

Mesures d'anions minéraux et de métaux particulaires à Gonfreville l'Orcher Année 2018

Référence : Rapport n° 1160-002-B

Diffusion : Mai 2019

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), ... 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-B

Le 31 mai 2019,

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

www.atmonormandie.fr

Résumé

Dans le cadre de son Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air, Atmo Normandie réalise depuis novembre 2010 des mesures de métaux particuliers et d'anions dans l'air ambiant, en proximité des émetteurs potentiels de la zone industrielle du Havre et notamment sous les vents dominants de la centrale thermique d'EDF. Quatre métaux particuliers sont réglementés dans l'air ambiant : Arsenic, Cadmium, Nickel et Plomb. La liste a été élargie à d'autres métaux (non réglementés dans l'air ambiant). Le tellure n'est plus analysé à partir de 2017, car systématiquement en dessous de la limite de quantification.

Au delà des 4 métaux réglementés, un historique a ainsi été constitué pour les substances suivantes : Antimoine, Chrome, Cobalt, Cuivre, Etain, Manganèse, Vanadium, Sélénium, Tellure, ainsi que pour 5 anions : les fluorures, chlorures, phosphates, nitrates et sulfates.

De son côté, l'industriel EDF est soumis, par arrêté préfectoral, à l'obligation de surveillance de certaines substances (s'il dépasse les flux définis par arrêté ministériel) 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.

Atmo Normandie et EDF ont donc décidé conjointement de poursuivre les mesures des anions et de 13 métaux particuliers à Gonfreville l'Orcher durant l'année 2018 afin de mieux comprendre le comportement de ces polluants sur le secteur, de mettre en évidence les plus fortes concentrations, de chercher à les expliquer et enfin de suivre les évolutions.

Les données de 2018 confortent les conclusions des 7 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 2018.

Certaines évolutions sont mises en évidence sur les 8 années de mesures. Ainsi, une tendance à la baisse est observée pour la plupart des métaux (antimoine, arsenic, chrome, cuivre, 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 2018 (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 21 de l'année 2018 en particulier est marquée par l'augmentation des concentrations en antimoine, arsenic, cobalt, cuivre, plomb et zinc. Cependant, ni les conditions de vent, ni surtout le fait que la centrale EDF était en arrêt durant la semaine 21 ne permettent de rattacher cette augmentation aux émissions de la centrale EDF.

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 analysés étendue depuis 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-ouest.

Les sulfates particuliers et nitrates particuliers sont, eux, présents lors des épisodes de pollution particuliers généralisés.

Les phosphates sous forme particulière 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

1. Introduction	8
2. Eléments nécessaires à la compréhension du document	8
2.1. Définitions	8
2.2. Contexte	9
2.3. Activité de la centrale EDF en 2018 (source EDF)	11
2.4. Approche choisie	11
2.5. Matériel	12
2.6. Méthodes	12
<i>Méthode de mesure pour les anions</i>	12
<i>Méthode d'interprétation des résultats des anions</i>	13
<i>Méthode de mesure pour les métaux particuliers</i>	13
<i>Méthode d'interprétation des résultats de métaux particuliers</i>	13
2.7. Blancs terrains	14
2.8. Origine des données	14
2.9. Limites	14
3. Déroulement	15
3.1. Période de mesure	15
3.2. Site de mesure	15
4. Résultats	16
4.1. Résultats bruts	16
4.2. Résultats transformés	17
<i>Résultats pour les métaux</i>	17
<i>Résultats des anions</i>	21
<i>Résultats des chlorures (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	22
<i>Résultats des fluorures (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	23
<i>Résultats des nitrates (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	24
<i>Résultats des sulfates (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	25
<i>Résultats des phosphates (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	26
<i>Comparaison avec une autre station de mesure des anions dans la région</i>	26
5. Interprétation des résultats et discussion	29
5.1. Comparaison par rapport aux seuils réglementaires et valeurs de référence existants :	29
5.2. Concentrations maximales durant l'année 2018 :	29
5.3. Comparaison par rapport à d'autres sites de mesures :	33
5.4. Evolution des concentrations de 2011 à 2018 :	34
6. Conclusions	37
7. Annexes	39

7.1. Annexe 1 : Evolution des métaux durant l'année 2018 sur le site de Gonfreville l'Orcher (en ng/m³)	39
Annexe 1 (suite) : Evolution des métaux durant l'année 2018 sur le site de Gonfreville l'Orcher (en ng/m ³)	.40
Annexe 1 (suite) : Evolution des métaux durant l'année 2018 sur le site de Gonfreville l'Orcher (en ng/m ³)	.41
7.2. Annexe 2 : Evolution des métaux de 2011 à 2018 sur le site de Gonfreville l'Orcher	43
Annexe 2 (suite) : Evolution des métaux de 2011 à 2018	44
Annexe 2 (suite) : Evolution des métaux de 2011 à 2018 sur le site de Gonfreville l'Orcher	45
Annexe 2 (suite) : Evolution des métaux de 2011 à 2018 sur le site de Gonfreville l'Orcher	46
7.3. Annexe 3 : Evolution des concentrations des chlorures entre 2011 et 2018 sur le site de Gonfreville	47
8. Bibliographie.....	48



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

Cl^- : chlorures

F^- : fluorures

PO_4^{3-} : phosphates

NO_3^- : nitrates

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)

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

1. Introduction

Dans le cadre de son Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air, Atmo Normandie réalise depuis novembre 2010 des mesures de métaux particuliers et d'anions dans l'air ambiant, en proximité des émetteurs potentiels de la zone industrielle du Havre et notamment sous les vents dominants de la centrale thermique d'EDF. Quatre métaux particuliers sont réglementés dans l'air ambiant : Arsenic, Cadmium, Nickel et Plomb. La liste a été élargie à d'autres métaux (non réglementés dans l'air ambiant). Le tellure n'est plus analysé à partir de 2017, car systématiquement en dessous de la limite de quantification [1].

Au delà des 4 métaux réglementés, un historique (unique en Normandie) a ainsi été constitué pour les substances suivantes : Antimoine, Chrome, Cobalt, Cuivre, Etain, Manganèse, Vanadium, Sélénium, Tellure, ainsi que pour 5 anions : les fluorures, chlorures, phosphates, nitrates et sulfates.

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.

Atmo Normandie et EDF ont donc décidé conjointement de poursuivre les mesures des anions et de 13 métaux particuliers à Gonfreville l'Orcher durant l'année 2018 afin de mieux comprendre le comportement de ces polluants sur le secteur, de mettre en évidence les plus fortes concentrations, de chercher à les expliquer et enfin de suivre les évolutions.

Ce rapport présente les résultats de l'année 2018, 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 pour tout public intéressé.

2. Eléments nécessaires à la compréhension du document

2.1. Définitions

- Chlorures, fluorures, phosphates, nitrates et sulfates particuliers, gazeux et 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 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).

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. Figure 1 et Tableau 1).

Les émissions des émetteurs déclarés sont consultables sur le site de l'IREP (jusqu'en 2017 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 2018 concernant la centrale thermique EDF sont transmises par EDF.

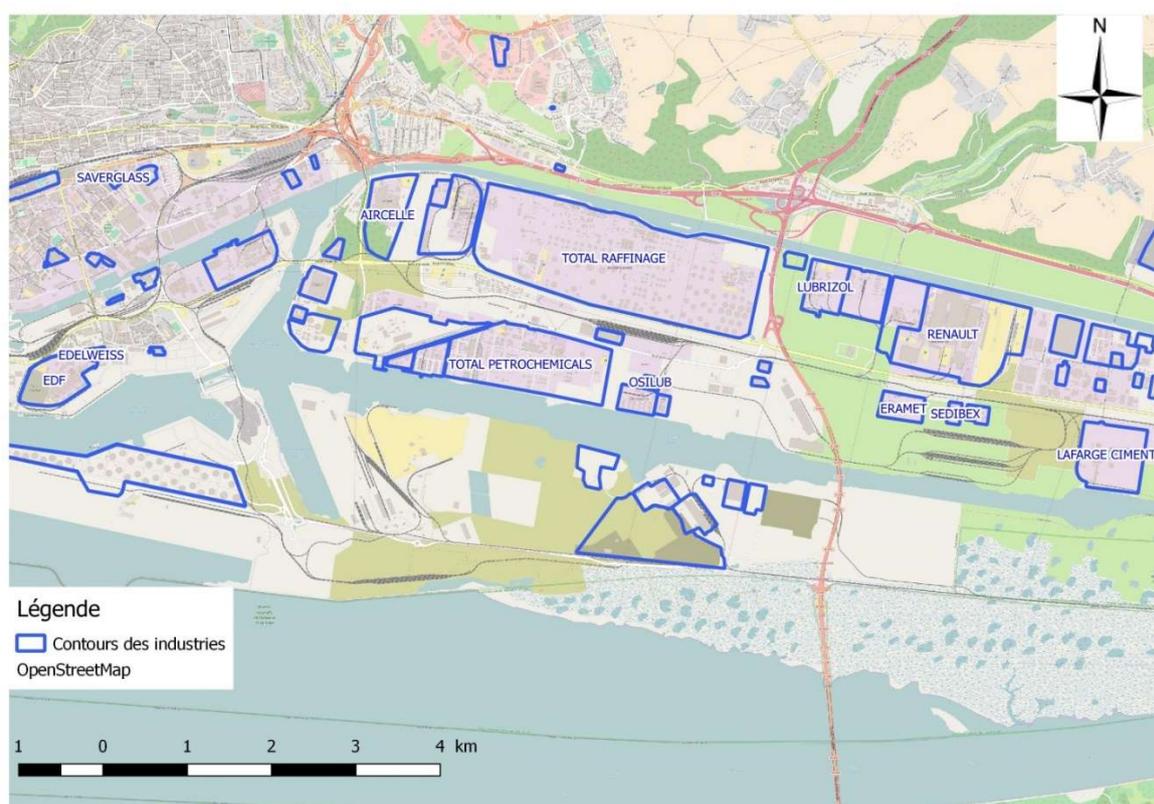


Figure 1: Carte des principaux émetteurs industriels déclarés de métaux, HCl et HF en 2017

¹ 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 2017 (source : IREP)	Emissions en 2017 en Kg/an (source IREP)	Emissions EDF en 2018 en Kg/an supérieures au seuil de déclaration (Source EDF)
Sb	TOTAL PETROCHEMICALS USINE DE GONFREVILLE	104	
Cd	TOTAL PETROCHEMICALS USINE DE GONFREVILLE	42	
Cr	TOTAL PETROCHEMICALS USINE DE GONFREVILLE	535	
Co	TOTAL PETROCHEMICALS USINE DE GONFREVILLE	9,75	
	TOTAL RAFFINAGE RAFFINERIE DE NORMANDIE	11,8	
Cu	TOTAL PETROCHEMICALS USINE DE GONFREVILLE	135	
Mn	TOTAL PETROCHEMICALS USINE DE GONFREVILLE	340	
Ni	ERAMET	142	
	TOTAL RAFFINAGE RAFFINERIE DE NORMANDIE	842	
	TOTAL PETROCHEMICALS USINE DE GONFREVILLE	569	
Tl	TOTAL RAFFINAGE RAFFINERIE DE NORMANDIE	58,9	
V	TOTAL RAFFINAGE RAFFINERIE DE NORMANDIE	2490	
	TOTAL PETROCHEMICALS USINE DE GONFREVILLE	14,2	
	EDF	41	34,8
Zn	TOTAL PETROCHEMICALS USINE DE GONFREVILLE	703	
	RENAULT	655	
Chlorures	EDF	74 400	38 951
Fluorures	EDF	7 840	4 445

Tableau 1 : Emetteurs déclarés des métaux, d'HCl et HF sur la zone industrielle du Havre en 2017 (et complément d'information en 2018 par EDF)

2.3. Activité de la centrale EDF en 2018 (source EDF)

Les données d'activité de la centrale thermique pour l'année 2018 transmises par EDF sont les suivantes :

Activité de la Centrale EDF en 2018 :	2090 heures de fonctionnement (24% du temps)
Arrêts pour maintenance programmée	Du 18/08 au 19/10/2018
Arrêt pour mouvement social	Du 03/03 au 22/04/2018 et du 26/10 au 15/11/2018

Tableau 2 : Données d'activité de la centrale EDF en 2018

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 depuis 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 ($1 \text{ m}^3/\text{h}$) effectuant une coupure granulométrique des particules à 10 microns (appareil PARTISOL spéciation pour les anions, appareil PARTISOL pour les métaux).



Photo de l'intérieur de la station

Figure 2 Photographies de la station GOR de Gonfreville

2.6. Méthodes

Méthode de mesure pour les anions

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 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 ² [III].

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-évaporée 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.

² La méthode ne permet pas de doser les composés particulaires fluorés insolubles.

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 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'OMS³ pour les fluorures totaux, ainsi qu'aux résultats sur un autre site de la région (Grand Couronne) pour tous les anions [II]. Cependant, sur cette station de Grand Couronne, la période de mesure s'étend sur les huit premiers mois de l'année 2018. La comparaison n'est donc possible que sur ces huit mois.

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.

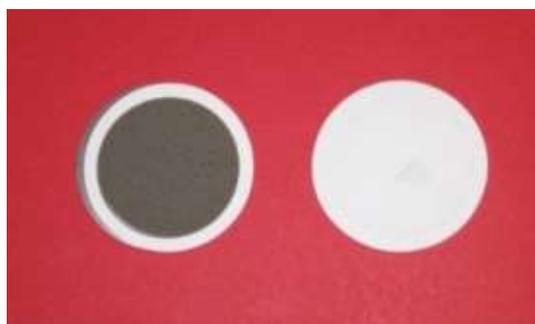


Figure 3 : Exemple de photos de filtres (à gauche un filtre après prélèvement des poussières PM₁₀, à droite un filtre vierge)

Les filtres ont ensuite été 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. Dans quelques cas, ils ont été analysés au laboratoire Micropolluants Technologie (Saint Julien les Metz) pour une période durant laquelle le laboratoire de Rouen avait un système d'analyse en panne.

Méthode d'interprétation des résultats de métaux particuliers

³ 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.

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 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 (Port Jérôme sur Seine), Petit Quevilly et Grand Couronne (Retia).

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 (jusqu'au 18/03/18) 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 2018, seule la station de Notre-Dame de Gravenchon (Port Jérôme sur Seine) mesure 13 métaux durant l'année entière. Les autres mesurent les 4 métaux réglementés : arsenic, cadmium, nickel et plomb. Pour les anions, une autre station dans la région (Grand Couronne Retia) mesure les chlorures, fluorures, nitrates, sulfates et phosphates, mais selon un calendrier spécifique qui comprend les huit premiers mois de l'année 2018 [II].

