng/m<sup>3</sup>)

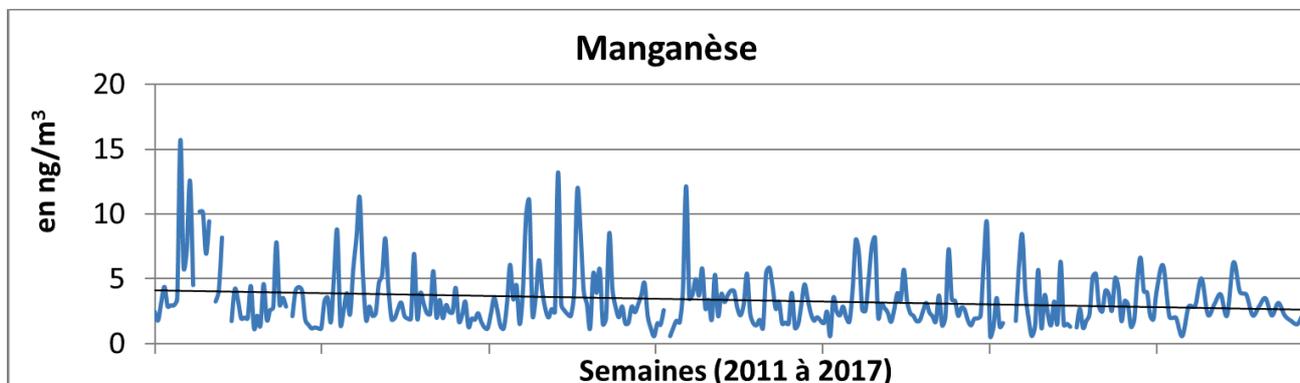
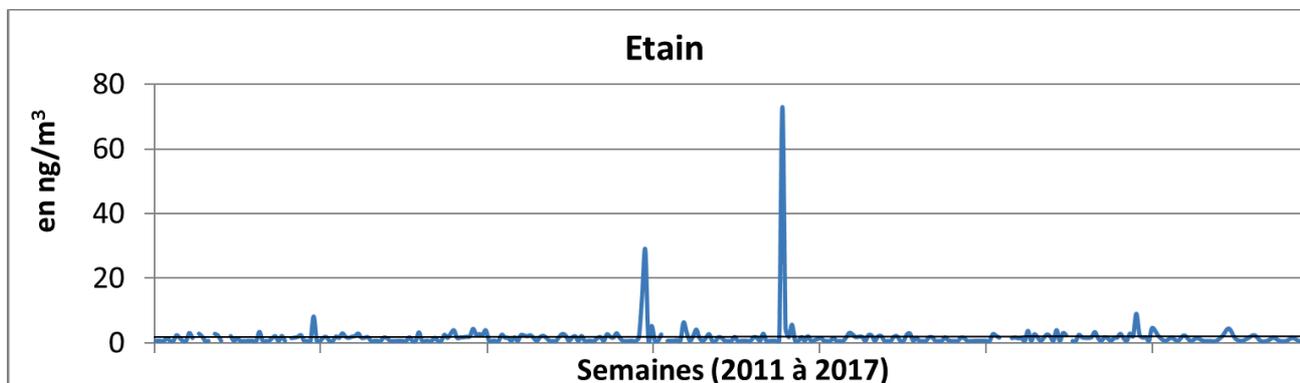
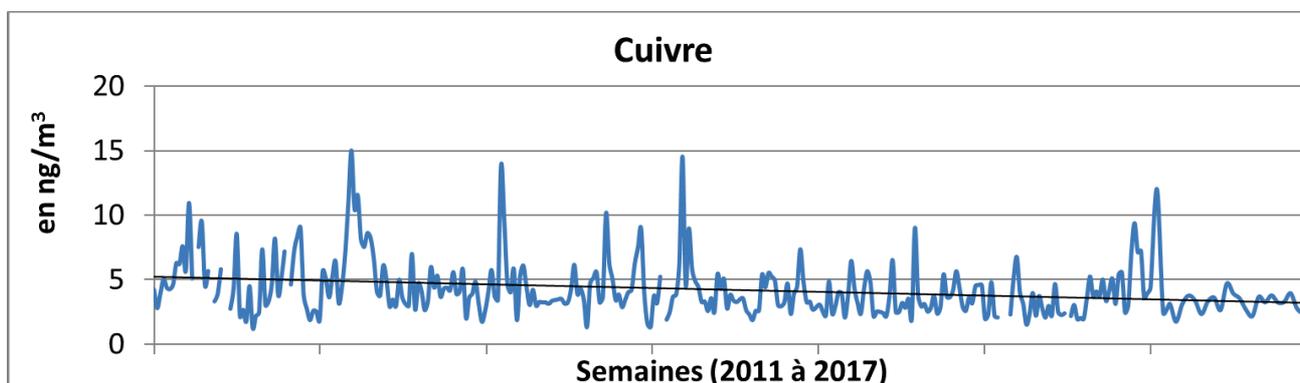
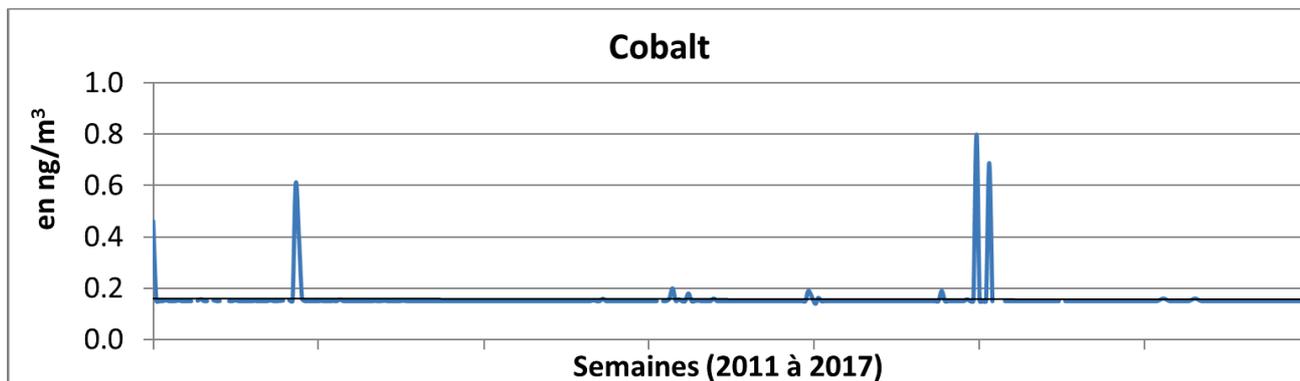




