

Mesures d'anions minéraux et de métaux particulaires à Gonfreville l'Orcher Année 2019

Référence : Rapport n° 1160-007

Diffusion : Septembre 2020

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° 1160-007

Le 31 mai 2020,

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.

Un historique a ainsi été constitué pour les substances suivantes : Antimoine, Arsenic, Cadmium, Chrome, Cobalt, Cuivre, Etain, Manganèse, Nickel, Plomb, Vanadium, Sélénium, Tellure, Zinc, ainsi que pour 5 anions : les fluorures, chlorures, phosphates, nitrates et sulfates. Le tellure n'est plus analysé à partir de 2017, car systématiquement en dessous de la limite de quantification.

Les données de 2019 confortent les conclusions des 8 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 2019.

Certaines évolutions sont mises en évidence sur les 9 années de mesures. Ainsi, une tendance à la baisse est observée pour la plupart des métaux (zinc, vanadium, plomb, nickel, cuivre et avec une tendance moins marquée, chrome, antimoine, sélénium et arsenic). Pour les chlorures totaux, aucune tendance significative à long terme n'est observée. L'impact des émissions d'acide chlorhydrique d'EDF (qui ont diminué au fil des années) n'est donc pas visible au niveau du site de Gonfreville l'Orcher.

Les concentrations en fluorures (en tant qu'indicateur des concentrations d'acide fluorhydrique) sont quant à elles inférieures à la limite de quantification durant toute l'année 2019 (comme les années précédentes) et ne mettent donc pas en évidence d'impact de la centrale EDF ou d'autres activités industrielles.

Certaines semaines enregistrent une légère augmentation de l'un ou l'autre des métaux. La contribution des émissions de la zone industrielle est probable par vent de sud-est, sud et sud-sud-ouest. Celle des émissions de la centrale EDF est possible par vent de sud-ouest, en particulier au mois de février où elle était en activité, notamment pour le vanadium (émissions au-dessus du seuil de déclaration en 2019).

La liste des anions analysés, étendue depuis 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-ouest.

Les sulfates particuliers et nitrates particuliers sont, eux, présents lors des épisodes de pollution particulière 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	7
2. Eléments nécessaires à la compréhension du document	7
2.1. Définitions	7
2.2. Emissions industrielles déclarées sur la ZI du Havre	8
2.3. Activité de la centrale EDF en 2019 (source EDF)	12
2.4. Approche choisie	12
2.5. Matériel	13
2.6. Méthodes	13
<i>Méthode de mesure pour les anions</i>	<i>13</i>
<i>Méthode d'interprétation des résultats des anions</i>	<i>14</i>
<i>Méthode de mesure pour les métaux particuliers</i>	<i>14</i>
<i>Méthode d'interprétation des résultats de métaux particuliers</i>	<i>15</i>
2.7. Blancs terrains	15
2.8. Origine des données	15
2.9. Limites	15
3. Déroulement	16
3.1. Période de mesure	16
3.2. Site de mesure	16
4. Résultats	17
4.1. Résultats bruts	17
4.2. Résultats transformés	18
<i>Résultats pour les métaux</i>	<i>18</i>
<i>Résultats des anions</i>	<i>22</i>
<i>Résultats des chlorures (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>23</i>
<i>Résultats des fluorures (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>25</i>
<i>Résultats des nitrates (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>26</i>
<i>Résultats des sulfates (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>27</i>
<i>Résultats des phosphates (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>28</i>
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 2019	29
5.3. Comparaison par rapport à d'autres sites de mesures	34
5.4. Evolution des concentrations de 2011 à 2019	35
6. Conclusions	37
7. Annexes	39

7.1. Annexe 1 : Evolution des métaux durant l'année 2019 sur le site de Gonfreville l'Orcher	39
7.2. Annexe 2 : Evolution des métaux de 2011 à 2019 sur le site de Gonfreville l'Orcher	42
7.3. Annexe 3 : Evolution des concentrations des chlorures entre 2011 et 2019	46
8. Bibliographie.....	47



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).

Un historique a ainsi été constitué pour les substances suivantes : Antimoine, Arsenic, Cadmium, Chrome, Cobalt, Cuivre, Etain, Manganèse, Nickel, Plomb, Vanadium, Sélénium, Tellure, Zinc, ainsi que pour 5 anions : les fluorures, chlorures, phosphates, nitrates et sulfates. Le tellure n'est plus analysé à partir de 2017, car systématiquement en dessous de la limite de quantification.

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 2019 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 2019, 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) ainsi que les autres acides (sulfurique, nitrique...) présents dans les émissions d'EDF, se retrouvent majoritairement dans les phases gazeuses respectives des anions. 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 particulière 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. Emissions industrielles déclarées sur la ZI du Havre

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 2018 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 sont transmises par EDF pour l'année 2019 et concernent la centrale thermique EDF.

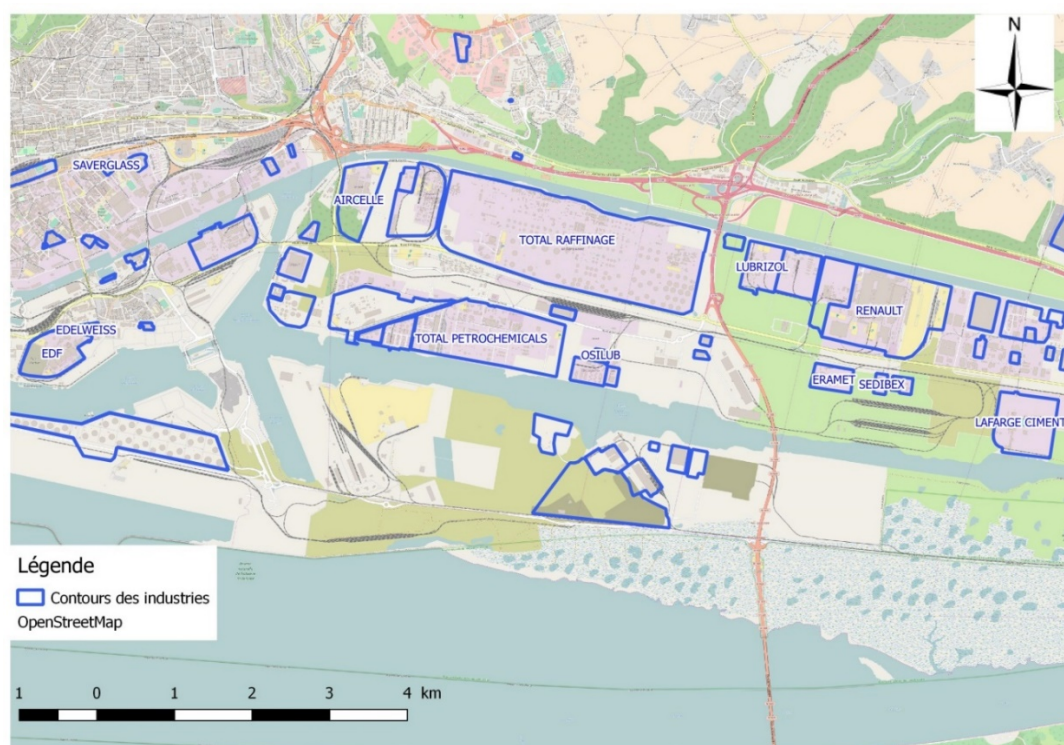


Figure 1: Carte des principaux émetteurs industriels déclarés de métaux, HCl et HF

Les émissions industrielles déclarées de métaux et d'acides chlorhydrique et fluorhydrique depuis 2009 sont portées dans les tableaux ci-dessous. Lorsqu'elles sont en dessous des seuils de déclaration réglementaires, elles sont notées « nd ».

Pour l'étain, aucune émission n'est déclarée. Le tellure n'apparaît pas dans le registre des émissions déclarées de l'IREP.

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].

Emissions des métaux (en kg/an)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019 (source EDF)
Antimoine	(Seuil de déclaration GEREPE : 10 kg)										
EDF	nd	63,8	24,3	34	20,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total Petrochemicals	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	104	nd	données non disponibles à ce jour
Raffinerie de Normandie	63,1	51,4	34,7	26,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Tourres & Cie	71,6	71,7	32,9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Arsenic	(Seuil de déclaration GEREPE : 20 kg)										
EDF	302	275	138	216	104	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total Petrochemicals	nd	32	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	données non disponibles à ce jour
Raffinerie de Normandie	27	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Cadmium	(Seuil de déclaration GEREPE : 10 kg)										
EDF	25	23	10	14	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total Petrochemicals	nd	28	10	nd	nd	nd	nd	nd	42	nd	données non disponibles à ce jour
Raffinerie de Normandie	29	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	38,1	
Tourres & Cie	20	20	11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Chrome	(Seuil de déclaration GEREPE : 100 kg)										
EDF	419	367	138	210	94	3,4	nd	nd	nd	nd	nd
Total Petrochemicals	359	277	nd	nd	nd	nd	206	nd	535	nd	données non disponibles à ce jour
Raffinerie de Normandie	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	118	
Tourres & Cie	104	119	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Cobalt	(Seuil de déclaration GEREPE : 5 kg)										
EDF	77,6	97,1	32,2	41,4	21,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total Petrochemicals	35,1	42,6	8,6	nd	nd	7,4	6,45	nd	9,75	nd	données non disponibles à ce jour
Raffinerie de Normandie	53,7	30,7	39,5	17,8	24,6	57,7	67,9	44,9	11,8	19,4	
Tourres & Cie	71,6	71,7	33,1	7,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	

« nd » signifie « 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	2019 (source EDF)
Cuivre	(Seuil de déclaration GEREPE : 100 kg)										
EDF	423	443	139	196	104	3.9	nd	nd	nd	nd	nd
Lafarge ciment	155	nd	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	nd	
Manganèse	(Seuil de déclaration GEREPE : 200 kg)										
EDF	490	886	nd	259	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total Petrochemicals	580	1320	246	nd	nd	208	nd	nd	340	nd	données non disponibles à ce jour
Lafarge Ciments	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	264	nd	nd	
Nickel	(Seuil de déclaration GEREPE : 50 kg)										
EDF	710	618	214	378	135	4.3	nd	nd	nd	nd	nd
Eramet	358	511	54	806	691	765	821	1230	142	1650	données non disponibles à ce jour
Raffinerie de Normandie	3990	2300	2100	1150	1030	694	582	407	842	802	
Total Petrochemicals	1370	1220	1170	2330	nd	65	322	59.8	569	117	
Tourres & Cie	70	71	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Lafarge Ciments	nd	nd	nd	nd	nd	nd	83.3	nd	nd	nd	
Plomb	(Seuil de déclaration GEREPE : 200 kg)										
EDF	330	509	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Tourres & Cie	598	587	356	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	données non disponibles à ce jour
Manganèse	(Seuil de déclaration GEREPE : 200 kg)										
EDF	490	886	nd	259	143	2.7	nd	nd	nd	nd	nd
Total Petrochemicals	580	1320	246	nd	nd	208	nd	nd	340	nd	données non disponibles à ce jour
Lafarge ciment	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	264	nd	nd	
Sélénium	(Seuil de déclaration GEREPE : 20 kg)										
EDF	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Tourres & Cie	nd	nd	nd	nd	nd	nd	50,4	nd	nd	nd	