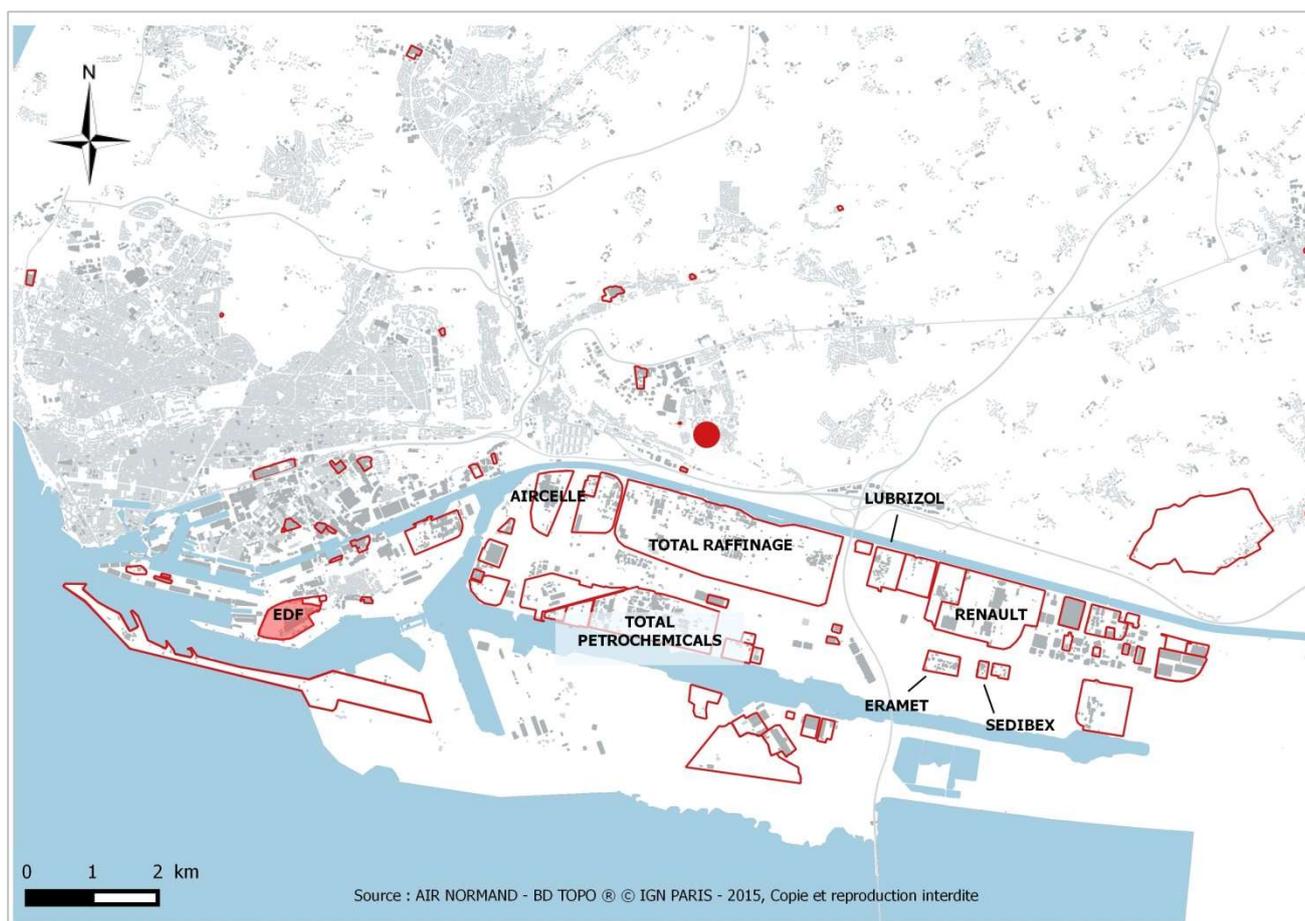
3. Déroulement

3.1. Période de mesure

La campagne de mesure s'effectue tout au long de l'année 2018, dans la continuité des mesures commencées depuis fin 2010. La nouveauté depuis 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 43). Ce choix du site s'appuie sur une modélisation de la dispersion des émissions de SO₂ de la centrale thermique. En effet, sur l'agglomération havraise ce site est celui sur lequel l'impact relatif des émissions de SO₂ 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).



Station de mesure	Occupation du sol
Station de Gonfreville l'Orcher	Bâti résidentiel
	Bâti industriel
	Canaux
	Routes
	Contour des industries
	Centrale EDF

Figure 4 : Localisation du site de mesure par rapport à la centrale thermique EDF

4. Résultats

4.1. Résultats bruts

- Anions (particulaires, gazeux et 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). 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). Ces résultats sont ensuite exprimés par Atmo Normandie en ng/m³ en divisant par le volume échantillonné

4.2. Résultats transformés

Résultats pour les métaux

Le tableau 3 présente les résultats (en moyenne et maximum) durant les années 2011 à 2018 et les compare aux valeurs repères lorsqu'elles existent.

Commentaires :

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

L'évolution des concentrations des 13 métaux sur l'ensemble de l'année 2018 est représentée en **annexe 1**. Cette évolution met en évidence le fait que plusieurs métaux (antimoine, arsenic, cobalt, cuivre, plomb et zinc) enregistrent leurs concentrations maximales durant la même semaine 21 (du 21 mai au 27 mai 2018).

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

Gonfreville l'Orcher	Moyenne (ng/m ³)								Maximum hebdomadaire (ng/m ³)								Valeur repère ⁴	
	Année	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		2018
Antimoine	1.0	0.7	0.7	1.0	0.6	0.7	0.6	0.5	2.5	1.6	1.9	4.9	1.2	1.9	1.6	1.2	21	
Arsenic	0.5	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	3.4	1.3	1.1	1.7	0.7	0.8	0.6	0.6	9 et 21	6
Cadmium	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.7	0.4	0.4	0.5	0.2	0.3	0.3	0.2	41 et 47	5
Chrome	1.8	1.6	2.1	2.5	1.5	1.6	1.5	1.1	4.4	3.5	3.7	4.8	2.7	3.5	2.7	5.0	27	
Cobalt	0.3 (LQ)	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.6	0.4	0.4	0.4	0.8	0.7	0.2	0.2	21	
Cuivre	4.9	5.2	4.5	4.1	3.6	3.7	3.6	3.4	11.0	15.0	13.8	14.6	9.0	9.4	12.0	5.0	21 et 41	
Etain	1.9	2.0	2.6	3.1	1.4	2.0	1.6	1.5	8.3	4.5	29	73.1	3.2	9.2	4.8	4.8	27	
Manganèse	4.2	3.4	3.9	3.1	3.2	3.0	2.9	3.6	15.7	11.3	13.2	12.2	9.3	8.5	6.3	7.7	17	
Nickel	6.1	4.6	4.3	5.0	2.5	3.1	2.7	2.3	16.9	13.2	10.5	12.9	7.0	11.3	9.6	7.5	31	20
Plomb	5.3	4.0	4.9	7.5	3.2	3.2	2.4	2.6	20.0	13.7	12.1	34.9	8.3	8.5	9.5	5.6	21	250 / 500
Sélénium	0.7	0.7	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	1.5	1.8	1.2	2.5	1.2	1.2	0.9	1.0	23	
Vanadium	4.5	3.4	2.6	2.6	1.1	0.9	2.0	1.5	10.8	9.6	6.5	5.8	6.1	3.8	4.8	5.4	51	
Zinc	22.2	20.4	18.8	28.6	12.6	13.0	11.2	11.9	71.3	88.0	41.4	147.4	23.8	38.7	38.1	22.2	21	

Tableau 3 : Résultats des métaux à Gonfreville (en moyenne et maximum) entre 2011 et 2018

⁴ Valeur cible annuelle (As, Cd, Ni)

Objectif de qualité / Valeur limite annuels (Pb)

Réglementation européenne transcrite par décret (n°2010-1250 – 21 octobre 2010)

- **Tendances observées sur 8 ans**

L'évolution des concentrations de 2011 à 2018 pour les 13 métaux est présentée graphiquement en **annexe 2**. Les tendances sont étudiées dans le tableau 4 ci-dessous.

Métaux	Tendance significative Entre 2011 et 2018	Pente estimée (méthode de Sen)
Antimoine	Tendance à la baisse	-0.0007
Arsenic	Tendance à la baisse	-0.0003
Cadmium	Pas de tendance	0
Chrome	Tendance à la baisse	-0.0010
Cobalt	La tendance n'est pas significative	
Cuivre	Tendance à la baisse	-0.0043
Etain	La tendance n'est pas significative	
Manganèse	La tendance n'est pas significative	
Nickel	Tendance à la baisse	-0.0010
Plomb	Tendance à la baisse	-0.0060
Sélénium	Tendance à la baisse	-0.0006
Vanadium	Tendance à la baisse	-0.0087
Zinc	Tendance à la baisse	-0.0290

Tableau 4 : Tendances pour les résultats des métaux entre 2011 et 2018 à Gonfreville

Commentaire :

La plupart des métaux montre **une tendance significative à la baisse entre 2011 à 2018** à la station de Gonfreville (vérifiée par un test de tendance de Mann-Kendall au risque de 5%). Sont concernés en particulier les métaux : Zn, V, Pb, Cu et avec une pente moins marquée : Cr, Ni, Sb, Se, As.

- **Comparaison pour les métaux avec d'autres sites de mesure en 2018**

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. (Voir les tableaux 5 et 6).

Quatre métaux sont mesurés en routine sur la station urbaine de Petit Quevilly. L'ensemble des 13 métaux est par ailleurs mesuré en 2018 sur les stations industrielles de Port Jérôme sur Seine et Gonfreville l'Orcher.

Métaux* 2018 nanogrammes par m ³	Gonfreville l'Orcher	Port Jérôme sur Seine	Petit-Quevilly	Valeurs Repères ⁴
Plomb Pb	2.6	2.8	2.9	250 / 500
Arsenic As	0.3	0.3	0.3	6
Nickel Ni	2.3	0.9	1.0	20
Cadmium Cd	0.1	0.1	0.1	5

Tableau 5 : Comparaison avec les autres stations de la région (en moyenne) pour les 4 métaux réglementés dans l'air

Métaux* 2018 nanogrammes par m ³	Gonfreville l'Orcher	Port Jérôme sur Seine
Antimoine Sb	0.5	0.4
Chrome Cr	1.1	1.0
Cobalt Co	0.1	0.1
Cuivre Cu	3.4	2.8
Étain Sn	1.5	0.8
Manganèse Mn	3.6	3.0
Sélénium Se	0.4	0.4
Vanadium V	1.5	0.7
Zinc Zn	11.9	10.8

Tableau 6 : Comparaison avec les autres stations de la région (en moyenne) pour les métaux non réglementés dans l'air

Commentaire :

La comparaison avec les deux autres stations met en évidence la présence un peu plus marquée de plusieurs métaux sur le site de Gonfreville l'Orcher. C'est le cas du nickel, du cuivre, de l'étain, du vanadium et du zinc.

Résultats des anions

Les mesures de chlorures et fluorures sont réalisées depuis novembre 2010 à la station de Gonfreville sur un pas de temps hebdomadaire, puis au rythme d'une semaine sur deux à partir de 2017. C'est aussi à partir de 2017 que sont ajoutées des analyses de nitrates, sulfates et phosphates à celles des chlorures et fluorures.

Gonfreville l'Orcher Année 2018	Moyenne (en µg/m³)	Maximum (en µg/m³)	Valeur repère annuelle
Chlorures particulaires	0.64	2.11	
Chlorures gazeux	0.66	1.95	
Chlorures totaux⁵	1.15	3.29	TA Luft :100
Fluorures particulaires	0.01 (LQ)	0.01 (LQ)	
Fluorures gazeux	0.01	0.01	
Fluorures totaux	0.02	0.02	guide OMS : 1
Nitrates particulaires	3.04	9.19	
Nitrates gazeux	1.14	3.55	
Nitrates totaux	3.70	9.80	
Sulfates particulaires	1.95	3.23	
Sulfates gazeux	9.47	27.58	
Sulfates totaux	10.10	29.30	
Phosphates particulaires	0.03	0.24	
Phosphates gazeux	0.03	0.23	
Phosphates totaux	0.06	0.28	

Tableau 7 : Résultats des anions en 2018 et valeurs repères

⁵ Les chlorures totaux sont calculés, pour chaque prélèvement hebdomadaire, en sommant les chlorures particulaires et gazeux. On applique la même méthode aux autres anions.

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

La synthèse des résultats des chlorures en 2018 est présentée dans le tableau 7.

En l'absence de valeur réglementaire française, les concentrations en chlorures sont comparées à la valeur limite allemande. La moyenne annuelle des chlorures totaux est nettement inférieure au seuil de cette valeur limite annuelle allemande.

- Profil annuel des chlorures

Les chlorures sont habituellement composés majoritairement de chlorures particuliers (voir en figure 5), en particulier durant l'hiver. Pendant la période « estivale » de 2018, la concentration en chlorures gazeux (qui peut être un indicateur des émissions d'acide chlorhydrique) augmente, probablement en lien avec la température, tandis que celle des chlorures particuliers diminue. Néanmoins ces augmentations ne semblent pas en lien avec les périodes de fonctionnement de la centrale EDF, qui ont lieu plutôt en hiver.