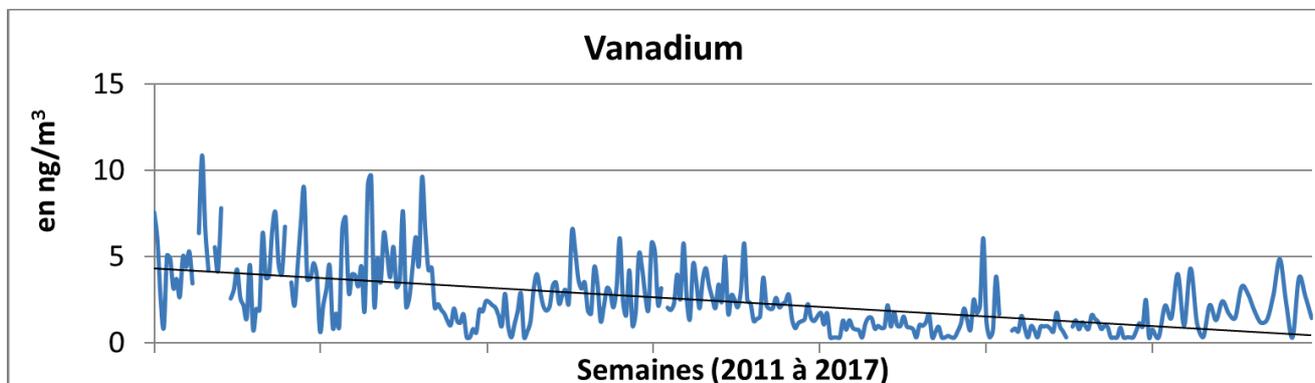
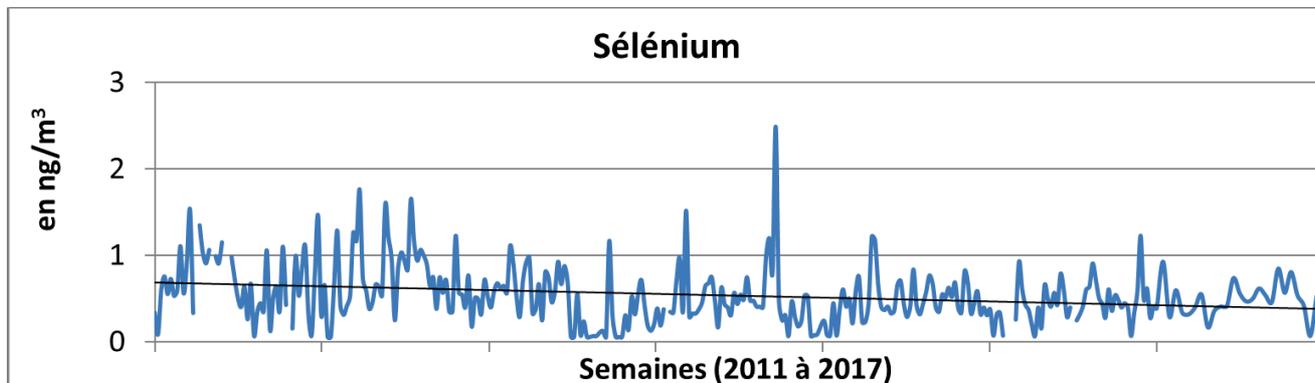
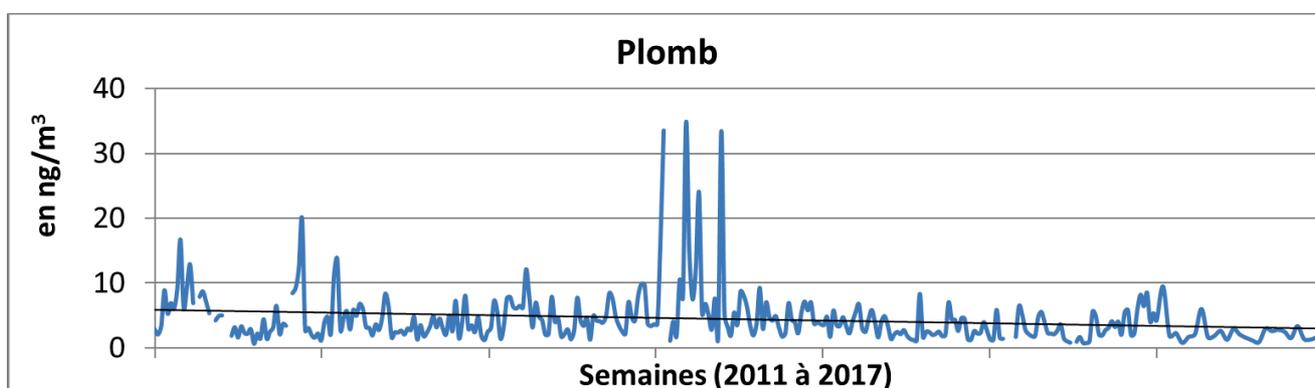
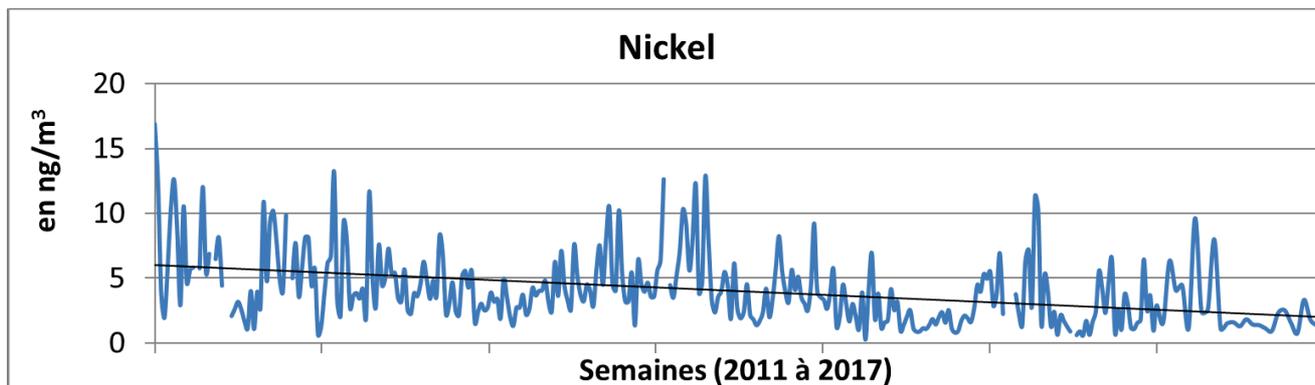
## 7.2. Annexe 2 : Evolution des métaux de 2011 à 2017 (en ng/m<sup>3</sup>)