« nd » signifie « 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	2019 (source EDF)
Vanadium	(Seuil de déclaration GEREPP : 10 kg)										
EDF	nd	nd	nd	nd	307	14	59.4	44.5	41	34,8	18
Lubrizol France	nd	0.013	nd	0.019	nd	nd	nd	nd	nd	nd	données non disponibles à ce jour
Raffinerie de Normandie	10300	4870	4450	3400	2370	663	418	309	2490	1520	
Sedibex	nd	nd	nd	1,7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
STEP Edelweiss	nd	nd	nd	0,080	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Total Petrochemicals	902	547	555	1160	nd	43	15.2	nd	14.2	nd	
Tourres & Cie	nd	nd	nd	2.9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Zinc	(Seuil de déclaration GEREPP : 200 kg)										
EDF	894	1110	392	588	288	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total Petrochemicals	412	1450	453	413	1020	nd	434	667	703	508	données non disponibles à ce jour
Raffinerie de Normandie	302	343	318	nd	nd	nd	nd	nd	nd	361	
Lafarge ciment	nd	1100	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Renault Sandouville	330	357	338	228	nd	279	492	593	655	nd	

Emissions des chlorures et fluorures (en tonnes/an)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019 (source EDF)
Acide chlorhydrique	(Seuil de déclaration GEREPP : 10 tonnes)										
EDF	880	1030	349	408	327	18,7	37,7	74,3	74,4	38,95	15,07
Acide fluorhydrique	(Seuil de déclaration GEREPP : 5 tonnes)										
EDF	83,5	67,5	29,8	30,8	35,7	nd	6,4	12,2	7,8	nd	nd

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

Tableau 1 : Emetteurs déclarés des métaux, d'HCl et HF sur la zone industrielle du Havre entre 2009 et 2018 (source IREP) et complément d'information en 2019 par EDF.

2.3. Activité de la centrale EDF en 2019 (source EDF)

Les données d'activité de la centrale thermique pour l'année 2019 sont transmises par EDF :

Activité de la Centrale EDF (chaudière TR4) en 2019 :	910 heures de fonctionnement (10,4% du temps)
Détail des périodes de fonctionnement	Janvier : 122 heures, février : 303 heures, juillet : 43 heures, octobre : 61 heures, novembre : 262 heures, décembre : 120 heures.
Arrêts pour maintenance programmée	De août à mi-octobre

Tableau 2 : Données d'activité de la centrale EDF en 2019

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 d'une part des valeurs de référence lorsqu'elles existent et d'autre part 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 m³/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]. Ces méthodes ont cependant été adaptées pour permettre un prélèvement sur 7 jours et non sur 8h comme en hygiène du travail.

Une séparation des phases gazeuses et particulaires est effectuée de la manière suivante :

- 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.

Jusqu'en septembre 2019, les échantillons (filtres) ont été envoyés après prélèvement au laboratoire ALPA CHIMIES MICROPOLLUANTS (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. Suite à la fermeture de ce laboratoire, les échantillons ont été analysés à partir d'octobre 2019 par le laboratoire TERA Environnement à Fuveau (13).

Méthode d'interprétation des résultats des anions

Pour l'interprétation des résultats, il n'existe pas à l'heure actuelle de réglementation européenne ou française 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 que sur certaines périodes lors des années précédentes, aux résultats sur un autre site de la région (Grand Couronne) pour tous les anions [II]. Cependant, en 2019, aucune mesure n'a été réalisée sur cette station de Grand Couronne en 2019.

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 :

- au laboratoire ALPA CHIMIES MICROPOLLUANTS - 49, rue Mustel - F- 76022 ROUEN jusqu'en 2018,
- A partir de 2019 : au laboratoire TERA Environnement à Fuveau (13), dans le cadre d'une recherche d'amélioration des délais d'analyse et du coût.

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.

Méthode d'interprétation des résultats de métaux particuliers

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

Les données de météorologie proviennent des capteurs d'Atmo Normandie (de Renault Sandouville et de Caucriauville) et ceux du Havre Seine Métropole.

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

Les résultats (métaux) du site de mesures d'Atmo Normandie de Gonfreville l'Orcher sont comparés en 2019 à d'autres sites de mesures d'Atmo Normandie : Notre-Dame de Gravenchon (Port Jérôme sur Seine), Petit Quevilly.

2.9. Limites

- Il n'existe pas à l'heure actuelle de valeurs réglementaires françaises ou européennes sur lesquelles s'appuyer pour interpréter les résultats d'anions et de certains métaux particuliers (Antimoine, Chrome, Cobalt, Cuivre, Etain, Manganèse, Vanadium, Sélénium, Zinc) dans l'air ambiant..
- La méthode de mesure utilisée pour les anions ne permet pas de mesurer tous les fluorures susceptibles d'être présents dans l'air. En effet, les composés particuliers fluorés insolubles ne peuvent pas être dosés.

- 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 2019, seule la station de Notre-Dame de Gravenchon (Port Jérôme sur Seine) mesure 13 métaux durant l'année entière. Les autres mesurent uniquement les 4 métaux réglementés : arsenic, cadmium, nickel et plomb.

3. Déroulement

3.1. Période de mesure

La campagne de mesure s'effectue tout au long de l'année 2019, dans la continuité des mesures commencées depuis fin 2010. Depuis 2017 les prélèvements sont réalisés 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 la pratique déjà mise en place 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 (station de Gonfreville l'Orcher) de mesure 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. 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). Par ailleurs comme il est possible de la voir sur la carte suivante (Figure 4), d'autres émetteurs industriels peuvent contribuer aux concentrations de métaux sur le site de Gonfreville selon la direction de vents.

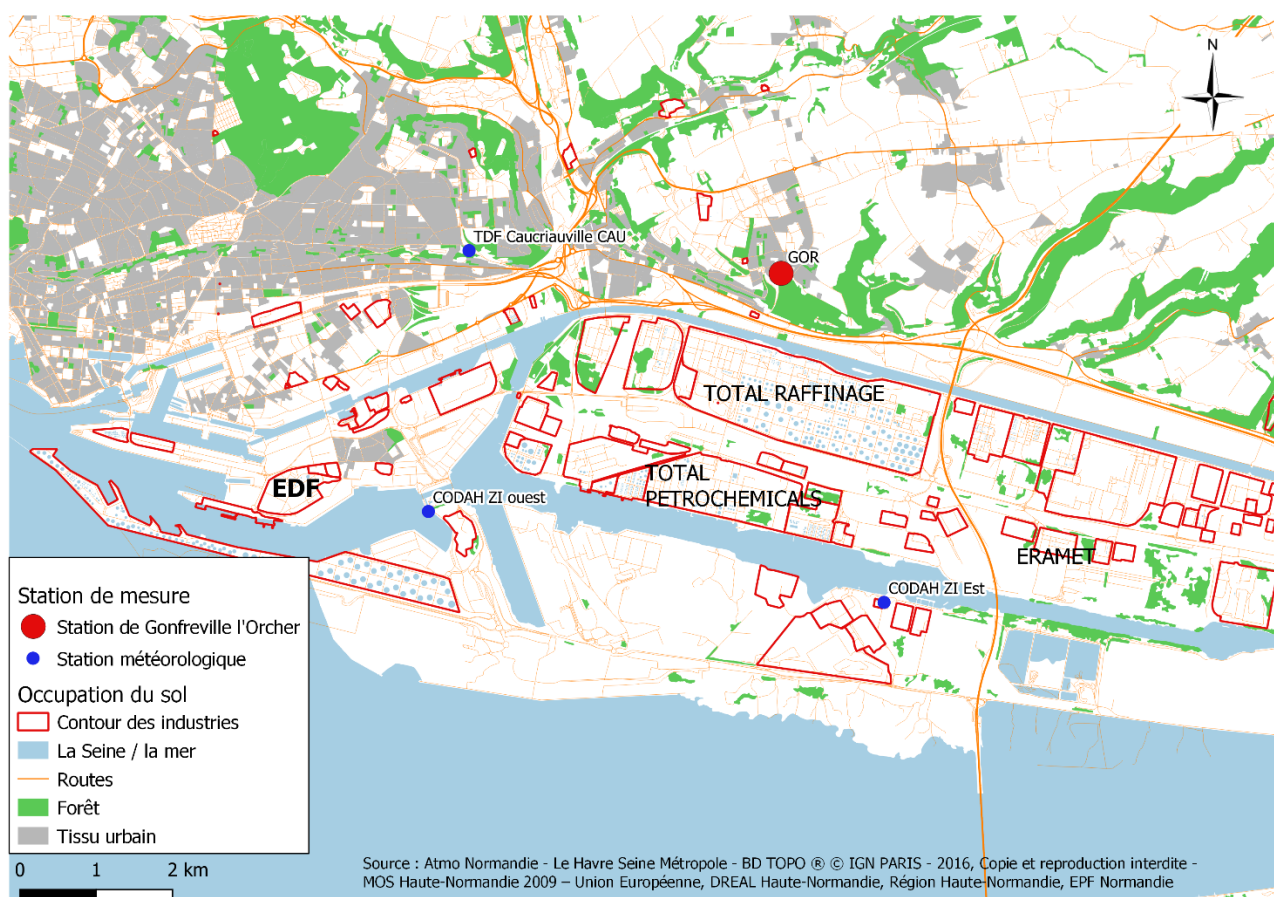


Figure 4 : Localisation du site de mesure par rapport à la centrale thermique EDF et aux émetteurs déclarés de métaux en 2018

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/m^3 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 2019 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 neuf années de mesures.

L'évolution des concentrations des 13 métaux (semaine par semaine) est présentée sur l'ensemble de l'année 2019 en **annexe 1**. Cette évolution met en évidence le fait que les maxima sont enregistrés à des dates différentes selon les métaux. Cependant, certaines semaines ressortent comme étant un peu plus chargées en plusieurs métaux : semaine 7 (Sb, Cd, Pb), semaine 9 (Cr, Mn, V), semaine 13 (As, Pb, Se, Zn).