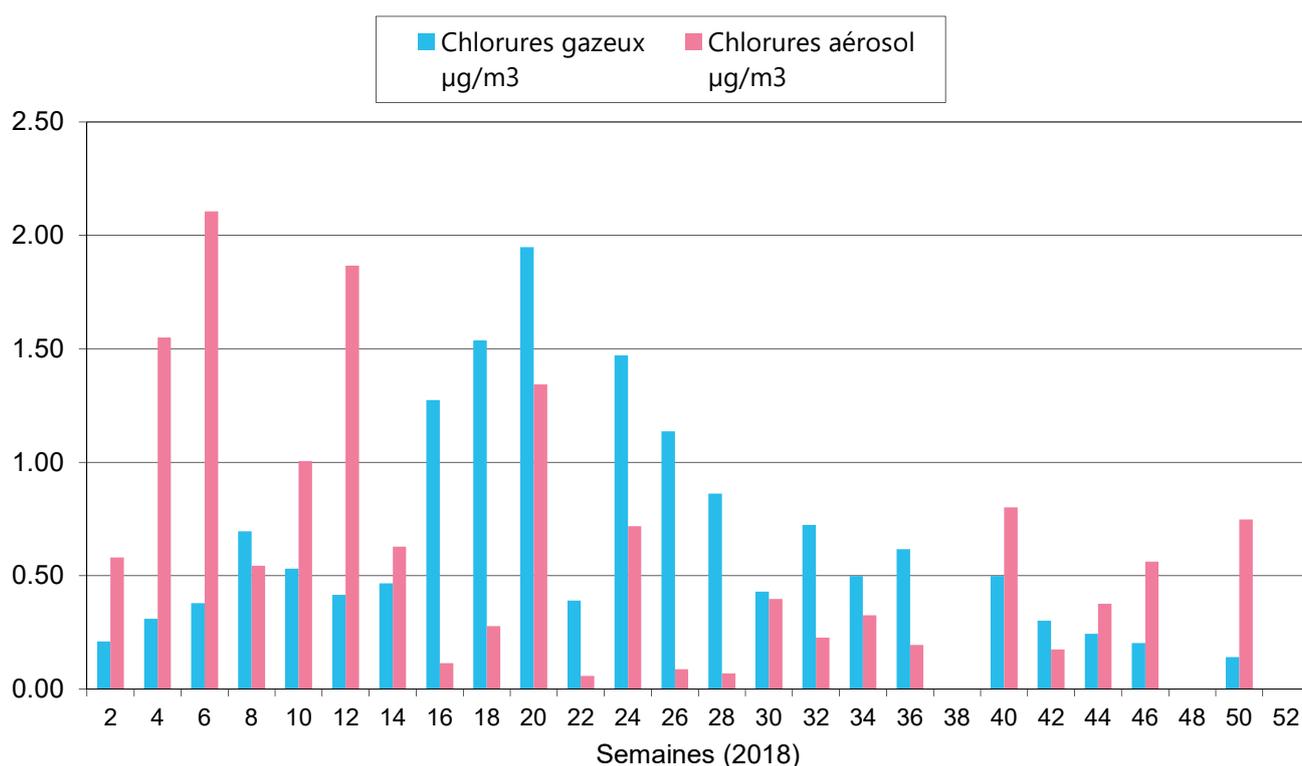


Figure 5 : Résultats (une semaine sur 2) des chlorures en 2018 à Gonfreville l'Orcher

- Tendance observée sur 8 années des chlorures

L'évolution des moyennes annuelles sur les 8 années de mesures (2011 à 2018) ne met pas en évidence de tendance significative à la baisse ou à la hausse (voir le tableau 8 et **annexe 3**).

En particulier, les chlorures gazeux (dont le HCl) ne montre pas de tendance significative à la baisse ni à la hausse entre 2011 à 2018 à la station de Gonfreville (ce qui est vérifié par un test de tendance de Mann-Kendall au risque de 5%).

Le tracé des concentrations de chlorures à Gonfreville sur un pas de temps hebdomadaire⁶ durant les 8 années de mesures est présenté en annexe 3. S'il ne montre pas de tendance à long terme, il met cependant en évidence le profil saisonnier des chlorures (comme vu au paragraphe précédent).

Gonfreville l'Orcher	Moyenne (en µg/m ³)								Maximum (en µg/m ³)								Valeur repère TA Luft :
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Chlorures particulaires	1.5	1.4	1.3	1.3	1.6	1.1	1.0	0.6	3.7	5.4	3.8	4.3	3.3	3.9	4.2	2.1	100
Chlorures gazeux	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.6	0.7	1.2	1.7	1.3	1.9	1.1	1.1	1.4	2.0	
Chlorures totaux	2.0	1.7	1.8	1.9	2.0	1.5	1.7	1.2	5.0	7.1	5.2	6.2	4.4	4.0	4.5	3.3	

Tableau 8 : Evolution des chlorures à Gonfreville entre 2011 et 2018

Résultats des fluorures (en µg/m³)

Les concentrations hebdomadaires des fluorures particuliers et gazeux sont toutes inférieures à la limite de quantification, c'est à dire égales à 0,01 µg/m³ durant toute l'année 2018.⁷

C'était le cas aussi durant les années précédentes, ainsi que sur l'autre station des fluorures de la région (Stade de Grand Couronne [IV]).

La valeur guide annuelle de l'OMS⁸ : 1 µg/m³ pour les fluorures totaux est donc largement respectée.

⁶ (une semaine sur deux à partir de 2017)

⁷ 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.

⁸ 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.

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

Il n'existe pas de valeur de référence réglementaire dans l'air ambiant.

- Profil annuel des nitrates

La part des nitrates sous forme particulaire est plus importante en hiver, et en particulier durant la semaine 8 (du 19 février au 25 février 2018). La courbe des nitrates particulaires suit assez bien celle des particules PM10 en suspension dans l'air ambiant mesurées sur le site de Gonfreville. En période estivale, au contraire, la part des nitrates sous forme gazeuse augmente, probablement en lien avec la température, alors que celle des aérosols diminue.

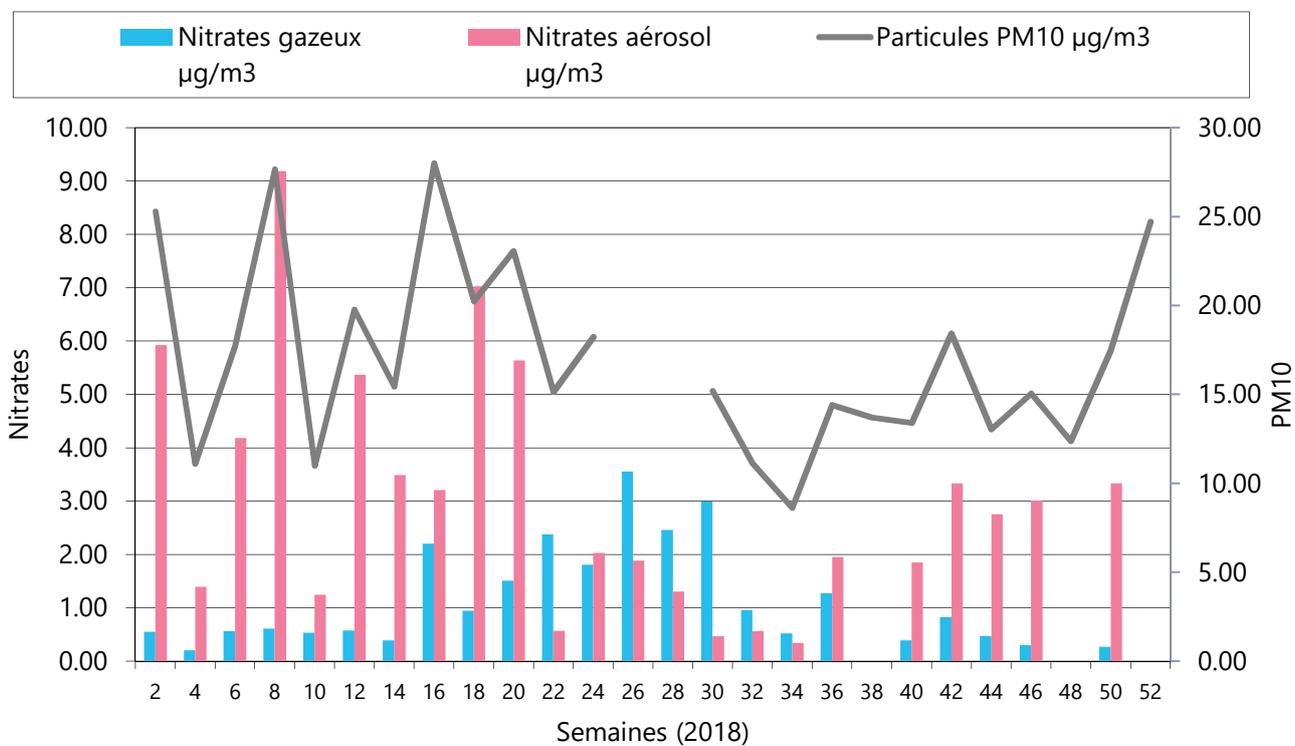


Figure 6 : Evolution (une semaine sur 2) des nitrates durant l'année 2018 et des PM10 en parallèle

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

Il n'existe pas de valeur de référence réglementaire dans l'air ambiant.

- Profil annuel des sulfates

La part des sulfates sous forme gazeuse est plus importante que celle des sulfates sous forme particulaire à Gonfreville l'Orcher tout au long de l'année.

Les concentrations en 2018 sont plus faibles en été (semaines 20 à 28).

Les fluctuations des concentrations de sulfates gazeux sont clairement à mettre en relation avec la présence du dioxyde de soufre (SO_2) émis par la zone industrielle du Havre.

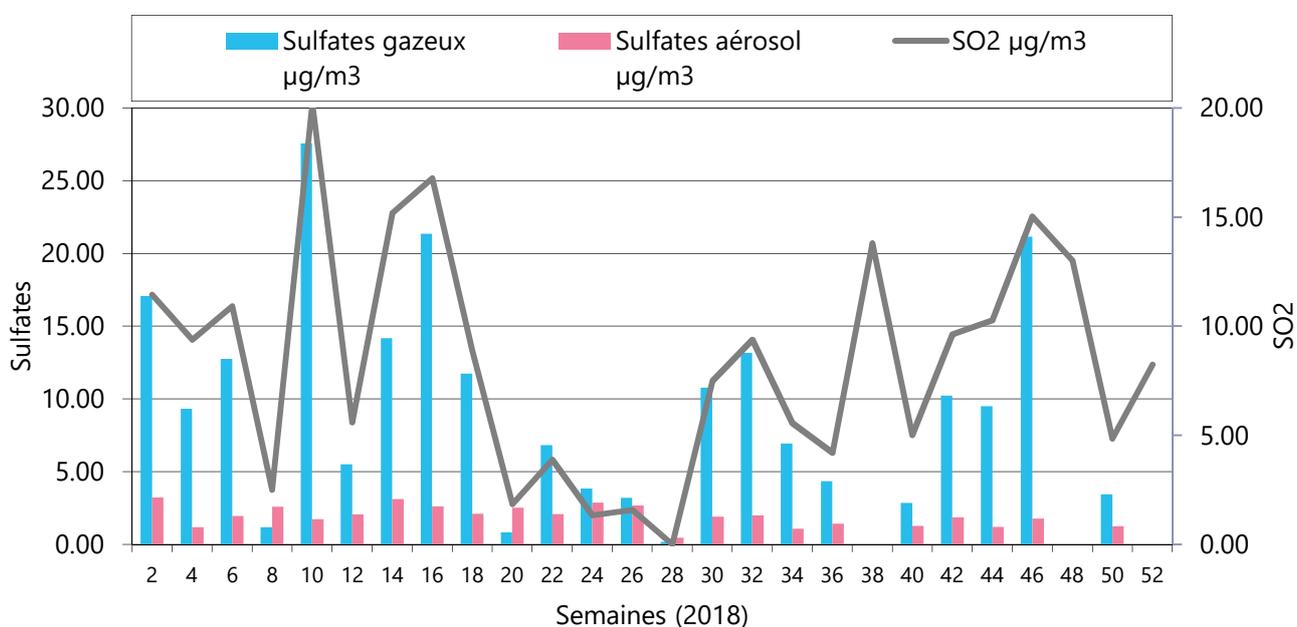


Figure 7 : Evolution (une semaine sur 2) des sulfates à Gonfreville en 2018 et du dioxyde de soufre en parallèle

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

Il n'existe pas de valeur de référence réglementaire dans l'air ambiant.

- Profil annuel des phosphates

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 2018. Quelques résultats se détachent du niveau de fond pour les phosphates gazeux (semaine 8 en particulier) et pour les phosphates aérosols (semaine 40 en particulier).

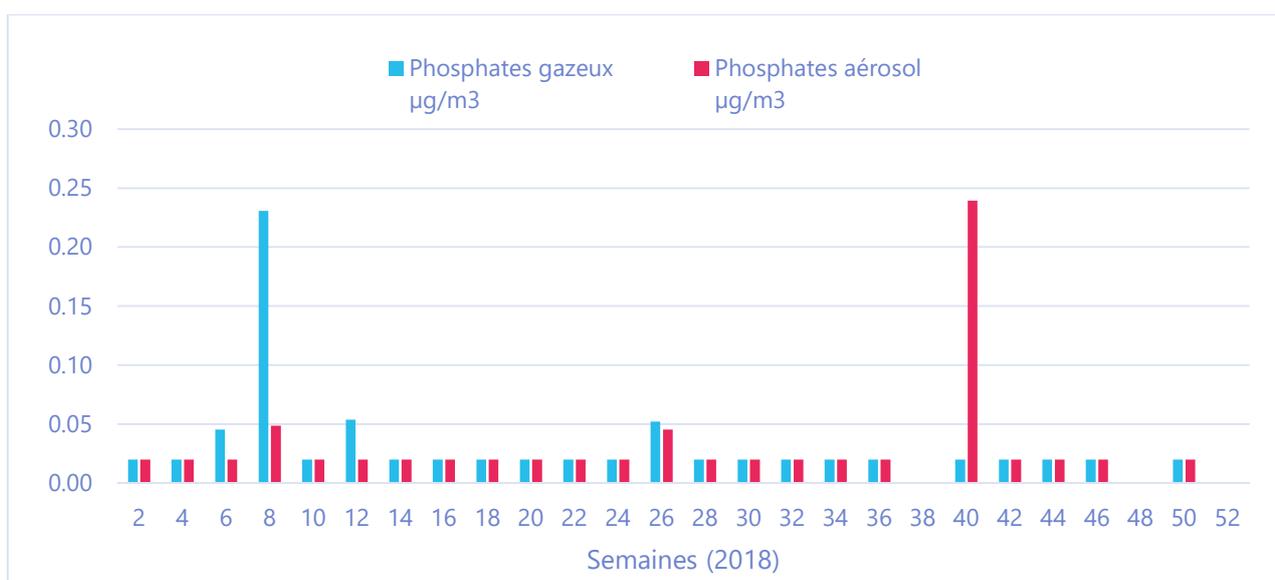


Figure 8 : Evolution (une semaine sur 2) des phosphates à Gonfreville en 2018

Comparaison avec une autre station de mesure des anions dans la région

Commentaires :

La comparaison avec l'autre station de mesure de la région (Stade à proximité de la ZI de Grand Couronne) où ont été mesurés les anions sur la période de la semaine 2 à la semaine 34 de l'année 2018 indique :

- Pour les chlorures gazeux : une fluctuation presque identique des concentrations de chlorures gazeux (probablement liée à la météorologie). En particulier, une augmentation durant la semaine 20, et une diminution en semaine 22 sont constatées. Cependant, les concentrations à Gonfreville sont le plus souvent supérieures ou égales à celles de Grand Couronne. (Voir figure 8).
- Pour les nitrates gazeux : L'évolution bi-hebdomadaire des concentrations est assez semblable entre les 2 stations de Gonfreville et de Grand Couronne. En particulier une augmentation progressive est à noter en semaine 16 jusqu'aux maxima de la semaine 26 (fin juin) puis une diminution à partir de la semaine 32 (mi-août). La seule semaine où les teneurs sont plus élevées à Gonfreville est la semaine 16 (du 16 avril au 22 avril). (Voir figure 9).