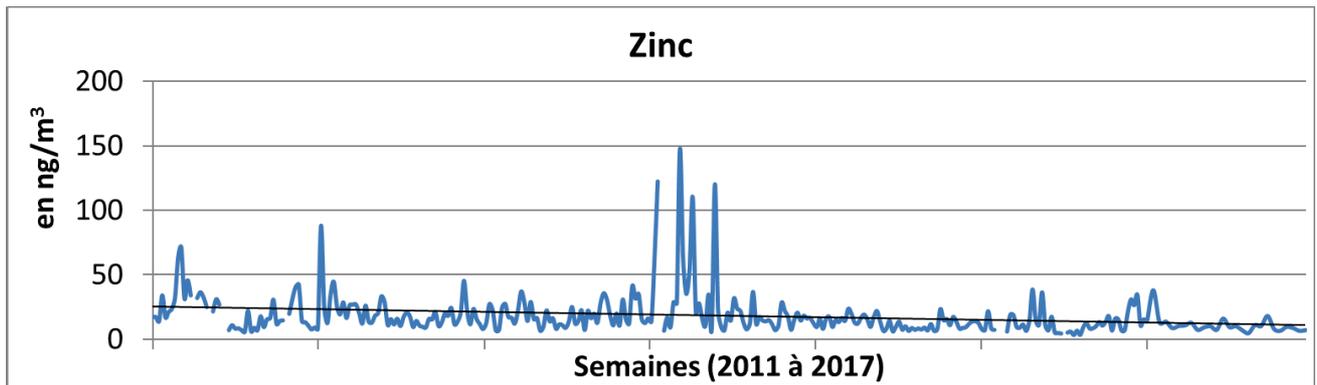
## Annexe 2 (suite) : Evolution des métaux de 2011 à 2017