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	2019	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	(semaine du max)	
Antimoine	1.0	0.7	0.7	1.0	0.6	0.7	0.6	0.5	0.7	2.5	1.6	1.9	4.9	1.2	1.9	1.6	1.2	1.7	7		
Arsenic	0.5	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	3.4	1.3	1.1	1.7	0.7	0.8	0.6	0.6	0.6	13	6	
Cadmium	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.7	0.4	0.4	0.5	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	7	5	
Chrome	1.8	1.6	2.1	2.5	1.5	1.6	1.5	1.1	1.3	4.4	3.5	3.7	4.8	2.7	3.5	2.7	5.0	3.3	9, 45		
Cobalt	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.6	0.4	0.4	0.4	0.8	0.7	0.2	0.2	0.3	39		
Cuivre	4.9	5.2	4.5	4.1	3.6	3.7	3.6	3.4	3.8	11.0	15.0	13.8	14.6	9.0	9.4	12.0	5.0	10.3	15		
Etain	1.9	2.0	2.6	3.1	1.4	2.0	1.6	1.5	1.3	8.3	4.5	29	73.1	3.2	9.2	4.8	4.8	3.2	21		
Manganèse	4.2	3.4	3.9	3.1	3.2	3.0	2.9	3.6	3.3	15.7	11.3	13.2	12.2	9.3	8.5	6.3	7.7	8.4	9		
Nickel	6.1	4.6	4.3	5.0	2.5	3.1	2.7	2.3	2.9	16.9	13.2	10.5	12.9	7.0	11.3	9.6	7.5	10.1	37	20	
Plomb	5.3	4.0	4.9	7.5	3.2	3.2	2.4	2.6	2.5	20.0	13.7	12.1	34.9	8.3	8.5	9.5	5.6	5.5	7, 13	250/500	
Sélénium	0.7	0.7	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.8	1.5	1.8	1.2	2.5	1.2	1.2	0.9	1.0	2.5	11, 13, 17		
Vanadium	4.5	3.4	2.6	2.6	1.1	0.9	2.0	1.5	1.4	10.8	9.6	6.5	5.8	6.1	3.8	4.8	5.4	3.5	9, 11, 33		
Zinc	22.2	20.4	18.8	28.6	12.6	13.0	11.2	11.9	11.6	71.3	88.0	41.4	147.4	23.8	38.7	38.1	22.2	20.9	13, 15, 43		

Tableau 3 : Résultats des métaux à Gonfreville (en moyenne et maximum) entre 2011 et 2019

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 9 ans**

L'évolution des concentrations de 2011 à 2019 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 2019	Pente estimée (méthode de Sen)
Antimoine	Tendance à la baisse	-0.0006
Arsenic	Tendance à la baisse	-0.0003
Cadmium	Pas de tendance	0
Chrome	Tendance à la baisse	-0.0014
Cobalt	Pas de tendance	0
Cuivre	Tendance à la baisse	-0.0039
Etain	La tendance n'est pas significative	
Manganèse	La tendance n'est pas significative	
Nickel	Tendance à la baisse	-0.0089
Plomb	Tendance à la baisse	-0.0061
Sélénium	Tendance à la baisse	-0.0004
Vanadium	Tendance à la baisse	-0.0077
Zinc	Tendance à la baisse	-0.0271

Tableau 4 : Tendances pour les résultats des métaux entre 2011 et 2019 à Gonfreville

Commentaire :

La plupart des métaux montre **une tendance significative à la baisse entre 2011 à 2019** 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, Ni, Cu et avec une pente moins marquée : Cr, Sb, Se, As.

- **Comparaison pour les métaux avec d'autres sites de mesure en 2019**

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).

Les quatre métaux réglementés dans l'air sont mesurés en routine au niveau de la station urbaine de Petit Quevilly. L'ensemble des 13 métaux est mesuré en 2019 à la station industrielle de Port Jérôme sur Seine.

Métaux 2019 nanogrammes par m ³	Gonfreville l'Orcher	Port Jérôme sur Seine	Petit-Quevilly	Valeurs Repères ⁴
Plomb Pb	2.5	2.7	3.4	250 / 500
Arsenic As	0.3	0.3	0.3	6
Nickel Ni	2.9	1.4	1.7	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 2019 nanogrammes par m ³	Gonfreville l'Orcher	Port Jérôme sur Seine
Antimoine Sb	0.7	0.7
Chrome Cr	1.3	1.4
Cobalt Co	0.1	0.1
Cuivre Cu	3.8	3.5
Etain Sn	1.3	0.8
Manganèse Mn	3.8	3.5
Sélénium Se	0.8	0.7
Vanadium V	1.4	0.8
Zinc Zn	11.6	11.4

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, de l'étain, du vanadium (en jaune dans les tableaux).

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 2019	Moyenne (en µg/m³)	Maximum (en µg/m³)	Valeur repère annuelle
Chlorures particulaires	1.05	3.80	
Chlorures gazeux	0.39	1.45	
Chlorures totaux⁵	1.25	4.04	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	2.95	10.41	
Nitrates gazeux	0.76	2.32	
Nitrates totaux	3.20	11.48	
Sulfates particulaires	1.73	2.55	
Sulfates gazeux	7.91	30.97	
Sulfates totaux	7.04	32.61	
Phosphates particulaires	0.02	0.05	
Phosphates gazeux	0.07	0.43	
Phosphates totaux	0.07	0.45	

Tableau 7 : Résultats des anions en 2019 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 2019 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 chlorures⁶

Les chlorures sont habituellement composés majoritairement de chlorures particuliers (voir en figure 5), en particulier durant l'hiver. Pendant la période « estivale » de 2019, 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 (arrêt de la centrale de août à mi-octobre selon les informations d'EDF).

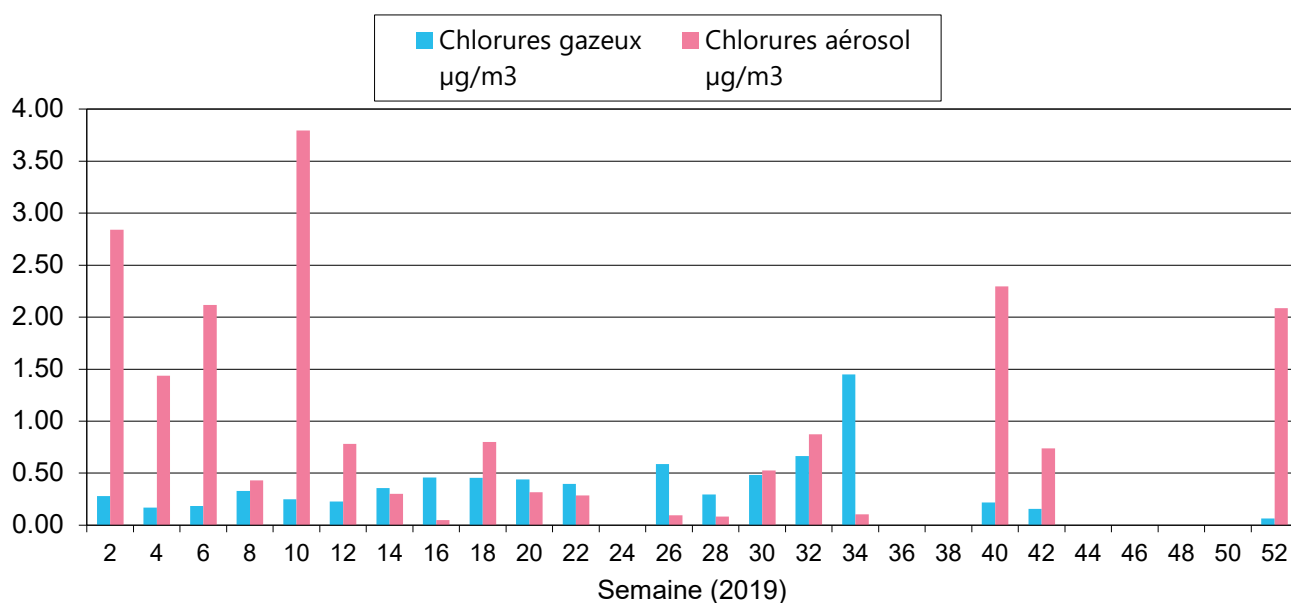


Figure 5 : Résultats (une semaine sur 2) des chlorures en 2019 à Gonfreville l'Orcher

⁶ Des valeurs manquantes apparaissent sur les courbes des anions en 2019. Les raisons sont les suivantes :

- Semaine 24 : Colmatage de la cartouche de prélèvement ;
- Semaines 36 à 38 : Suite à l'incendie des entreprises Lubrizol et Normandie Logistique à Rouen, le matériel de prélèvement a été retiré en urgence de la station de Gonfreville pour effectuer des mesures à Rouen ;
- Semaines 44 à 50 : Données invalidées en raison d'une aspiration anormale d'eau de pluie lors des prélèvements.

- **Tendance observée sur 9 années de mesure des chlorures**

L'évolution des moyennes annuelles sur les 9 années de mesures (2011 à 2019) 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 2019 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 hebdomadaire⁷ durant les 9 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).

	Année	Chlorures particulaires	Chlorures gazeux	Chlorures totaux
Moyenne (en µg/m³)	2011	1.5	0.5	2
	2012	1.4	0.4	1.7
	2013	1.3	0.5	1.8
	2014	1.3	0.5	1.9
	2015	1.6	0.4	2
	2016	1.1	0.4	1.5
	2017	1	0.6	1.7
	2018	0.6	0.7	1.2
	2019	0.6	0.7	1.2
Maximum (en µg/m³)	2011	3.7	1.2	5
	2012	5.4	1.7	7.1
	2013	3.8	1.3	5.2
	2014	4.3	1.9	6.2
	2015	3.3	1.1	4.4
	2016	3.9	1.1	4
	2017	4.2	1.4	4.5
	2018	2.1	2	3.3
	2019	2.1	2	3.3
Valeur repère TA Luft				100

Tableau 8 : Evolution des chlorures à Gonfreville entre 2011 et 2019

⁷ (une semaine sur deux à partir de 2017)

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

Les concentrations hebdomadaires des fluorures particulaires et gazeux sont toutes inférieures à la limite de quantification, c'est à dire égales à $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durant toute l'année 2019.⁸

C'était le cas aussi durant les années précédentes.

La valeur guide annuelle de l'OMS⁹ : $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les fluorures totaux est donc largement respectée.

⁸ 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 ($4 \mu\text{g}/\text{filtre}$ soit $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$) divisée par deux, c'est à dire $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

⁹ Dans le document : « OMS (2000) - Air Quality Guidelines for Europe. Copenhagen. 2nd », l'OMS recommande le seuil : $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la protection des animaux et des plantes et indique que ce seuil est suffisant pour la protection de la santé humaine.

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 au printemps, en particulier durant la semaine 20 (du 13 mai au 20 mai 2019). Cette part des nitrates particulaires diminue en été.
- Au contraire, la part des nitrates sous forme gazeuse augmente en période printanière et estivale (à partir de la semaine 16), probablement en lien avec la température.