- Pour les sulfates gazeux : Les teneurs sont nettement plus élevées à Gonfreville en raison des émissions de polluants soufrés (SO₂) de la ZI du Havre (Voir figure 10).
- Pour les anions particulaires (chlorures, nitrates et sulfates) : Les teneurs à Gonfreville durant la période comprenant des travaux sont dans l'ensemble plus élevées qu'à la station Retia de Grand Couronne. Le surcroît des chlorures particulaires à Gonfreville provient en partie des embruns marins (Voir tableau 9).

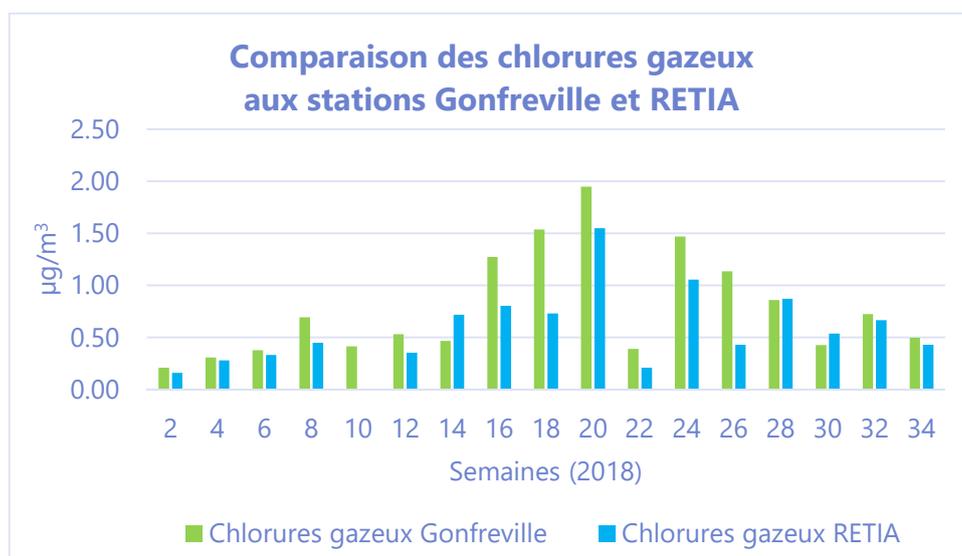


Figure 9 : Evolution bi-hebdomadaire des concentrations de chlorures gazeux sur 2 stations de mesure de la région

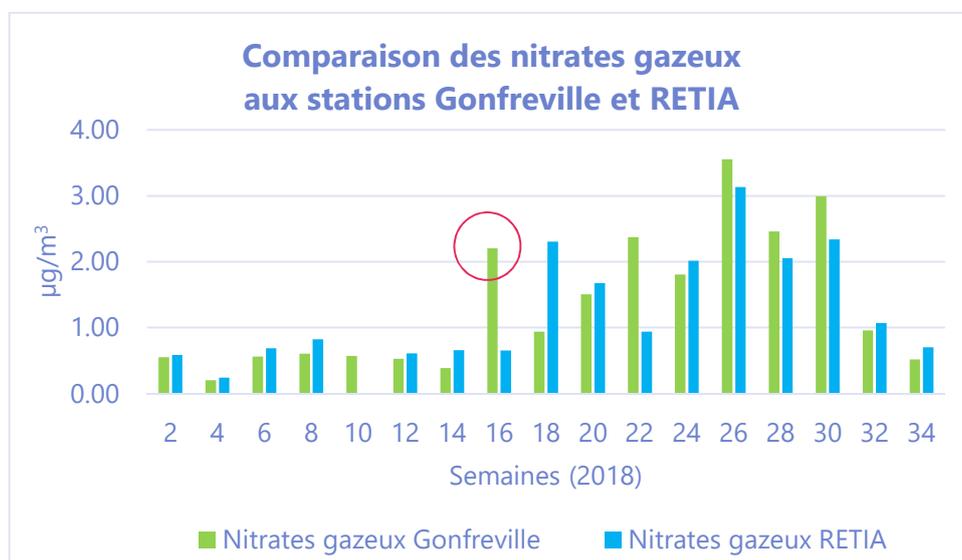


Figure 10 : Evolution bi-hebdomadaire des concentrations de nitrates gazeux sur 2 stations de mesure de la région

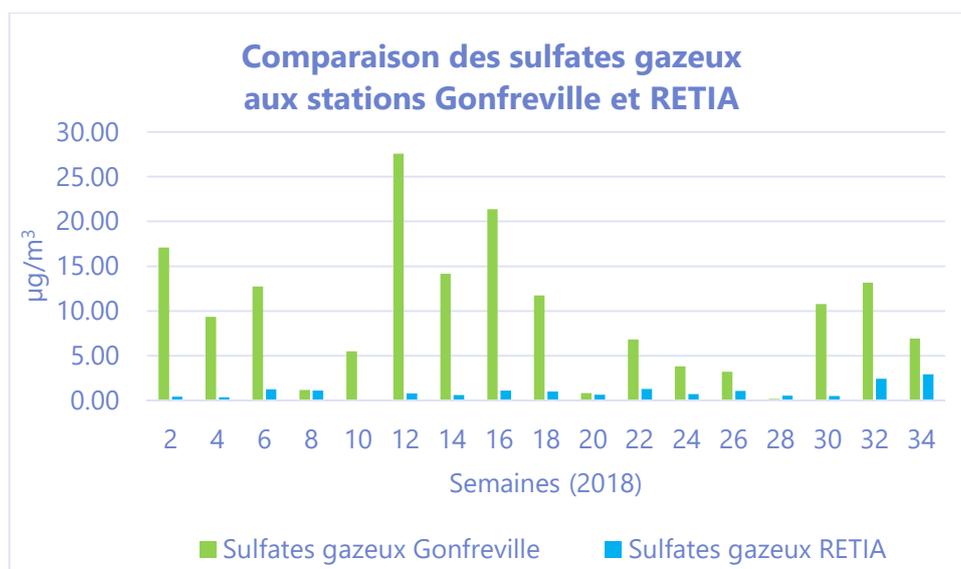


Figure 11 : Evolution bi-hebdomadaire des concentrations de sulfates gazeux sur 2 stations de mesure de la région

Anions particuliers (µg/m³)	Semaines 2 à 34 (en 2018)	Gonfreville	Grand Couronne (stade)
Chlorures particuliers	Moyenne	0.70	0.44
	Maximum	2.11	1.21
Nitrates particuliers	Moyenne	3.17	2.78
	Maximum	9.19	9.06
Sulfates particuliers	Moyenne	2.12	1.45
	Maximum	3.23	2.89
Phosphates particuliers	Moyenne	0.02	0.04
	Maximum	0.05	0.14

Tableau 9 : Comparaison des anions particuliers entre les 2 stations de Gonfreville et Grand Couronne (Du 08 janvier au 27 août 2018)

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 2018 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 7 années précédentes.

Fluorures totaux :

Les concentrations en fluorures sont, en 2018, 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 2018 comme depuis le début de la surveillance en 2011).

5.2. Concentrations maximales durant l'année 2018 :

Métaux :

- Plusieurs métaux (**antimoine, arsenic, cobalt, cuivre, plomb et zinc**) enregistrent leurs concentrations maximales durant la **même semaine 21** (du 21 mai au 27 mai 2018).

Durant cette semaine, les vents viennent majoritairement du nord à nord-est. Par cette direction de vent de nord à nord-est, les métaux mesurés à Gonfreville ne proviennent donc pas majoritairement des émissions de la zone industrielle. La contribution des émissions de la centrale EDF n'est pas possible car elle était à l'arrêt durant cette semaine 21 (source EDF). D'ailleurs, l'augmentation des métaux est vue à plus vaste échelle, comme en témoigne l'exemple de la fluctuation des concentrations du zinc sur 3 stations de la région (sur la figure 13). Il peut s'y ajouter aussi une contribution locale (chauffage, trafic,).

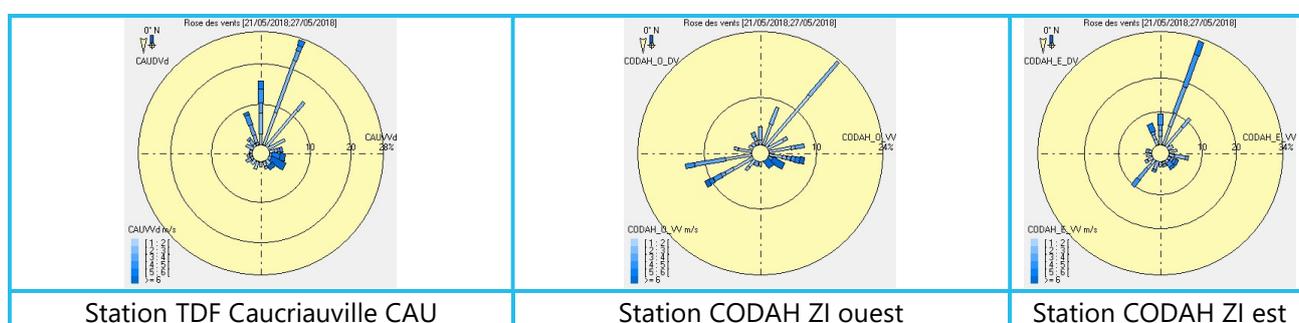


Figure 12 : Roses de vent durant la semaine 21 (selon 3 girouettes gérées par Atmo Normandie ou la CODAH sur le secteur du Havre)

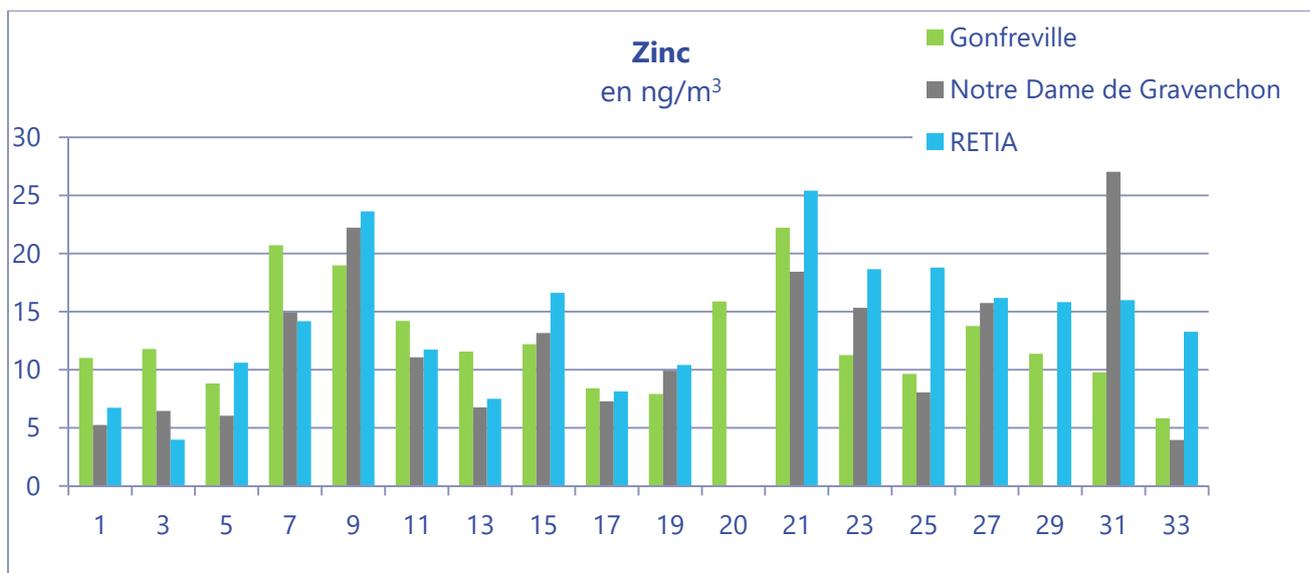


Figure 13 : Concentration de zinc sur 3 stations de la région durant les 8 premiers mois de l'année 2018

- **Le nickel** enregistre sa concentration maximale durant la **semaine 31** (du 30 juillet au 5 août 2018).

Durant cette semaine, les vents viennent du nord et du sud à sud-ouest. Cette dernière direction de vent provient de la zone industrielle (dont les émetteurs déclarés : Raffinerie de Normandie, Total Petrochemicals,) et de la centrale EDF. (Les vents faibles représentent 9%). La centrale EDF était en service lors de cette semaine (source EDF).

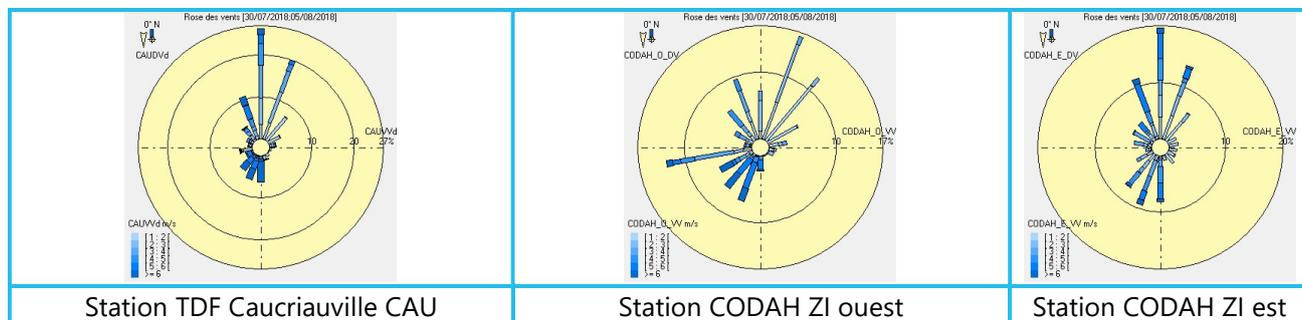


Figure 14 : Roses de vent durant la semaine 31 (selon 3 girouettes gérées par Atmo Normandie ou la CODAH sur le secteur du Havre)

- **Le vanadium** enregistre sa concentration maximale durant la **semaine 51** (du 17 décembre au 23 décembre 2018).

Durant cette semaine, les vents viennent du sud-est, sud et sud-ouest. Ces directions de vent proviennent clairement de toute la zone industrielle (dont les émetteurs déclarés : Raffinerie de Normandie, Total Petrochemicals, .). Il n'y a pas de vent faible durant cette semaine 51. Cependant, la contribution de la centrale EDF est impossible car elle était à l'arrêt (source : EDF).