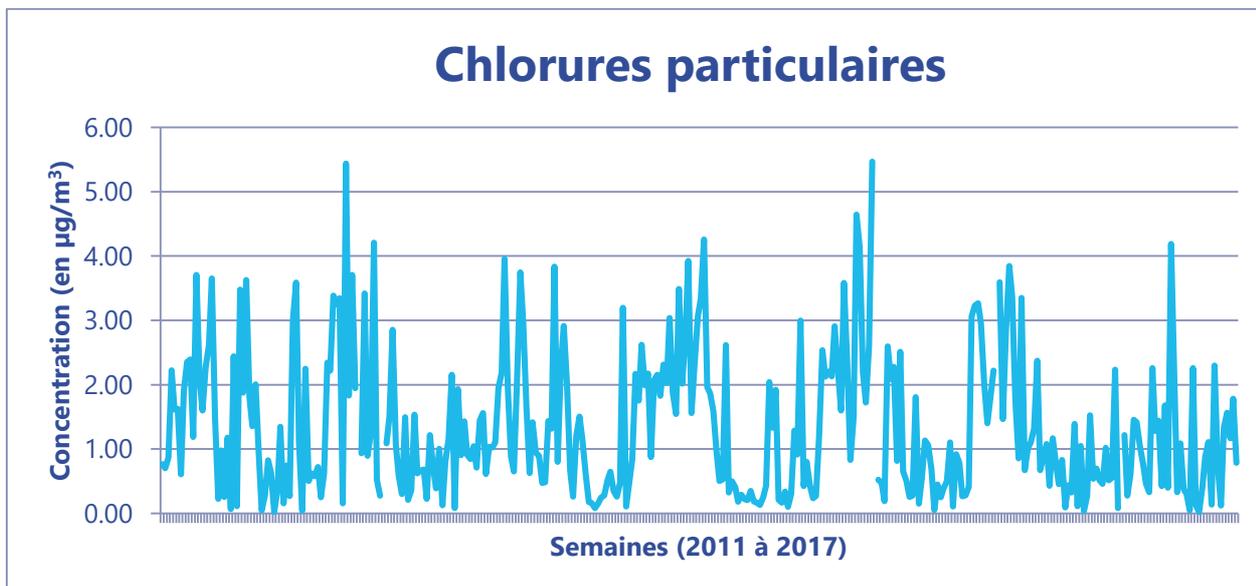
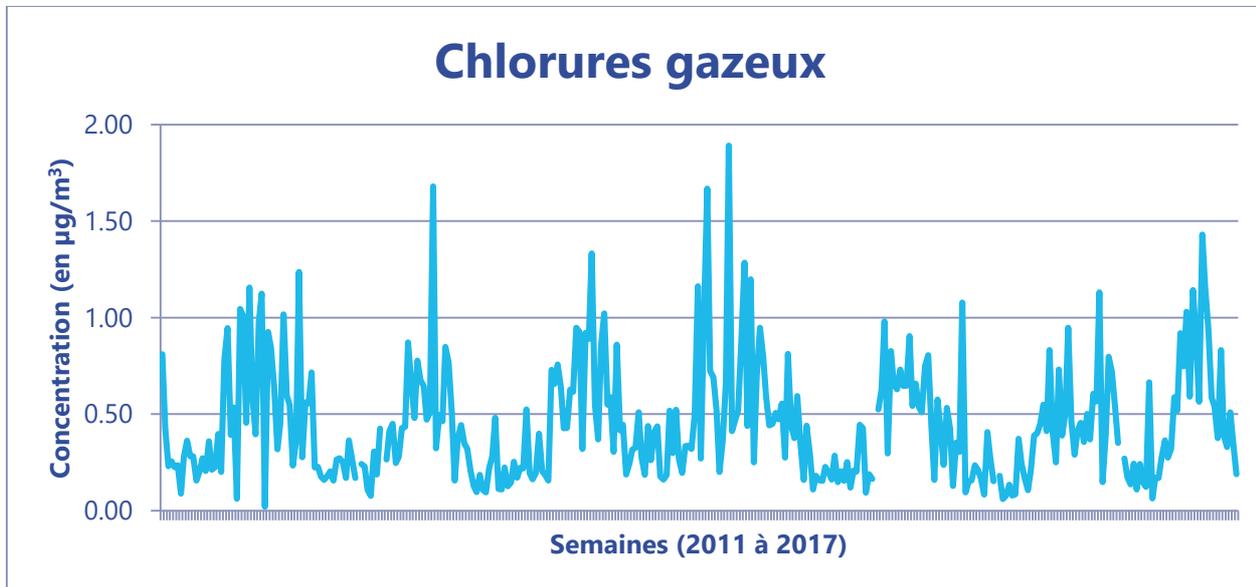
## Annexe 2 (suite) : Evolution des métaux de 2011 à 2017