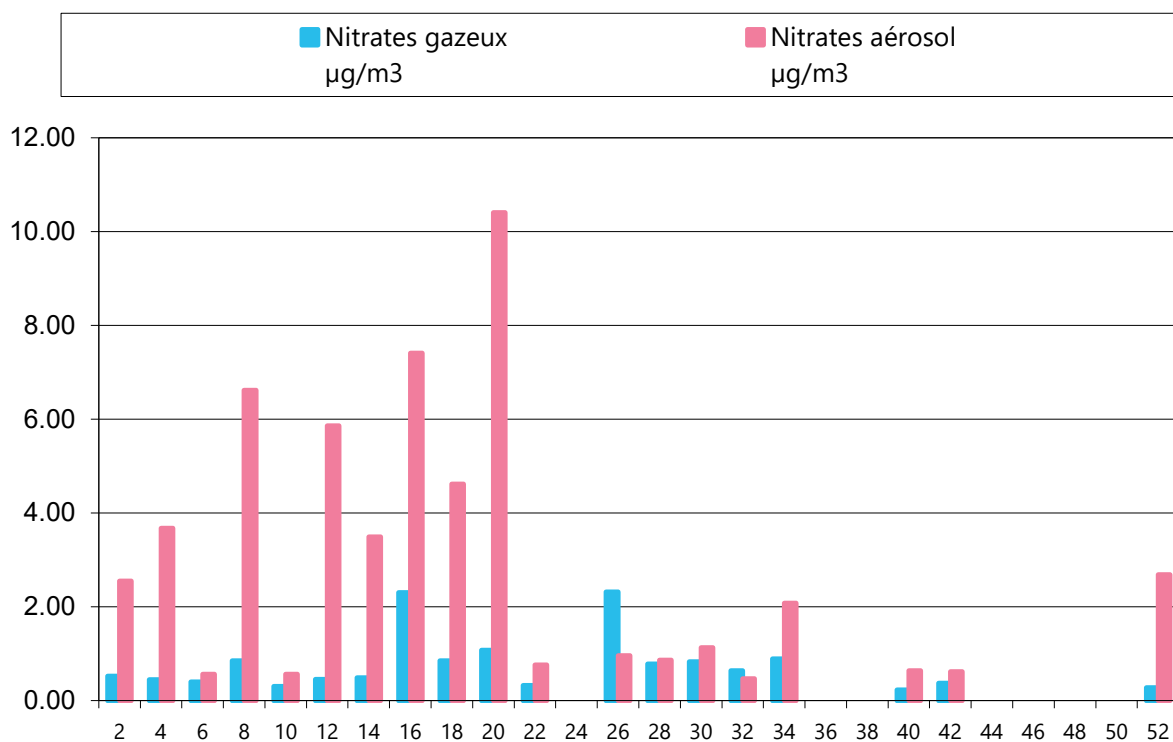


Figure 6 : Evolution (une semaine sur 2) des nitrates durant l'année 2019¹⁰

¹⁰ Des valeurs manquantes apparaissent sur les courbes des anions en 2019. Les raisons sont les suivantes :

- Semaine 24 : Colmatage de la cartouche de prélèvement ;
- Semaines 36 à 38 : Suite à l'incendie des entreprises Lubrizol et Normandie Logistique à Rouen, le matériel de prélèvement a été retiré en urgence de la station de Gonfreville pour effectuer des mesures à Rouen ;
- Semaines 44 à 50 : Données invalidées en raison d'une aspiration anormale d'eau de pluie lors des prélèvements.

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 des sulfates gazeux diminuent au printemps et en été (à partir de la semaine 16).

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.

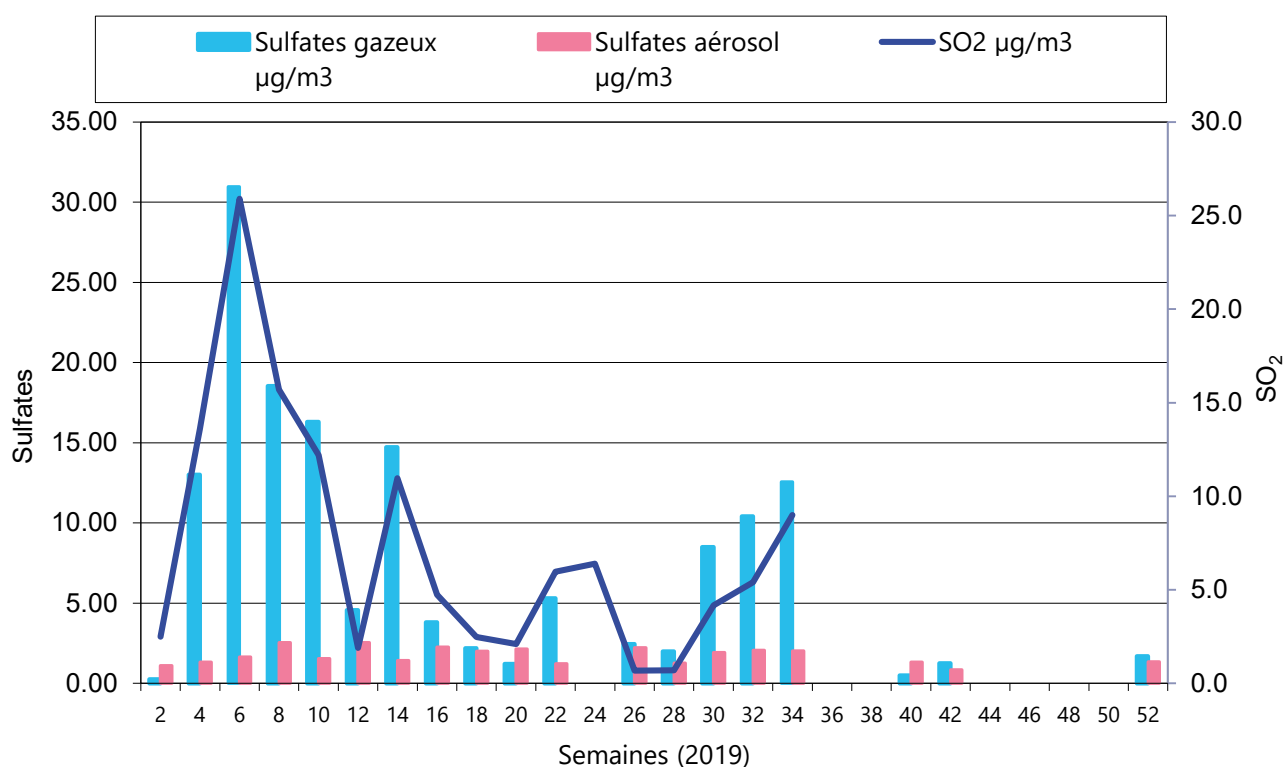


Figure 7 : Evolution (une semaine sur 2) des sulfates à Gonfreville en 2019 et du dioxyde de soufre en parallèle¹¹

¹¹ Des valeurs manquantes apparaissent sur les courbes des anions en 2019. Les raisons sont les suivantes :

- Semaine 24 : Colmatage de la cartouche de prélèvement ;
- Semaines 36 à 38 : Suite à l'incendie des entreprises Lubrizol et Normandie Logistique à Rouen, le matériel de prélèvement a été retiré en urgence de la station de Gonfreville pour effectuer des mesures à Rouen ;

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 2019. Quelques résultats se détachent du niveau de fond pour les phosphates gazeux (semaines 14, 16 et 22) et pour les phosphates aérosols (semaines 18 et 20).

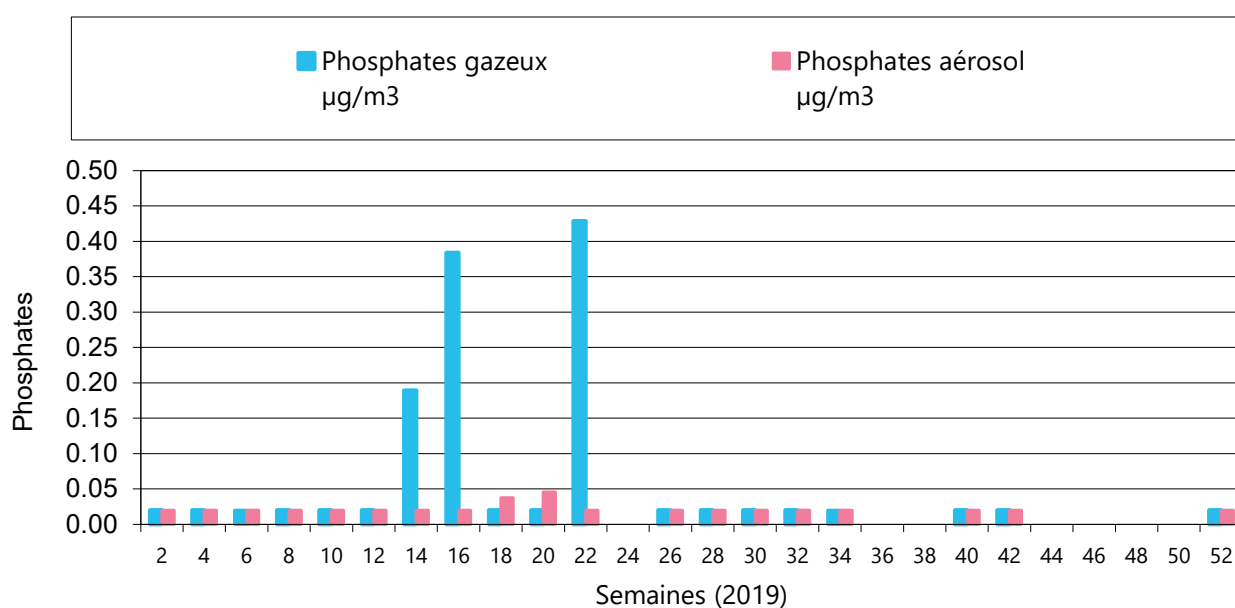


Figure 8 : Evolution (une semaine sur 2) des phosphates à Gonfreville en 2019¹²

- Semaines 44 à 50 : Données invalidées en raison d'une aspiration anormale d'eau de pluie lors des prélèvements.

¹² Des valeurs manquantes apparaissent sur les courbes des anions en 2019. Les raisons sont les suivantes :

- Semaine 24 : Colmatage de la cartouche de prélèvement ;
- Semaines 36 à 38 : Suite à l'incendie des entreprises Lubrizol et Normandie Logistique à Rouen, le matériel de prélèvement a été retiré en urgence de la station de Gonfreville pour effectuer des mesures à Rouen ;
- Semaines 44 à 50 : Données invalidées en raison d'une aspiration anormale d'eau de pluie lors des prélèvements.

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 2019 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 8 années précédentes.

Fluorures totaux :

Les concentrations en fluorures sont, en 2019, 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 2019 comme depuis le début de la surveillance en 2011).

5.2. Concentrations maximales durant l'année 2019 :

Métaux :

Plusieurs métaux enregistrent leurs concentrations maximales durant :

- la semaine 7, du 11 février au 17 février (pour les métaux : Sb, Cd, Pb),

Les vents proviennent majoritairement de l'est, du sud-est et un peu du sud. Par ces directions de vent, les métaux mesurés à la station de Gonfreville peuvent provenir de la ZI du Havre. Par contre, la contribution des émissions de la centrale EDF est peu probable par ces directions de vent (sauf par vent faible ou par vent de sud-ouest qui n'est pas dominant).