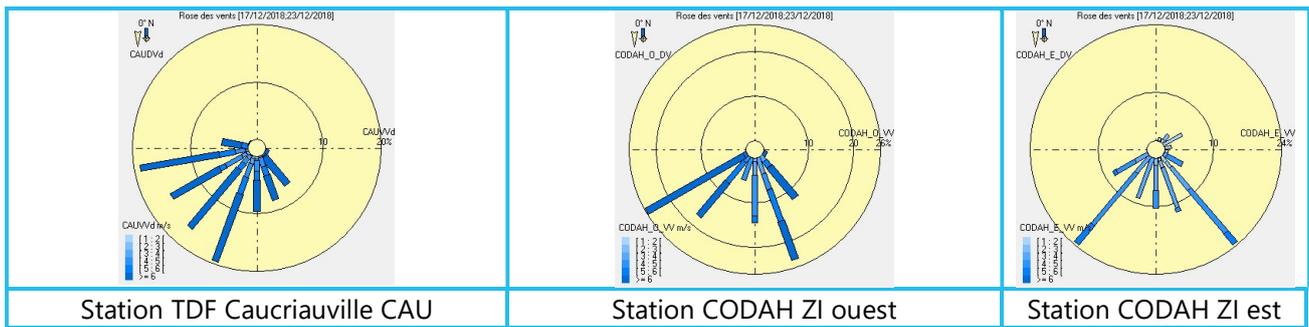


Figure 15 : Roses de vent durant la semaine 51
(selon 3 girouettes gérées par Atmo Normandie ou la CODAH sur le secteur du Havre)

Chlorures

- **Les chlorures gazeux** enregistrent leur concentration maximale lors de **la semaine 20** (du 14 au 20 mai 2018).

Durant cette semaine, les vents viennent du nord à nord-est.

Par cette direction de vent, les chlorures gazeux mesurés à Gonfreville ne proviennent donc pas majoritairement des émissions de la centrale EDF, ni de la zone industrielle. L'origine peut être locale (chauffage, trafic ?), mais aussi à plus vaste échelle car la figure 9 montre un maximum à la station de Grand Couronne Retia aussi lors de la semaine 20. La contribution des émissions de la centrale thermique, qui était en activité durant cette semaine 20 (source EDF), est possible cependant par vent faible inférieur à 1 m/s (durant 9% du temps).

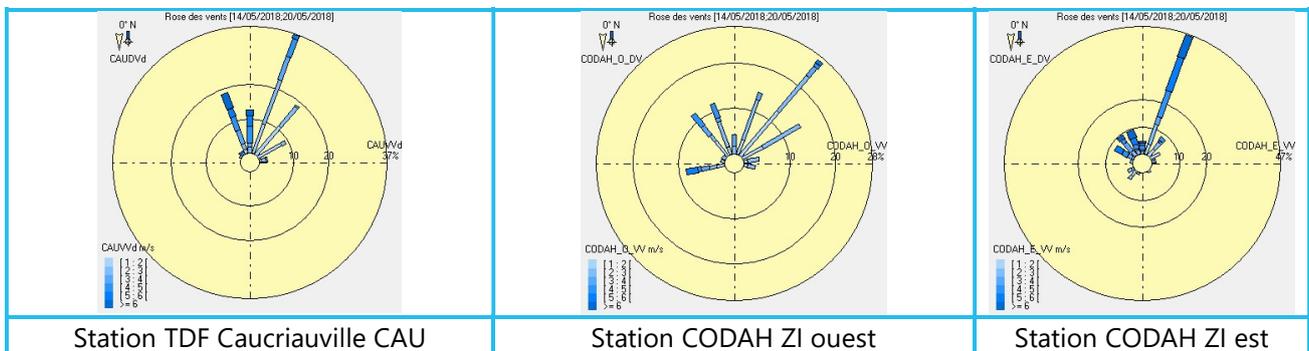


Figure 16 : Roses de vent durant la semaine 20
(selon 3 girouettes d'Atmo Normandie ou de la CODAH sur le secteur du Havre)

- **Les chlorures particuliers** enregistrent leur concentration maximale lors de la **semaine 6** (du 05 au 11 février 2018).

Durant cette semaine 6, les vents viennent du nord-est, du sud à sud-ouest et de l'ouest à nord-ouest.

Il est probable qu'une grande part des chlorures particuliers mesurés à Gonfreville provient des embruns marins, présents sur ce secteur de l'estuaire par direction du vent allant du sud au nord-ouest.

Il est intéressant de constater que le profil des chlorures particuliers (sur 8 mois de mesure) est presque semblable sur les 2 stations Gonfreville et Grand Couronne Retia (plus éloignée dans les terres). On y enregistre les maxima lors des mêmes semaines, mais avec des concentrations affaiblies à Grand Couronne.

Outre les embruns marins, les émissions de la centrale EDF (en activité durant cette semaine – source EDF) ont pu contribuer par cette direction de vent de sud-ouest, ou par vent faible (3%). Les émissions de la zone industrielle ont pu contribuer par vent de sud ou faible.

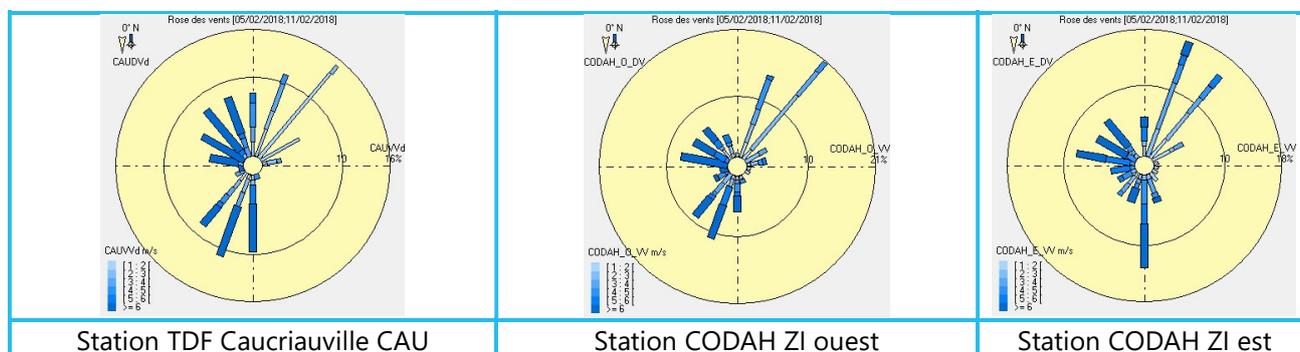


Figure 17 : Roses de vent durant la semaine 6 (selon 3 girouettes d’Atmo Normandie ou de la CODAH sur le secteur du Havre)

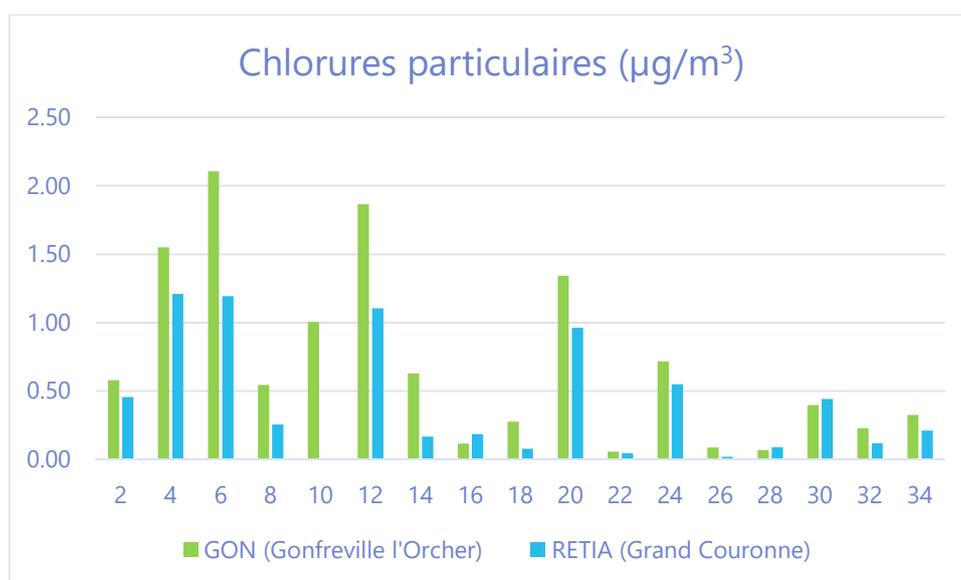


Figure 18 : Profils comparés des chlorures particulaires sur deux stations de mesure de la région durant 8 mois

- Nitrates

La figure 6 met clairement en évidence la relation entre les teneurs en poussières en suspension PM10 dans l’air ambiant et celles des nitrates particulaires, en particulier lors de la semaine 8 (du 19 au 25 février 2018). Durant cette semaine a eu lieu un épisode de poussières généralisé sur la région. Les conditions météorologiques étaient favorables à l’accumulation des poussières et à leur transport à longue distance. Par ailleurs, des épandages ont pu contribuer à l’augmentation des nitrates particulaires. Les vents dominants venant du nord-est et les vents faibles peu fréquents (0.3%) excluent la contribution des émissions de la centrale EDF à la pointe de nitrates et de poussières PM10 à Gonfreville.

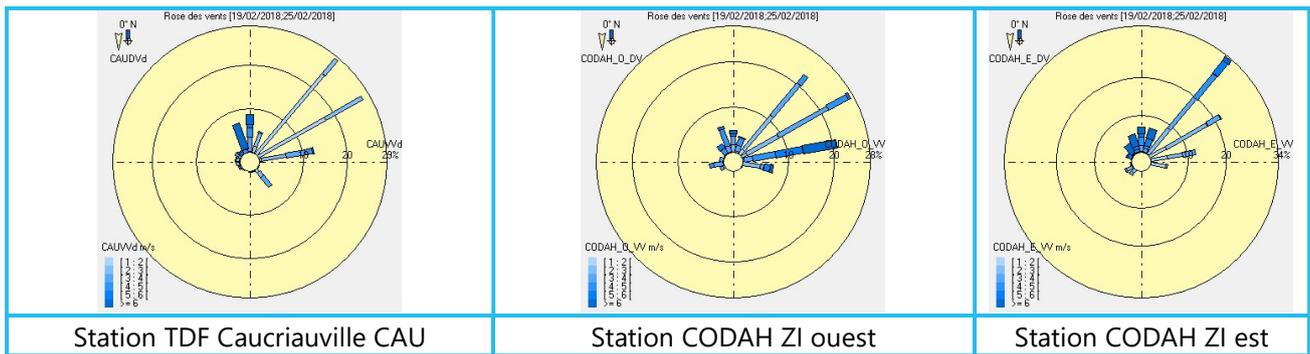


Figure 19 : Roses de vent durant la semaine 8
(selon 3 girouettes d'Atmo Normandie ou de la CODAH sur le secteur du Havre)

- Sulfates

La figure 7 met clairement en évidence le lien entre les sulfates gazeux et le dioxyde de soufre provenant des émissions de la zone industrielle. Ainsi, l'augmentation durant la semaine 6 des sulfates gazeux coïncide avec celle du SO₂ à Gonfreville. Ces émissions de SO₂ peuvent provenir par vent de sud-ouest de la centrale EDF et par vent de sud de la zone industrielle (voir rose des vents en figure 17).

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 Petit Quevilly ou Port Jérôme.

Pour les autres métaux :

Les concentrations sont un peu plus élevées à Gonfreville qu'à Notre-Dame de Gravenchon (Port Jérôme sur Seine) pour le nickel (comme vu précédemment), et aussi le cuivre, l'étain, le manganèse, le vanadium et le zinc. Les deux sites sont placés sous l'influence des émissions du raffinage. Cependant, dans le cas de Notre-Dame de Gravenchon (Port Jérôme sur Seine), 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.

Pour les chlorures particuliers

La concentration en chlorures particuliers à Gonfreville est plus élevée qu'à Grand Couronne. 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

Les fluctuations des concentrations de nitrates sont assez semblables (à quelques pointes près) sur 8 mois de mesures en 2018, à Gonfreville l'Orcher et à Grand Couronne.

5.4. Evolution des concentrations de 2011 à 2018 :

Pour les métaux

L'historique des mesures sur 8 années (2011 à 2018) permet de dégager certaines évolutions. Ainsi, on constate une tendance à la baisse pour plusieurs métaux (Sb, As, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, V et Zn)⁹.

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 2009 et 2017 (pas encore de données disponibles pour 2018) sur les émissions déclarées de plusieurs métaux dans l'air sur la ZI du Havre (cf. tableau10), même si la dernière année (2017) voit une augmentation, notamment pour les émissions de Total Petrochemical et de la Raffinerie de Normandie pour le nickel.

Les données présentées dans le Tableau 10 (de 2009 à 2017) 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 2018) proviennent d'une communication d'EDF.

⁹ Pour les autres métaux (Co, Sn, Mn) les tendances sont moins nettes, ou indiquent une stabilité (Cd).

Emissions des métaux (en kg/an)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018 (source EDF)
Arsenic										
EDF	302	275	138	216	104	2.7	nd	nd	nd	nd
Total Petrochemicals	nd	32	nd	données non disponibles à ce jour						
Raffinerie de Normandie	27	nd								
Cadmium										
EDF	25	23	10	14	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total Petrochemicals	nd	28	10	nd	nd	nd	nd	nd	42	données non disponibles à ce jour
Raffinerie de Normandie	29	nd								
Tourres & Cie	20	20	11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Chrome										
EDF	419	367	138	210	94	3.4	nd	nd	nd	nd
Total Petrochemicals	359	277	nd	nd	nd	nd	206	nd	535	données non disponibles à ce jour
Tourres & Cie	104	119	nd							

Cuivre										
EDF	423	443	139	196	104	3.9	nd	nd	nd	nd
Lafarge ciment	155	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	données non disponibles à ce jour
Total Petrochemicals	nd	770	nd	nd	nd	nd	nd	170	135	
Nickel										
EDF	710	618	214	378	135	4.3	nd	nd	nd	nd
Eramet	358	511	54	806	691	765	821	1230	142	données non disponibles à ce jour
Raffinerie de Normandie	3990	2300	2100	1150	1030	694	582	407	842	
Total Petrochemicals	1370	1220	1170	2330	nd	65	322	59.8	569	
Tourres & Cie	70	71	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Lafarge Ciments	nd	nd	nd	nd	nd	nd	83.3	nd	nd	

« nd »: données en dessous du seuil de déclaration, pas d'obligation de déclaration

Emissions des métaux (en kg/an)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018 (source EDF)
Plomb										
EDF	330	509	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Tourres & Cie	598	587	356	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Manganèse										
EDF	490	886	nd	259	143	2.7	nd	nd	nd	nd
Total Petrochemicals	580	1320	246	nd	nd	208	nd	nd	340	données non disponibles à ce jour
Lafarge ciment	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	264	nd	
Vanadium										
EDF	nd	nd	nd	nd	307	14	59.4	44.5	41	34.8
Lubrizon France	nd	0.013	nd	0.019	nd	nd	nd	nd	nd	données non disponibles à ce jour
Raffinerie de Normandie	10300	4870	4450	3400	2370	663	418	309	2490	
Sedibex	nd	nd	nd	1,7	nd	nd	nd	nd	nd	
STEP Edelweiss	nd	nd	nd	0,080	nd	nd	nd	nd	nd	
Total Petrochemicals	902	547	555	1160	nd	43	15.2	nd	14.2	
Tourres & Cie	nd	nd	nd	2.9	nd	nd	nd	nd	nd	
Zinc										
EDF	894	1110	392	588	288	nd	nd	nd	nd	nd
Total Petrochemicals	412	1450	453	413	1020	nd	434	667	703	données non disponibles à ce jour
Raffinerie de Normandie	302	343	318	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Lafarge ciment	nd	1100	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Renault Sandouville	330	357	338	228	nd	279	492	593	655	

Tableau 10 : Emissions déclarées de métaux entre 2009 et 2017 (source : IREP) et données transmises par EDF pour 2018

"nd" = en dessous du seuil réglementaire, pas d'obligation de déclaration l'année concernée, donnée non disponible ou incorrecte

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 11 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. Une nouvelle baisse est enregistrée en 2018.