## Annexe 2 (suite) : Evolution des métaux de 2011 à 2017



### 7.3. Annexe 3 : Evolution des concentrations des chlorures entre 2011 et 2017



## 8. Bibliographie

[I] ATMO NORMANDIE « Mesures de chlorures et fluorures totaux et 14 métaux particuliers à la station industrielle de Gonfreville l'Orcher – Année 2016 – Rapport n°1160\_001 (téléchargeable sur [www.atmonormandie.fr](http://www.atmonormandie.fr)).

[II] ATMO NORMANDIE « Episode de pollution particulaire en Normandie du 20 au 26 janvier 2017 » - Note téléchargeable sur [www.atmonormandie.fr](http://www.atmonormandie.fr)).

[III] INRS – Métropol - Anions minéraux M-53 et M-137

[IV] – OMS - Qualité de l'air ambiant et santé- Aide-mémoire N°313 - Septembre 2016

[V] ATMO NORMANDIE « Programme complémentaire de surveillance des pollutions industrielles autour de la zone industrielle du Havre pour les années 2013, 2014, 2015 » téléchargeable sur [www.atmonormandie.fr](http://www.atmonormandie.fr)

RETROUVEZ TOUTES  
NOS **PUBLICATIONS** SUR :  
[www.atmonormandie.fr](http://www.atmonormandie.fr)

**Atmo Normandie**

3 Place de la Pomme d'Or, 76000 ROUEN

Tél. : +33 2.35.07.94.30

Fax : +33 2.35.07.94.40

[contact@atmonormandie.fr](mailto:contact@atmonormandie.fr)