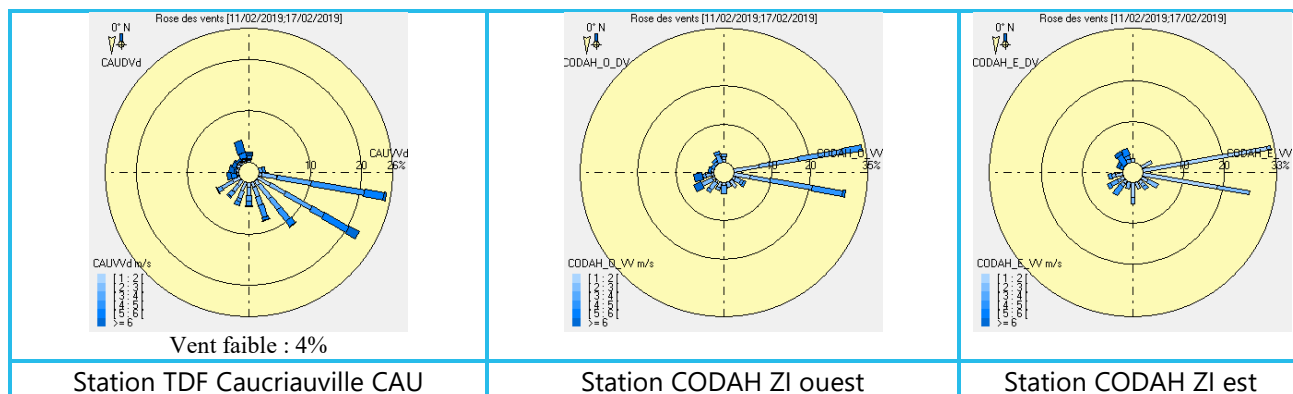


Figure 9 : Roses de vent durant la semaine 7 (selon 3 girouettes gérées par Atmo Normandie ou par Le Havre Seine Métropole (CODAH) sur le secteur du Havre)

- la semaine 9, du 25 février au 3 mars (pour les métaux : Cr, Mn, V),
Les vents proviennent majoritairement du sud à sud-ouest, d'ouest, et un peu de l'est à sud-est. Par ces directions de vent, les métaux mesurés à Gonfreville peuvent provenir des émissions de la ZI du Havre. **La contribution des émissions de la centrale EDF est possible, car elle fonctionne en février (source : EDF) et déclare du vanadium en 2019.**

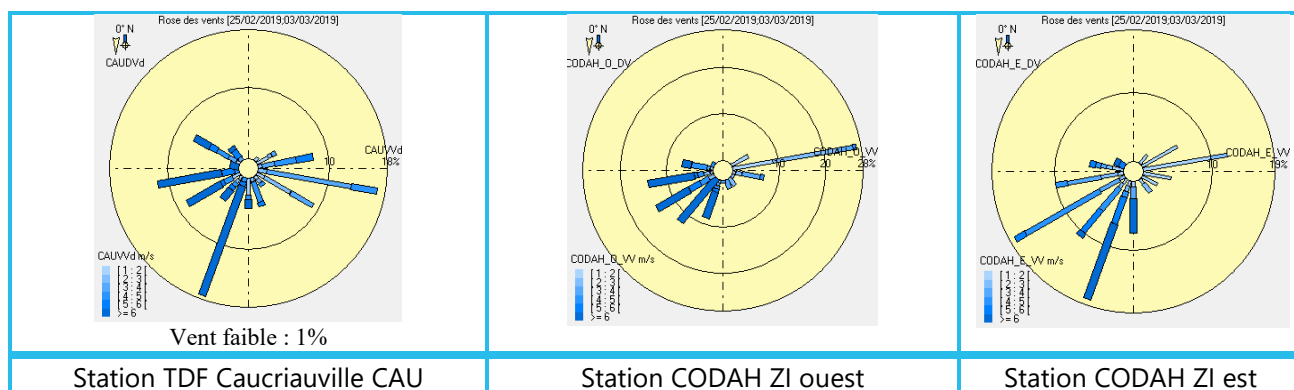


Figure 10 : Roses de vent durant la semaine 9 (selon 3 girouettes gérées par Atmo Normandie ou par Le Havre Seine Métropole (CODAH) sur le secteur du Havre)

- la semaine 11, du 11 mars au 17 mars (pour le Vanadium).
Les vents proviennent du sud, sud-ouest et ouest. La contribution des émissions de la ZI du Havre ainsi que celle de la centrale EDF sont possibles par vent de sud à sud-ouest. Cependant, l'absence d'activité de la centrale EDF lors de cette semaine permet de conclure qu'elle ne contribue pas (source EDF).

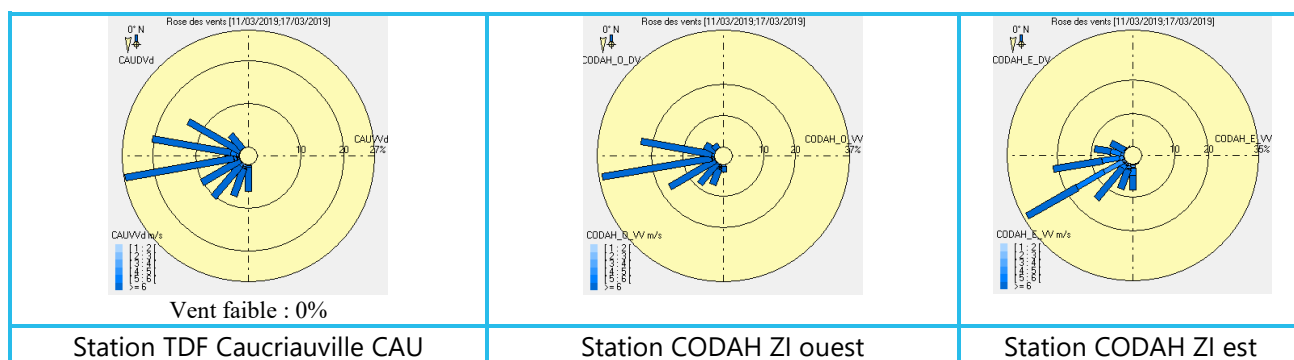


Figure 11 Roses de vent durant la semaine 11 (selon 3 girouettes gérées par Atmo Normandie ou par Le Havre Seine Métropole (CODAH) sur le secteur du Havre)

- la semaine 13, du 25 mars au 31 mars (pour les métaux : As, Pb, Se).

Les vents dominants proviennent du nord et du nord-est. La contribution des émissions de la ZI du Havre sont donc peu probables par ces directions de vent. De plus, la centrale EDF n'est pas en activité durant cette semaine 13 (source EDF). La figure 13 montre une légère augmentation des concentrations d'arsenic et de plomb durant la semaine 13 généralisée à d'autres stations de mesure de la région par ces vents de nord à nord-est, ce qui laisse supposer une origine autre que locale (telle que le transport de poussières sur de longues distances par situation anticyclonique).

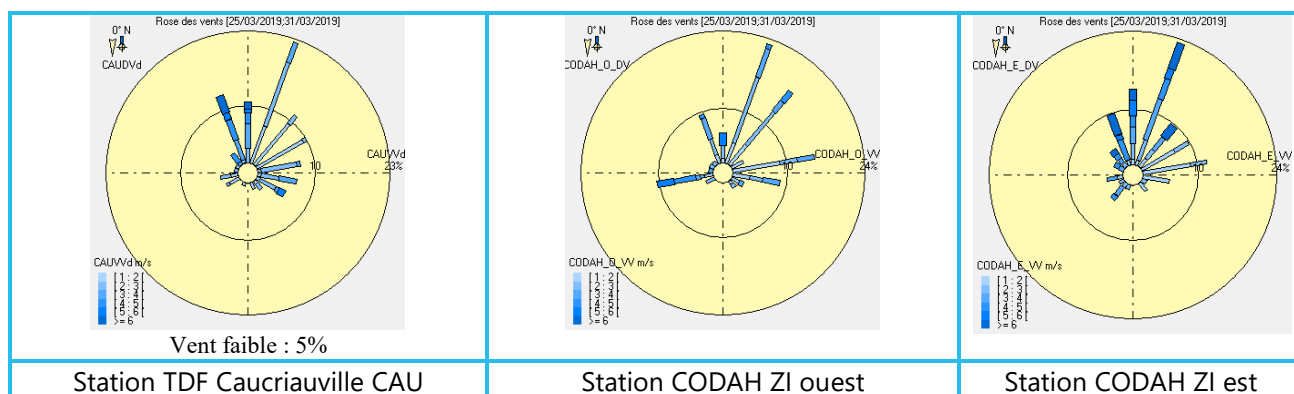


Figure 12 Roses de vent durant la semaine 13 (selon 3 girouettes gérées par Atmo Normandie ou par Le Havre Seine Métropole (CODAH) sur le secteur du Havre)



Figure 13 : Comparaison des concentrations d'arsenic et de plomb sur 3 stations de la région (augmentation en semaine 13)

- Le nickel enregistre sa concentration maximale durant la semaine 37 (du 9 septembre au 15 septembre 2019).

Durant cette semaine, les vents viennent majoritairement du sud-ouest et de l'ouest. La contribution des émissions de la centrale EDF se trouvant dans cette direction n'est cependant pas possible, car celle-ci était en arrêt (source EDF). Une partie des vents viennent aussi du nord à nord-est et enfin du sud-est. C'est par cette direction de vent sud-est à sud, que le nickel mesuré à Gonfreville peut provenir des émissions de la ZI du Havre.

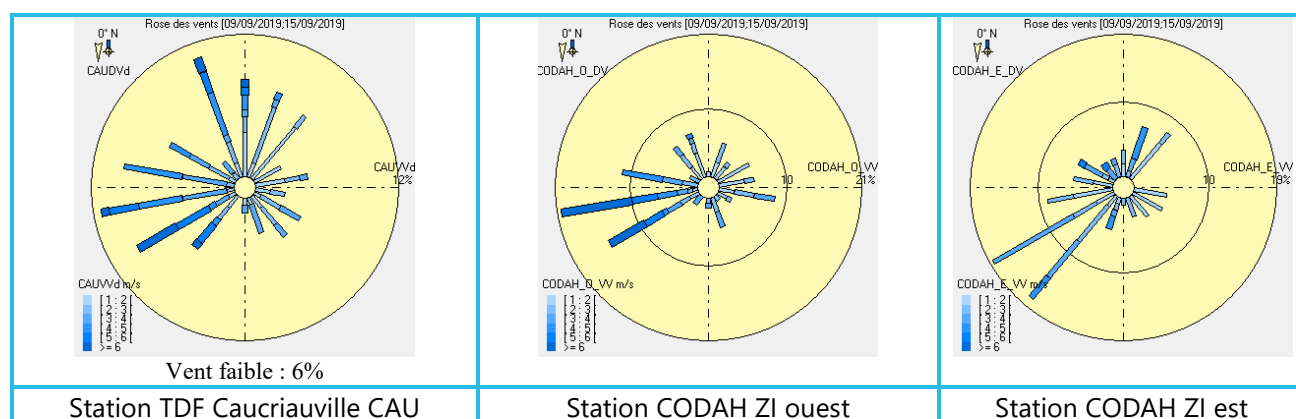


Figure 14 : Roses de vent durant la semaine 37
(selon 3 girouettes gérées par Atmo Normandie par Le Havre Seine Métropole (CODAH) sur le secteur du Havre)

Chlorures

- Les chlorures gazeux enregistrent leur concentration maximale lors de la semaine 34 (du 19/08 au 25/08 2019).