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	2018 (source EDF)
Acide chlorhydrique										
EDF	880	1030	349	408	327	18,7	37,7	74,3	74,4	38,95
Acide fluorhydrique										
EDF	83,5	67,5	29,8	30,8	35,7	nd	6,4	12,2	7,8	4,45

Tableau 11 : Emissions déclarées d'HCl et HF entre 2009 et 2017 (IREP) et données transmises par EDF pour 2018

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 à des teneurs en fluorures totaux à Gonfreville l'Orcher.

6. Conclusions

Les données de 2018 confortent les conclusions des 7 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 2018.

Certaines évolutions sont mises en évidence sur les 8 années de mesures. Ainsi, une tendance à la baisse est observée pour la plupart des métaux (antimoine, arsenic, chrome, cuivre, 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 2018 (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 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 21 de l'année 2018 en particulier est marquée par l'augmentation des concentrations en antimoine, arsenic, cobalt, cuivre, plomb et zinc. Cependant, ni les conditions de vent, ni surtout le fait que la centrale EDF était en arrêt durant la semaine 21 ne permettent de rattacher cette augmentation aux émissions de la centrale EDF.

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 analysés étendue depuis 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-ouest.

Les sulfates particulaires et nitrates particulaires sont, eux, 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.

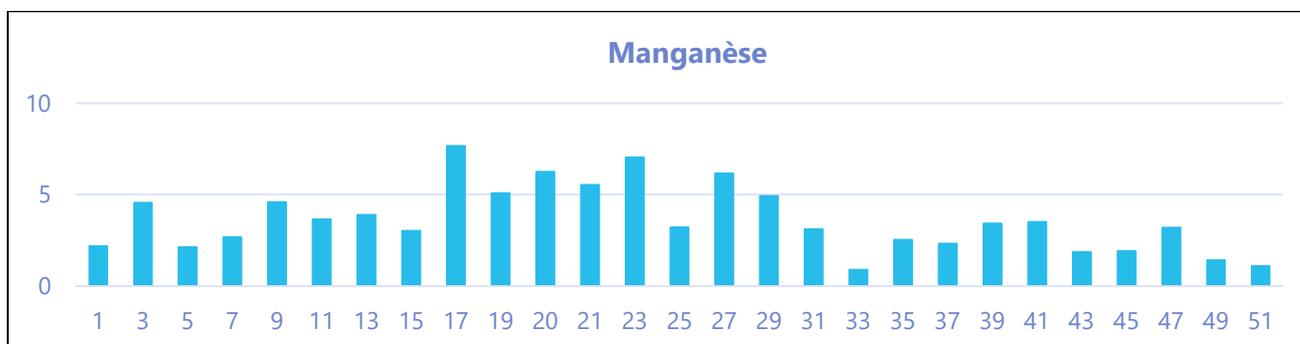
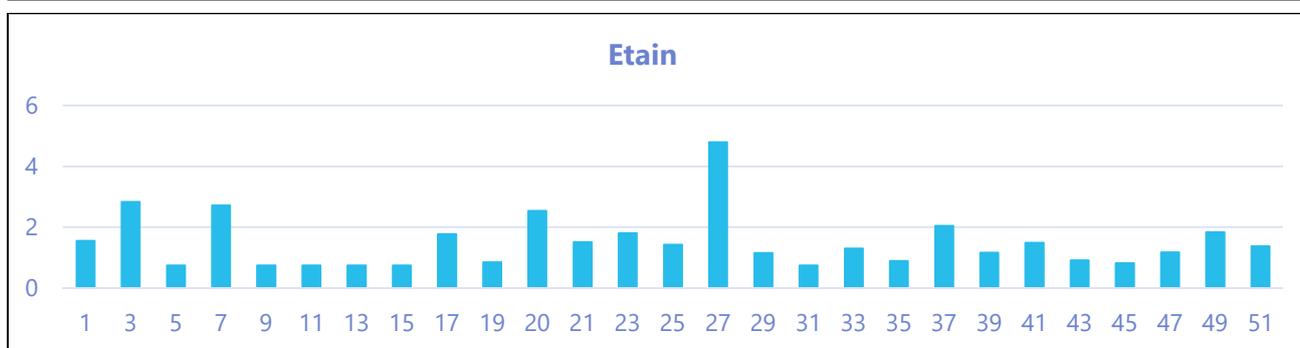
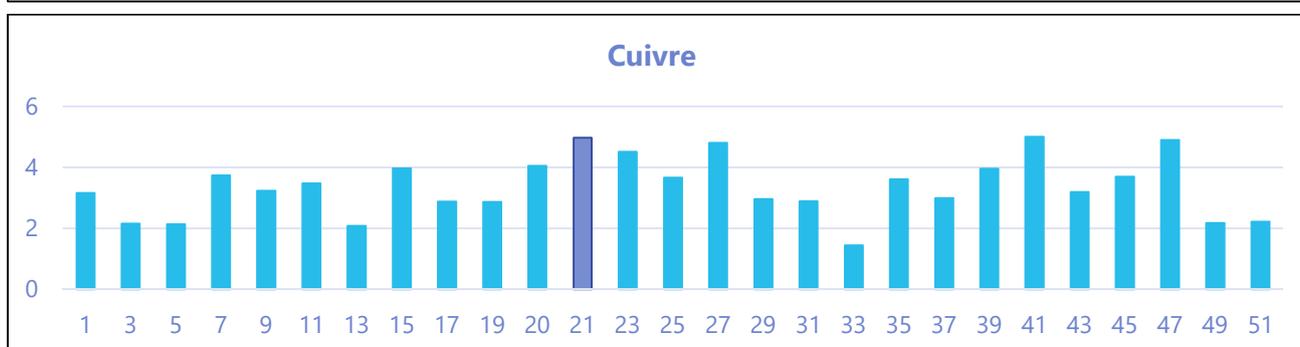
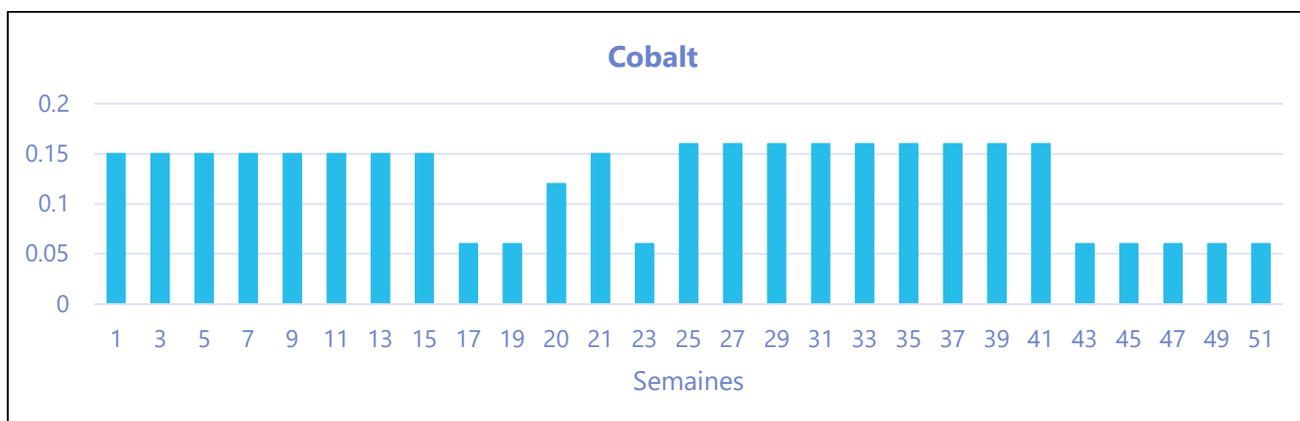
7. Annexes

7.1. Annexe 1 : Evolution des métaux durant l'année 2018 sur le site de Gonfreville l'Orcher (en ng/m³)

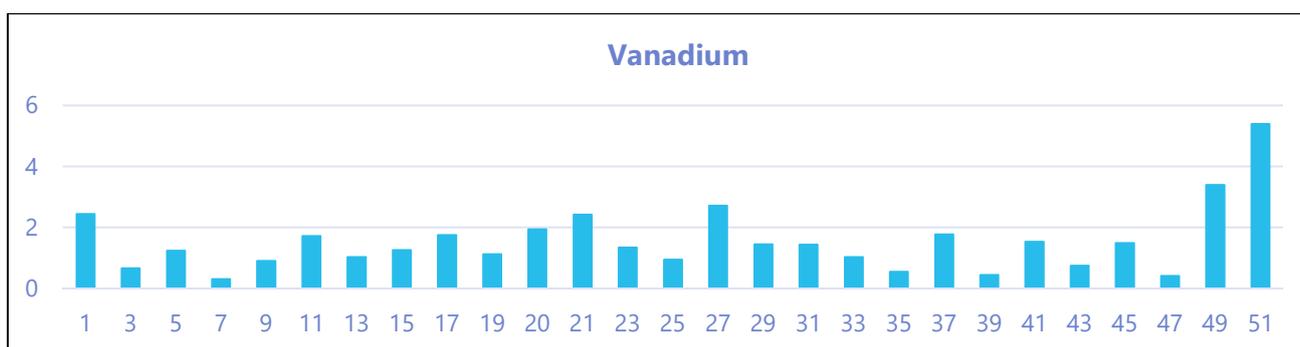
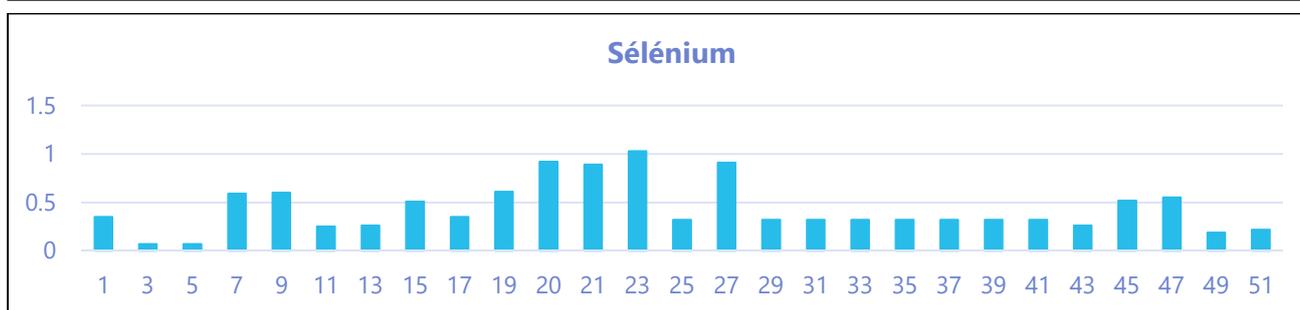
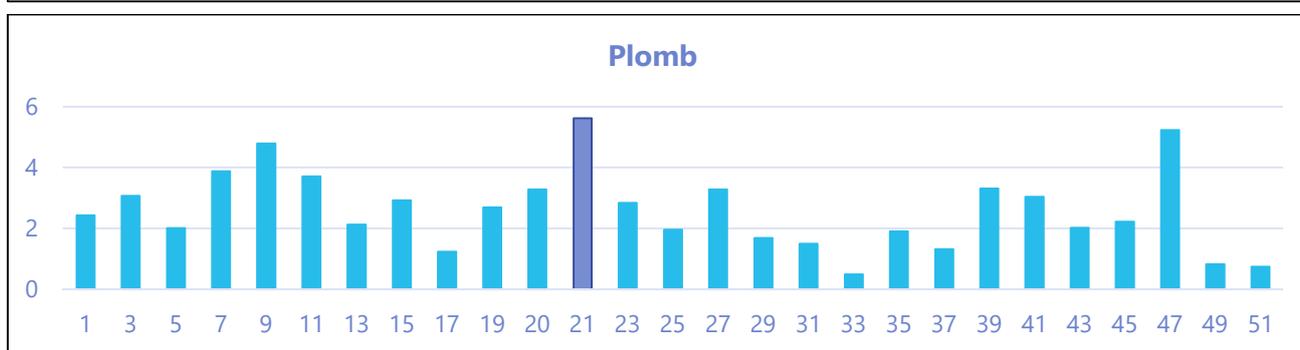
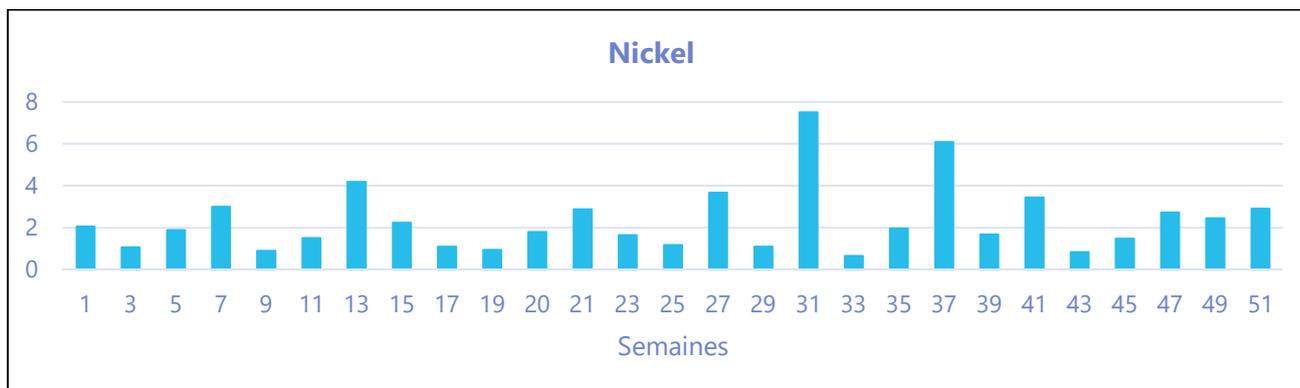


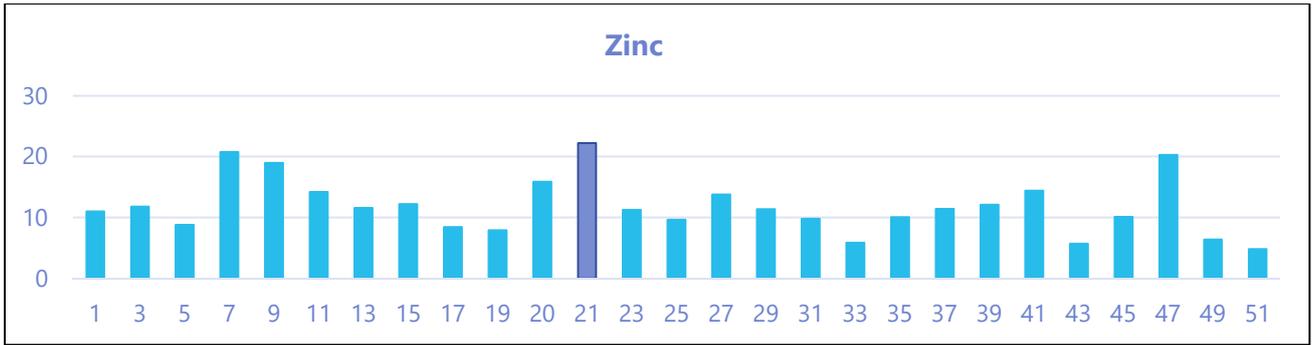
Les maxima mesurés durant la semaine 21 pour plusieurs métaux sont indiqués en bleu foncé.