Durant cette semaine, les vents viennent de plusieurs directions différentes. Lorsque les vents viennent de l'est-sud-est et du sud à sud-ouest, les chlorures gazeux mesurés à Gonfreville peuvent provenir des émissions de la zone industrielle. Cependant, durant cette semaine, l'augmentation des concentrations en chlorures gazeux n'est pas liée aux émissions d'acide chlorhydrique de la centrale EDF puisque celle-ci est à l'arrêt (source EDF).

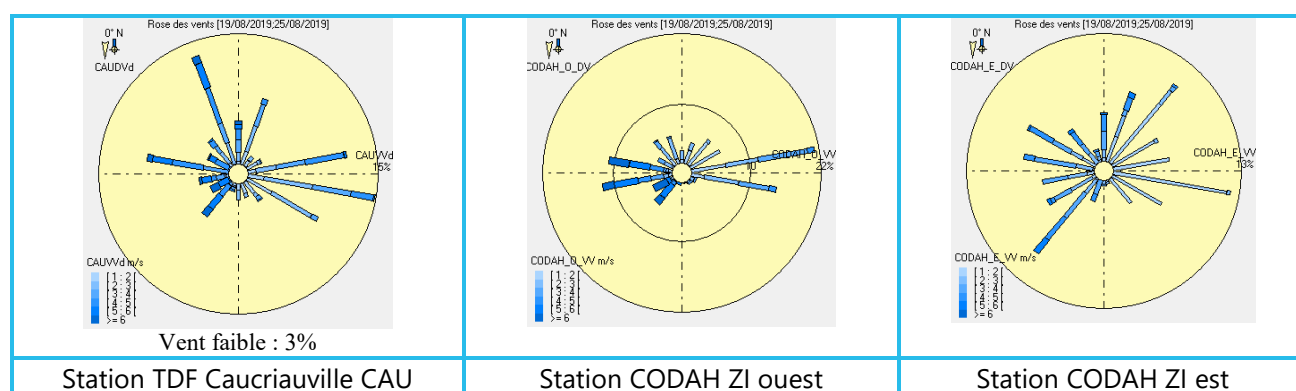


Figure 15 : Roses de vent durant la semaine 34
(selon 3 girouettes d'Atmo Normandie ou par Le Havre Seine Métropole (CODAH) sur le secteur du Havre)

- Les chlorures particuliers enregistrent leur concentration maximale lors de la semaine 10 (du 04 au 10 mars 2019).

Durant cette semaine 10, les vents dominants viennent du sud-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 à l'ouest.

Outre les embruns marins, les émissions de la centrale EDF auraient pu contribuer par cette direction de vent de sud-ouest, cependant il ne s'agit pas d'une période d'activité de la centrale EDF (selon les informations d'EDF).

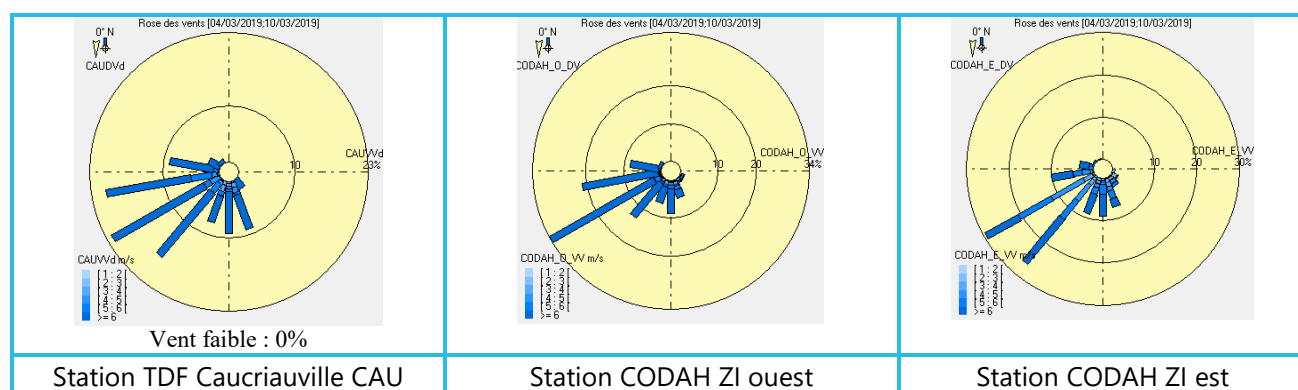


Figure 16 : Roses de vent durant la semaine 6
(selon 3 girouettes d'Atmo Normandie ou par Le Havre Seine Métropole (CODAH) sur le secteur du Havre)

- Les nitrates particuliers enregistrent leur concentration maximale lors de la semaine 20 (du 13 au 19 mai 2019).

Durant cette semaine a eu lieu un épisode de poussières généralisé sur la région (les 18 et 19 mai 2019). Les conditions météorologiques étaient favorables à l'accumulation des poussières et à leur transport à longue distance par vent de nord à nord-est. Par ailleurs, des épandages agricoles ont pu contribuer à l'augmentation des nitrates particuliers. Les vents dominants durant cette semaine venant du nord à nord-est, la contribution des émissions de la ZI industrielle à la pointe de nitrates, ainsi que celle de la centrale EDF qui ne déclare pas d'activité sur cette période (source EDF) semble peu probable.

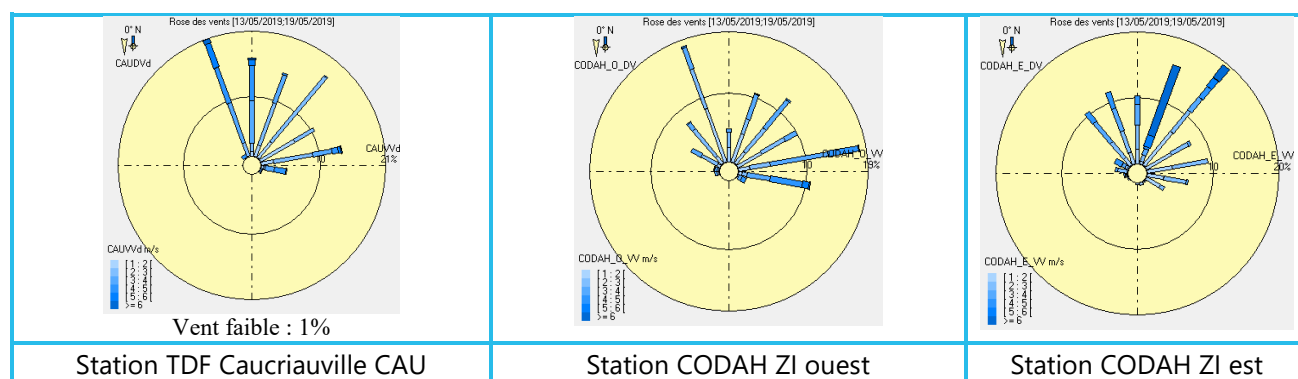


Figure 17 : Roses de vent durant la semaine 20
(selon 3 girouettes d'Atmo Normandie ou par Le Havre Seine Métropole (CODAH) sur le secteur du Havre)

- Sulfates

La figure 7 met clairement en évidence le lien entre les sulfates gazeux et le dioxyde de soufre. Ainsi, l'augmentation durant la semaine 6 des sulfates gazeux coïncide avec celle du SO_2 à Gonfreville. Celui-ci provient des émissions de la zone industrielle par vent de sud-est, sud et sud-ouest (voir la rose de pollution¹³ en figure 18 ci-dessous). La contribution de la centrale EDF (en fonctionnement sur cette période) est possible par vent de sud-ouest.

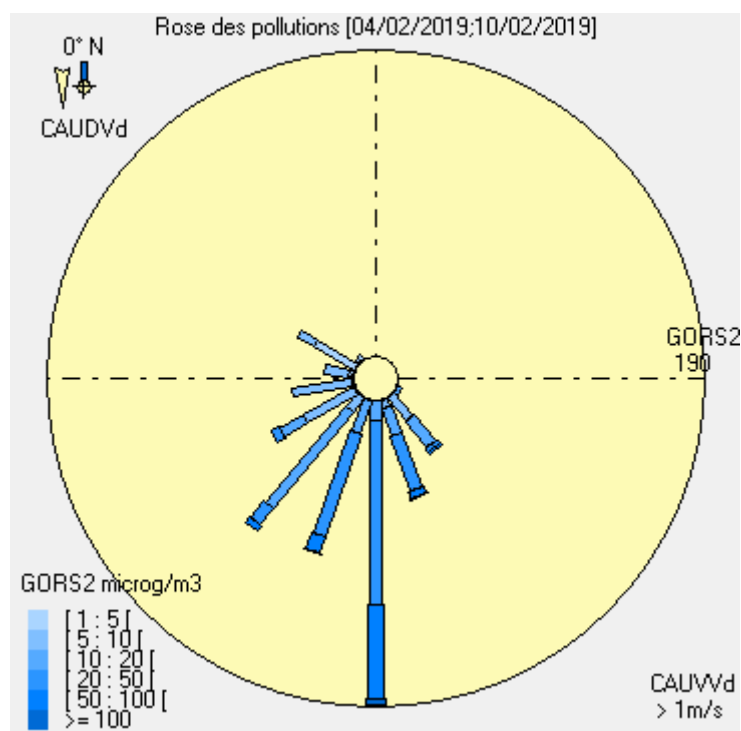


Figure 18 : Rose de pollution du dioxyde de soufre (SO_2) à Gonfreville durant la semaine 6 (Girouette : TDF Caucriauville CAU)

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 sur la ZI du Havre d'industries émettrices de nickel (raffinerie et production de nickel) dont on ne retrouve pas l'équivalent sur les secteurs de Petit Quevilly ou Port Jérôme sur Seine.

¹³ Une rose de pollution est réalisée en croisant les données de pollution avec les données de vent. C'est une figure qui représente le résultat d'un polluant (en moyenne) selon les directions d'où vient le vent, aux points cardinaux (nord, est, sud et ouest) et aux directions intermédiaires.

Ainsi, sur l'exemple ci-dessus, la rose de pollution montre que les concentrations du dioxyde de soufre les plus élevées (moyenne de 190 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sont enregistrées lorsque le vent provient du sud.

Pour les autres métaux :

Les concentrations sont un peu plus élevées à Gonfreville qu'à Port Jérôme sur Seine pour le nickel (comme vu précédemment), et aussi l'étain et le vanadium. Les deux sites sont placés sous l'influence des émissions du raffinage. Cependant, dans le cas de 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 en partie cet écart.

Par ailleurs, des différences entre les émissions industrielles des zones industrielles du Havre et de Port Jérôme expliquent aussi probablement cet écart (par exemple la raffinerie du Havre déclare des émissions de Vanadium et pas celle de Port Jérôme).