Annexe 1 (suite) : Evolution des métaux durant l'année 2018 sur le site de Gonfreville l'Orcher (en ng/m³)

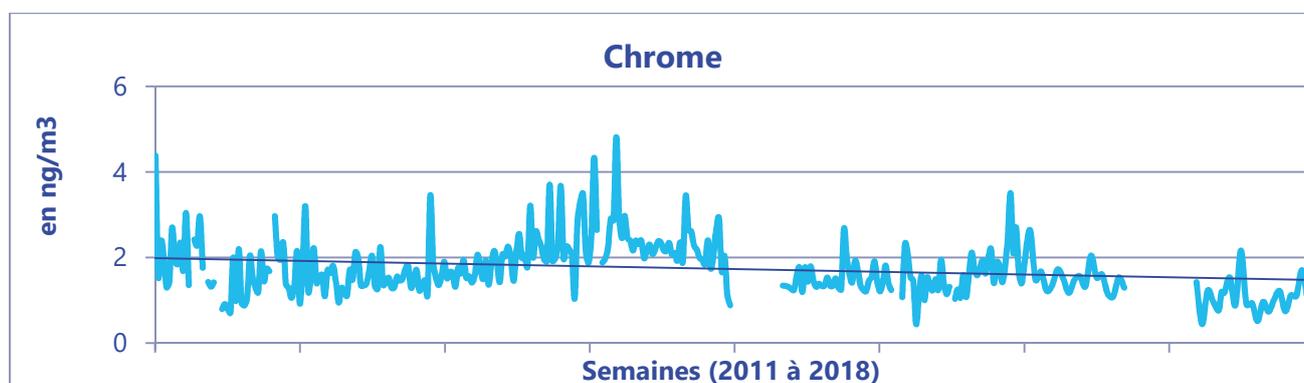
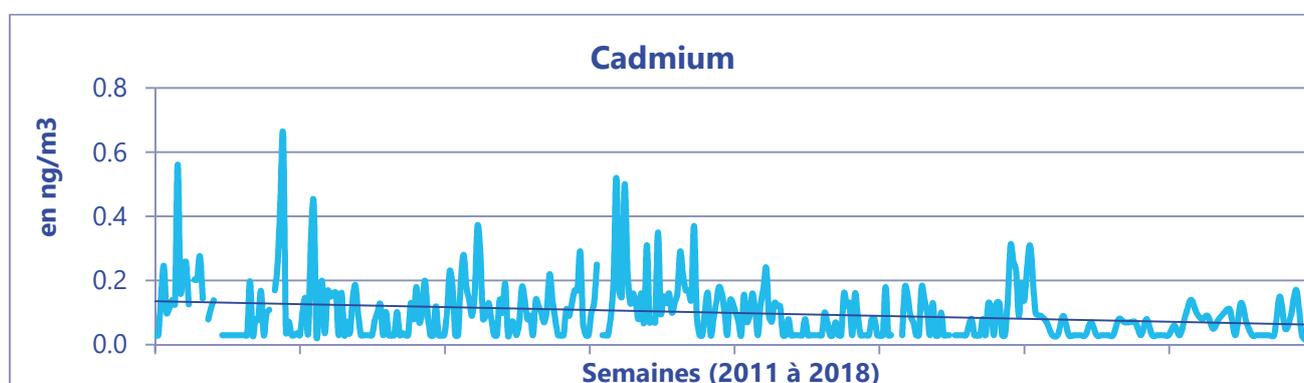
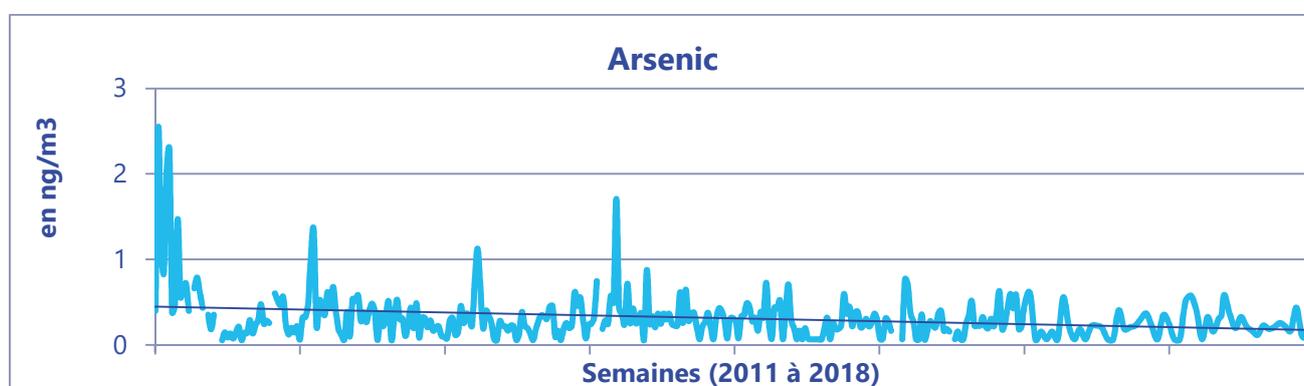
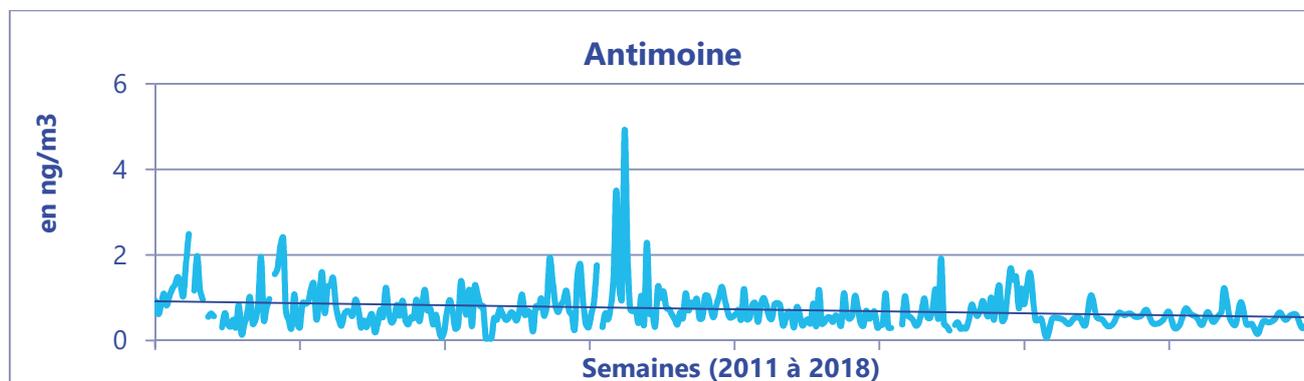


Annexe 1 (suite) : Evolution des métaux durant l'année 2018 sur le site de Gonfreville l'Orcher (en ng/m³)

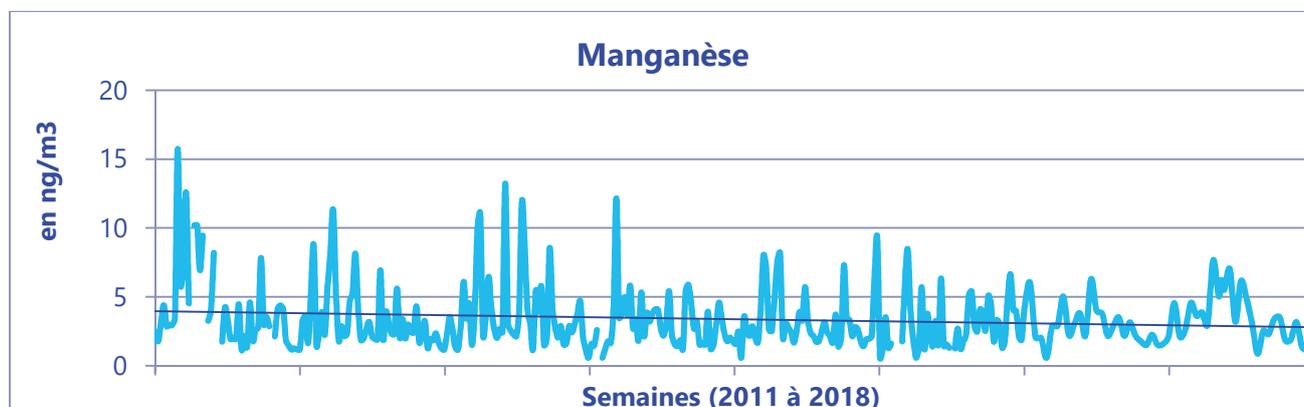
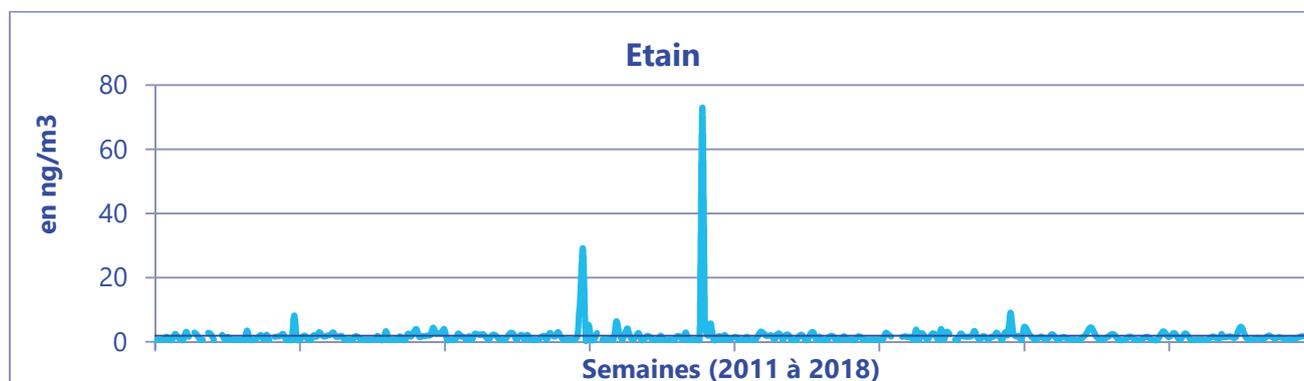
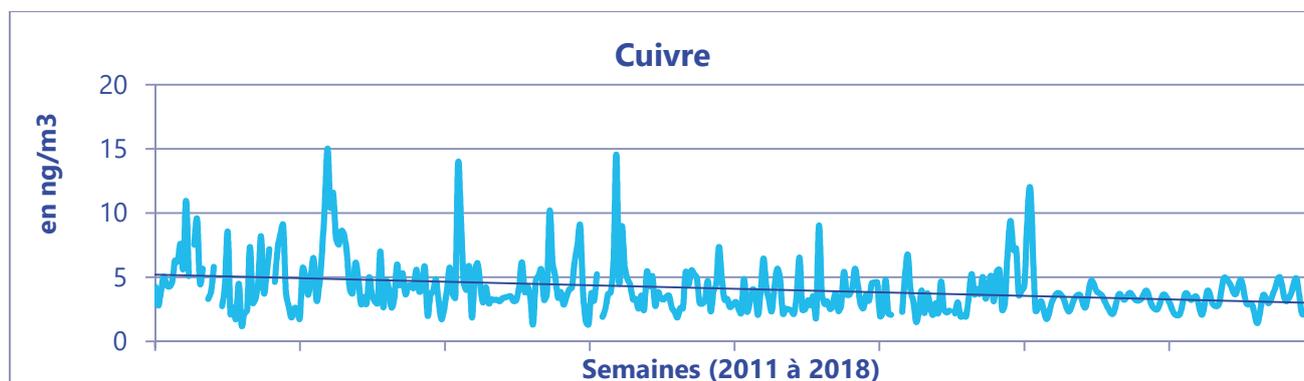
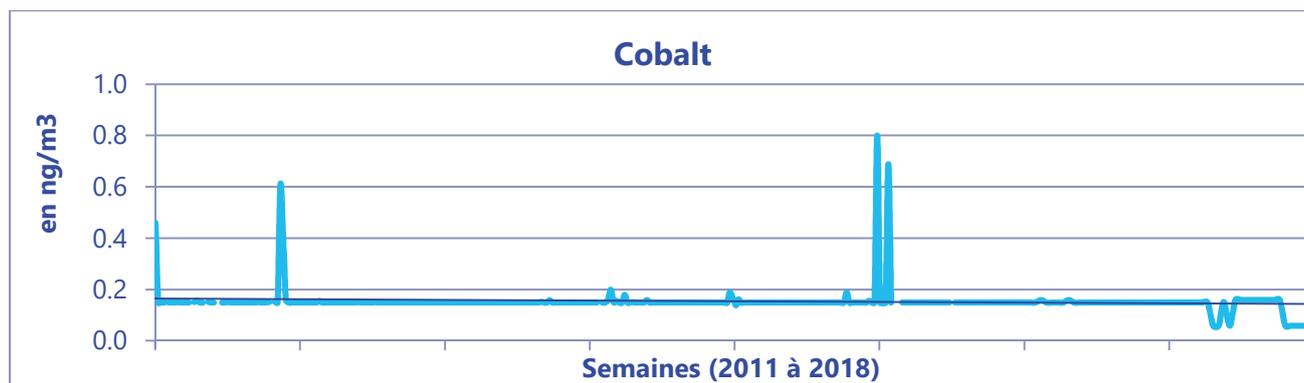