5.4. Evolution des concentrations de 2011 à 2019 :

Pour les métaux

L'historique des mesures sur 9 années (2011 à 2019) permet de dégager certaines évolutions. Ainsi, on constate une tendance à la baisse pour plusieurs métaux (Zn, V, Pb, Ni, Cu et avec une pente moins marquée Cr, Sb, Se, As)¹⁴.

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 2018 (pas encore de données disponibles pour 2019 sauf pour EDF) sur les émissions déclarées de plusieurs métaux dans l'air sur la ZI du Havre (cf. tableau1 et figure 19 ci-dessous).

¹⁴ Pour les autres métaux (Sn, Mn) les tendances sont moins nettes, ou indiquent une stabilité (Cd, Co).

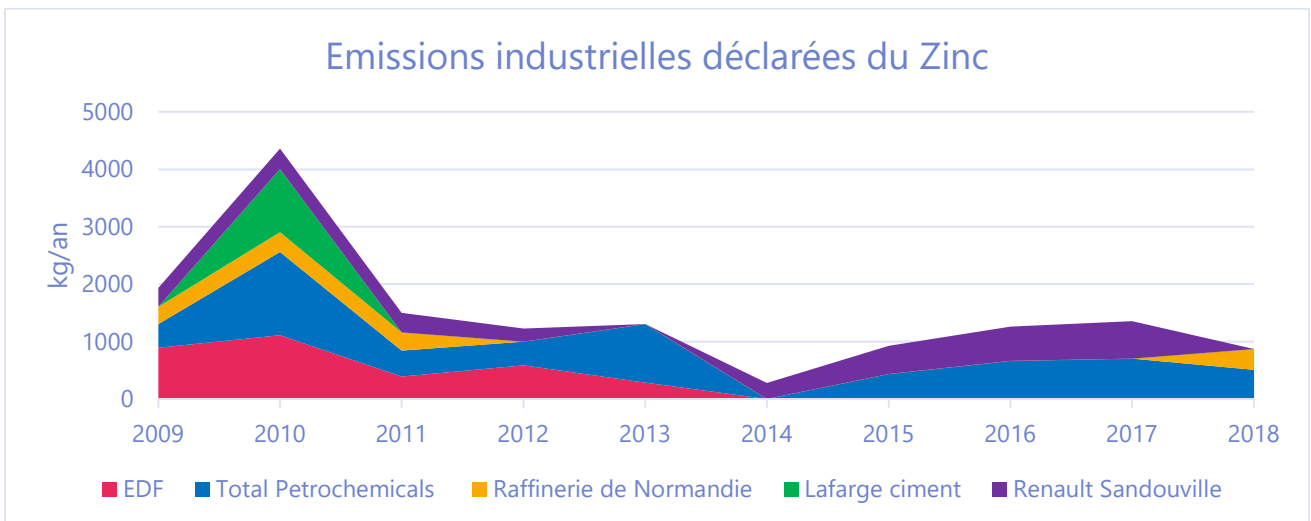
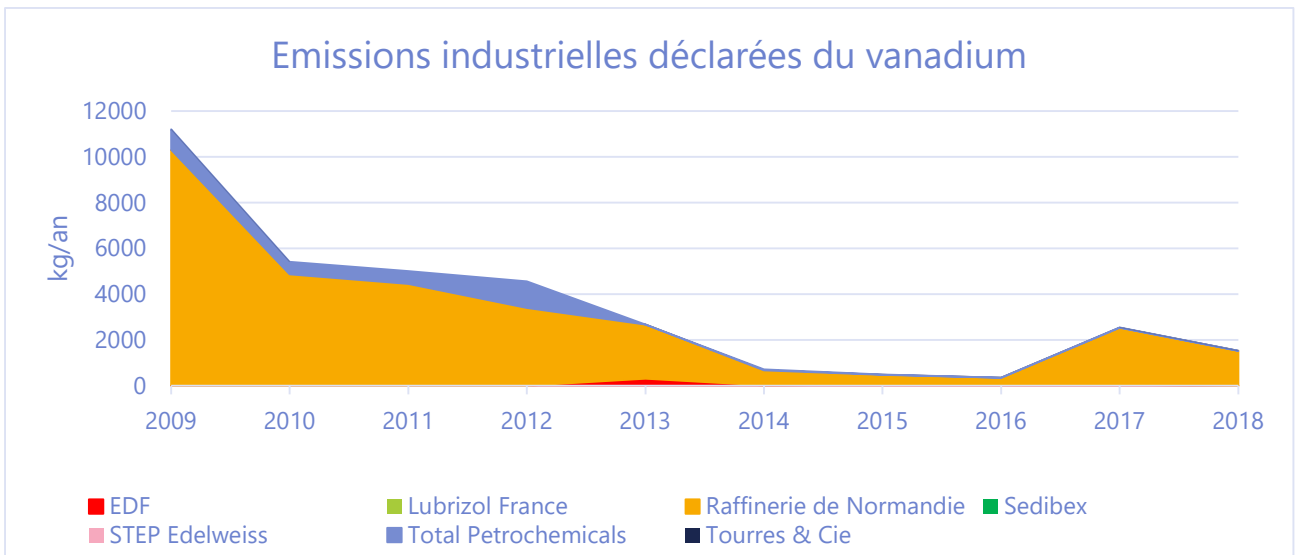
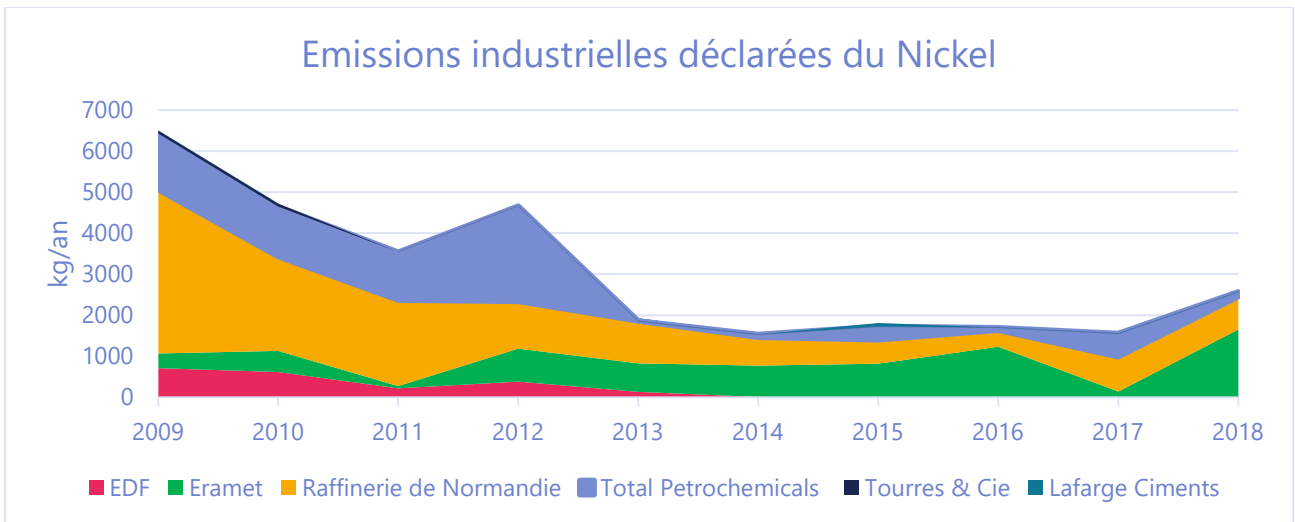


Figure 19 : Evolution des émissions industrielles de Nickel, Vanadium et Zinc au dessus des seuils de déclaration réglementaires (source IREP) sur la ZI du Havre

Pour les chlorures

L'évolution des moyennes annuelles des chlorures totaux entre 2011 et 2019 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 (voir tableau 1) ;

Ainsi, la potentielle contribution des émissions d'EDF n'est pas mise en évidence au niveau des mesures réalisées sur le site de Gonfreville l'Orcher.

Pour les fluorures

Les émissions de fluorures de la centrale EDF ont baissé significativement entre 2009 et 2019. Dans le même temps, les mesures de fluorures sont systématiquement non quantifiées. Ainsi, les émissions d'acide fluorhydrique d'EDF ne sont pas détectables au travers des mesures de fluorures totaux réalisées à Gonfreville l'Orcher.

6. Conclusions

Les données de 2019 confortent les conclusions des 8 années antérieures [1], 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 2019.

Certaines évolutions sont mises en évidence sur les 9 années de mesures. Ainsi, une tendance à la baisse est observée pour la plupart des métaux (zinc, vanadium, plomb, nickel, cuivre et avec une tendance moins marquée, chrome, antimoine, sélénium et arsenic). Pour les chlorures totaux, aucune tendance significative à long terme n'est observée. L'impact des émissions d'acide chlorhydrique d'EDF (qui ont diminué au fil des années) n'est donc pas visible au niveau du site de Gonfreville l'Orcher.

Les concentrations en fluorures (en tant qu'indicateur des concentrations d'acide fluorhydrique) sont quant à elles inférieures à la limite de quantification durant toute l'année 2019 (comme les années précédentes) et ne mettent donc pas en évidence d'impact de la centrale EDF ou d'autres activités industrielles.

Certaines semaines enregistrent une légère augmentation de l'un ou l'autre des métaux. La contribution des émissions de la zone industrielle est probable par vent de sud-est, sud et sud-sud-ouest. Celle des émissions de la centrale EDF est possible par vent de sud-ouest, en particulier au mois de février où elle était en activité, notamment pour le vanadium (émissions au-dessus du seuil de déclaration en 2019).