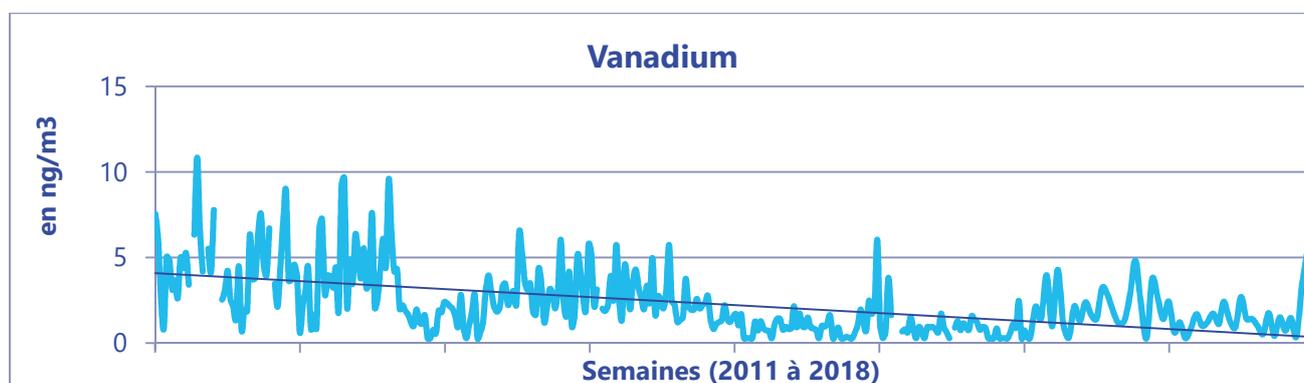
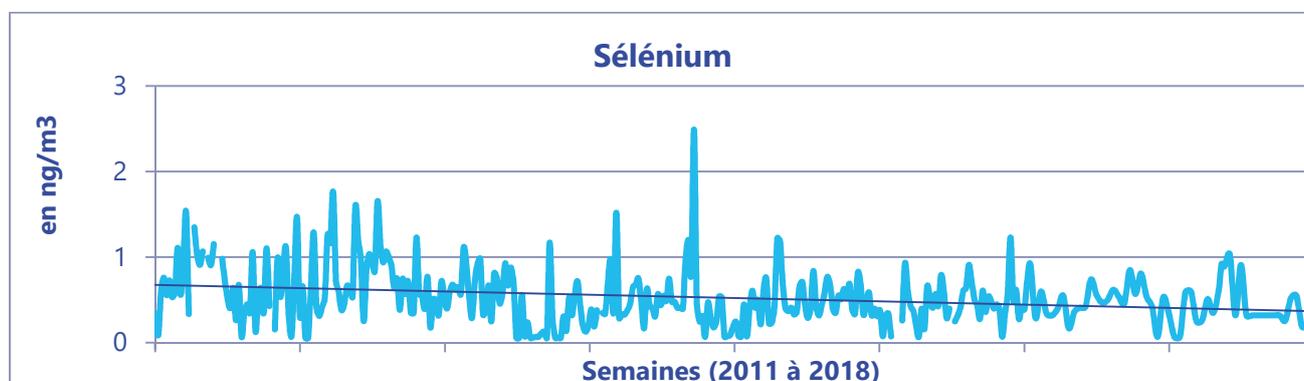
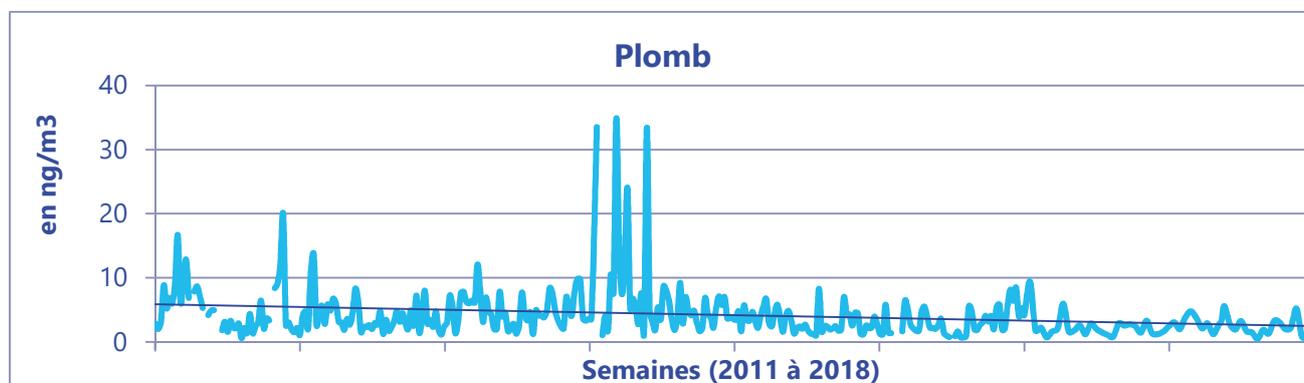
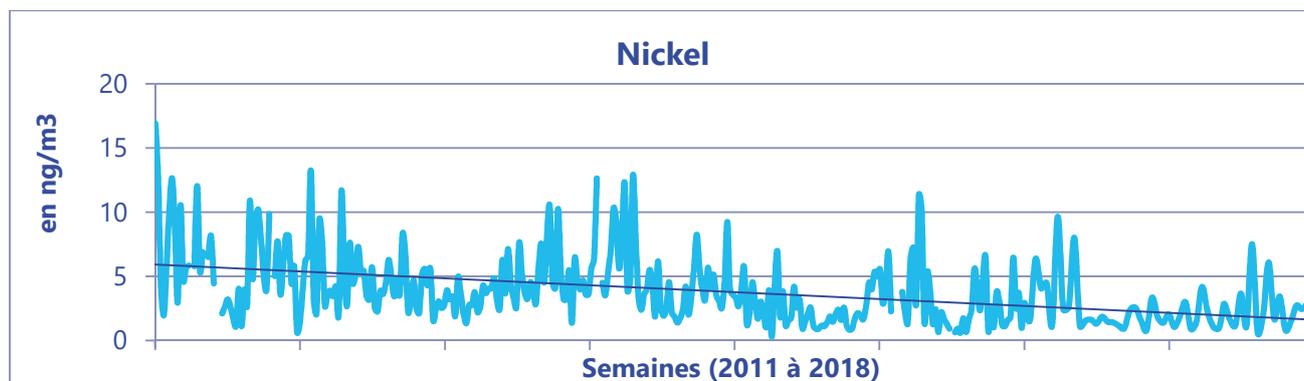
7.2. Annexe 2 : Evolution des métaux de 2011 à 2018 sur le site de Gonfreville l'Orcher



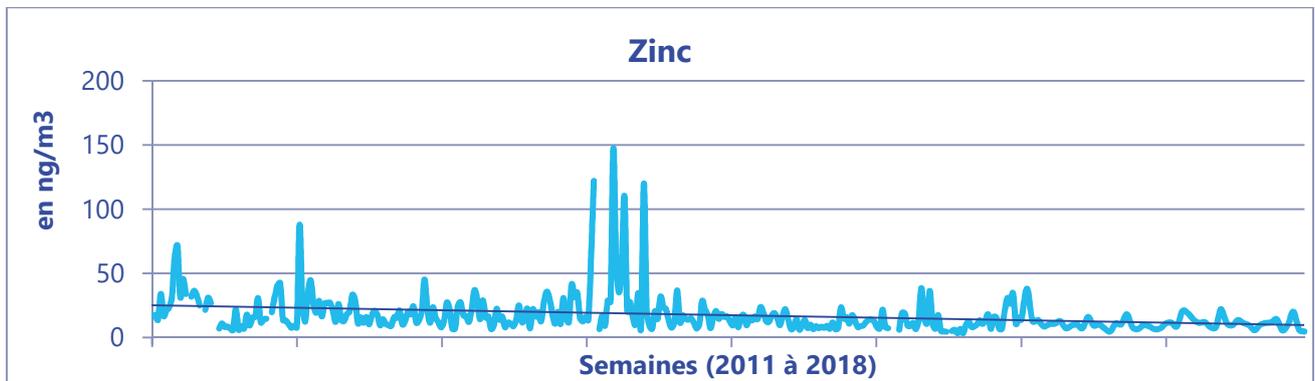
Annexe 2 (suite) : Evolution des métaux de 2011 à 2018



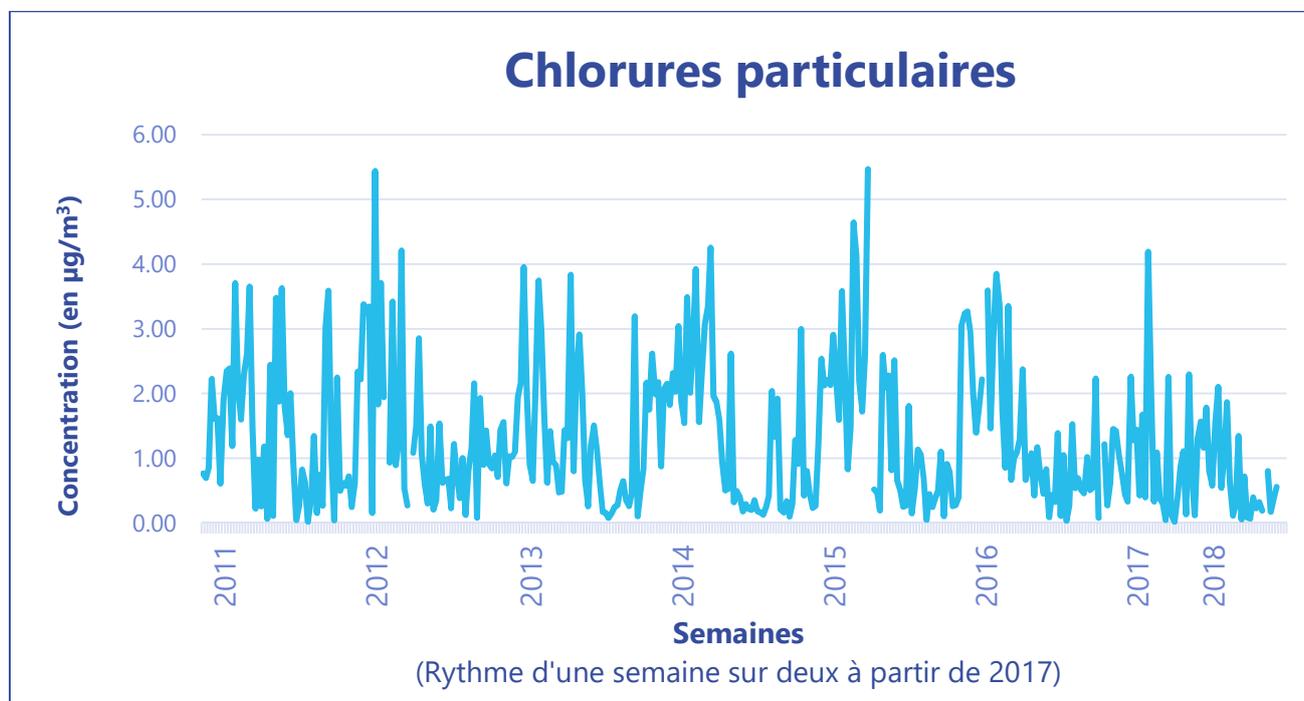
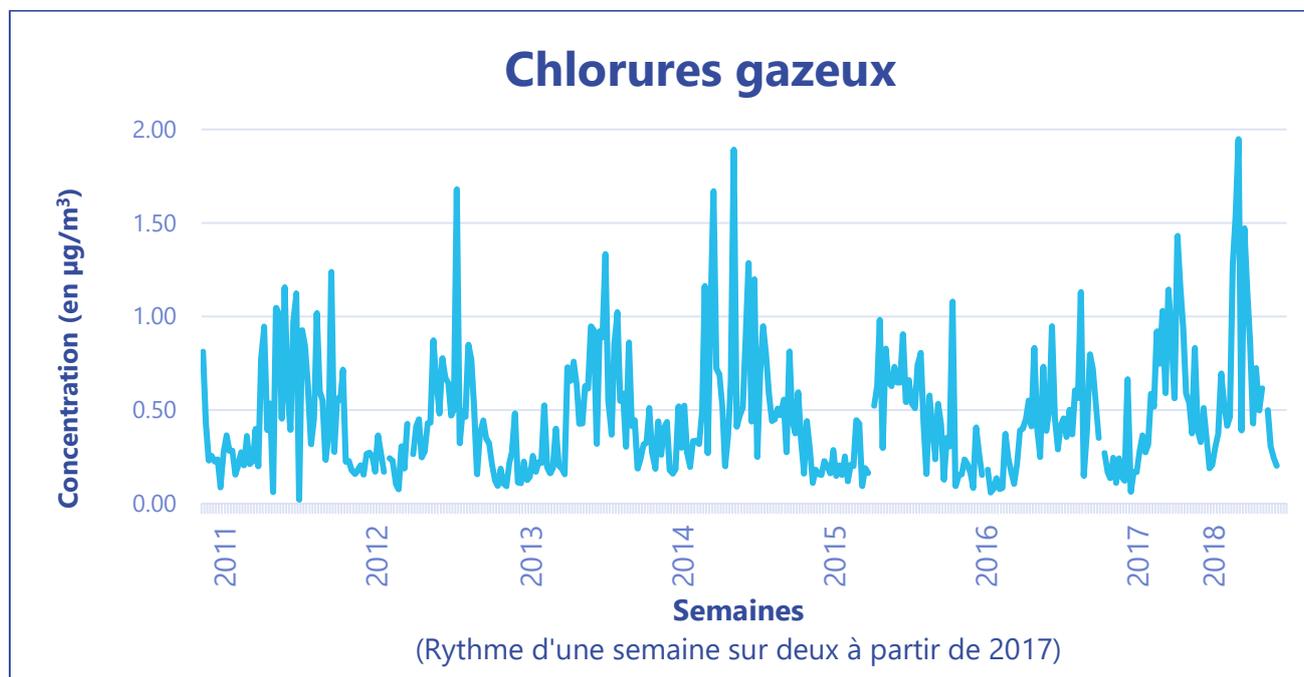
Annexe 2 (suite) : Evolution des métaux de 2011 à 2018 sur le site de Gonfreville l'Orcher



Annexe 2 (suite) : Evolution des métaux de 2011 à 2018 sur le site de Gonfreville l'Orcher



7.3. Annexe 3 : Evolution des concentrations des chlorures entre 2011 et 2018 sur le site de Gonfreville



8. Bibliographie

[I] ATMO NORMANDIE « Mesures d'anions et de métaux particuliers à Gonfreville l'Orcher – Année 2017 – Rapport n°1160_002_1 (téléchargeable sur www.atmonormandie.fr).

[II] ATMO NORMANDIE « Mesures de polluants atmosphériques durant les travaux de diagnostic préalables à la réhabilitation d'un ancien site industriel - Janvier à septembre 2018- Rapport n° 1140-002-C (téléchargeable sur www.atmonormandie.fr)

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

[IV] – OMS - Air Quality Guidelines for Europe. Copenhagen. 2nd » - 2000

[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



RETROUVEZ TOUTES
NOS **PUBLICATIONS** SUR :
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