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 particulaire 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

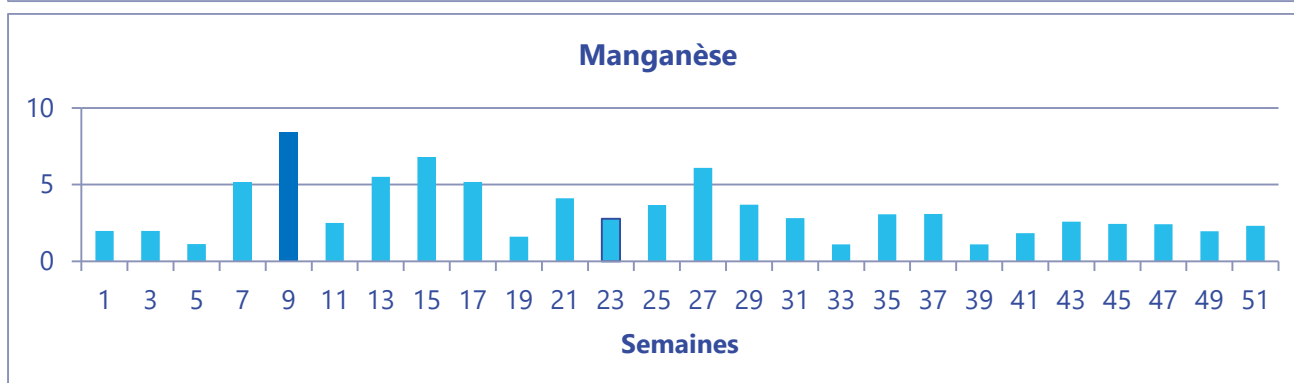
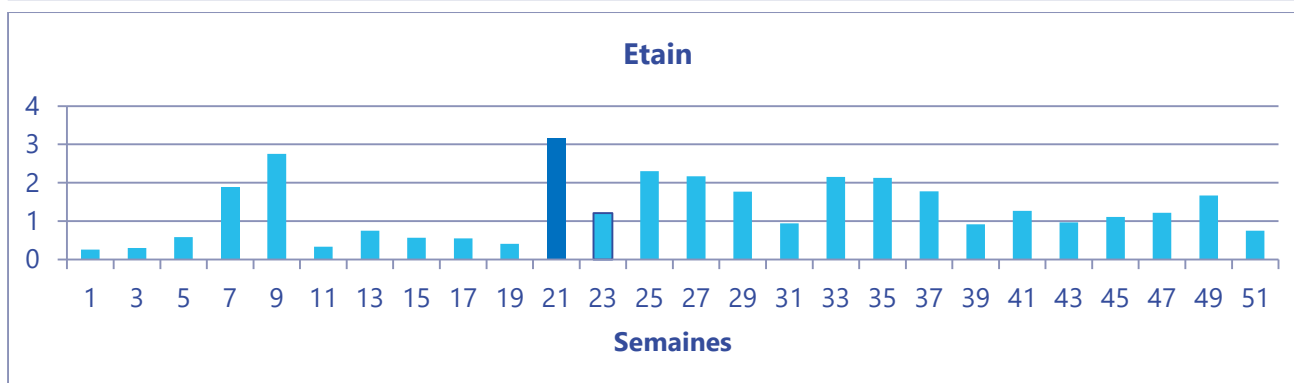
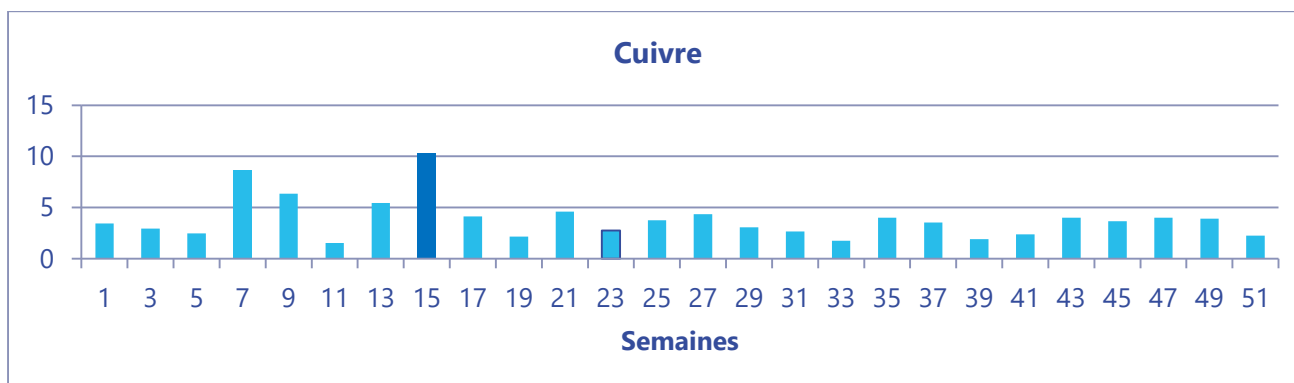
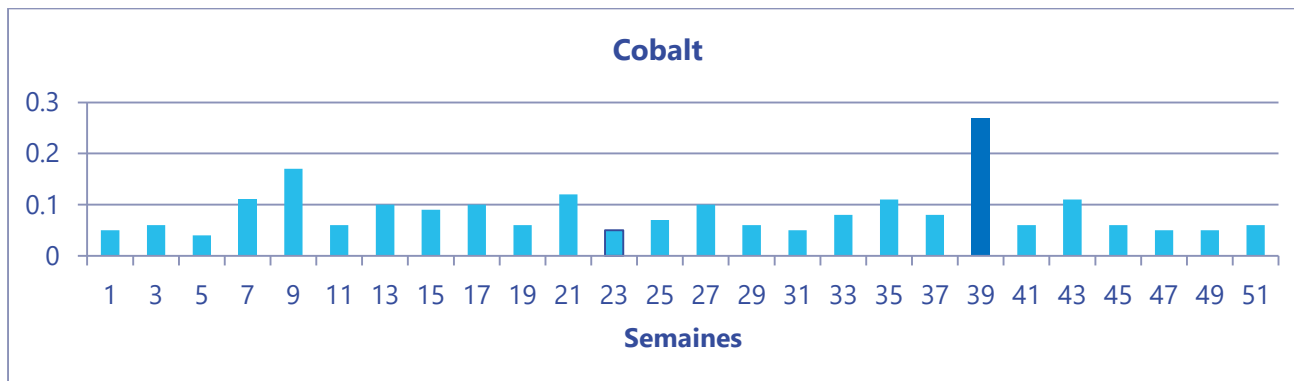
7.1. Annexe 1 : Evolution des métaux durant l'année 2019 sur le site de Gonfreville l'Orcher

En ng/m3

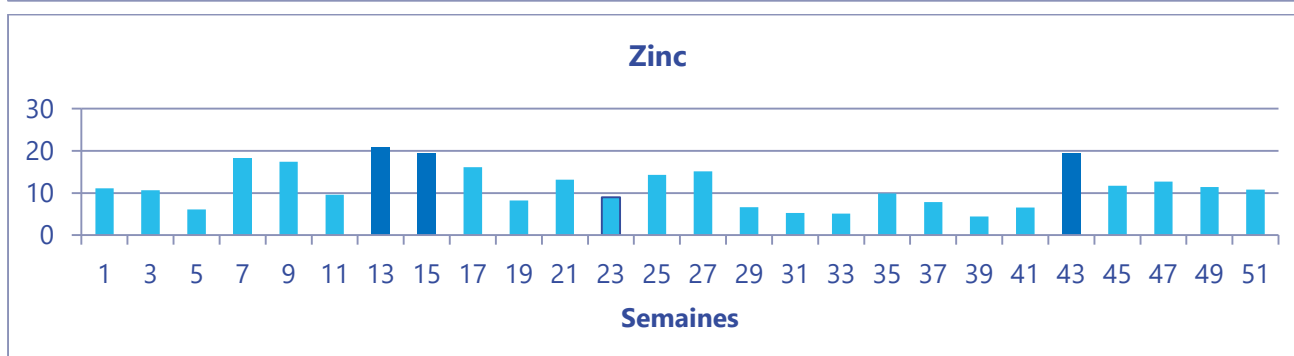
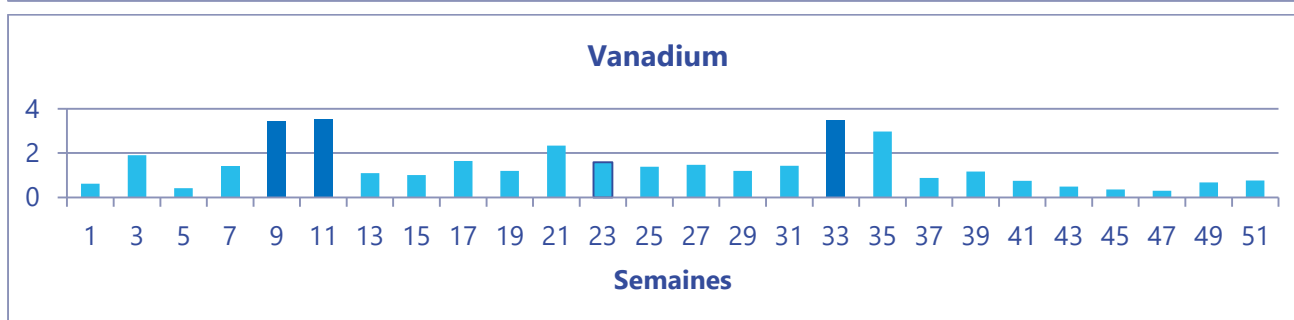
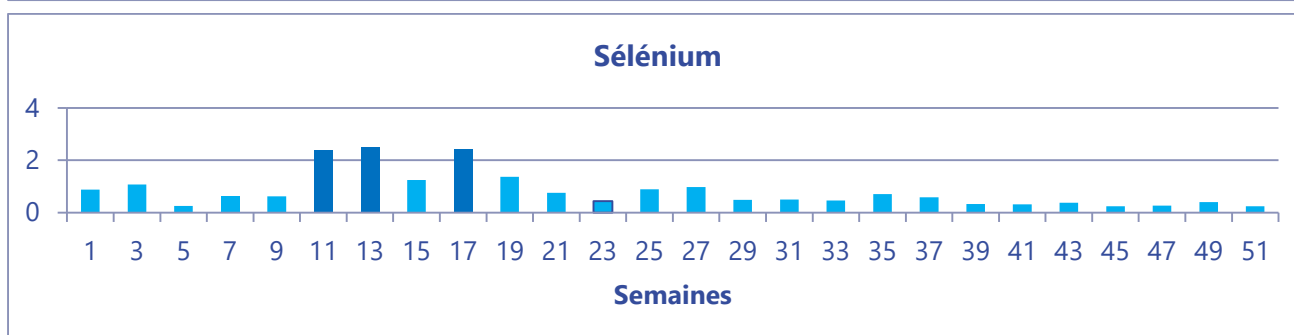
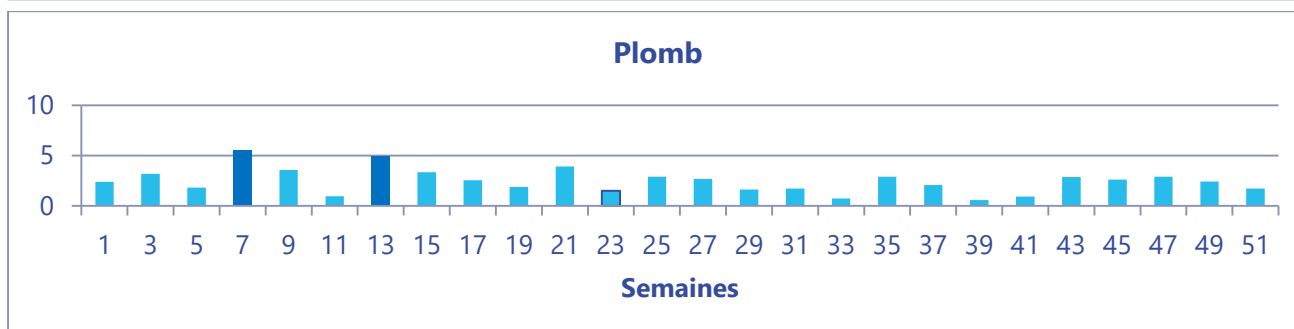
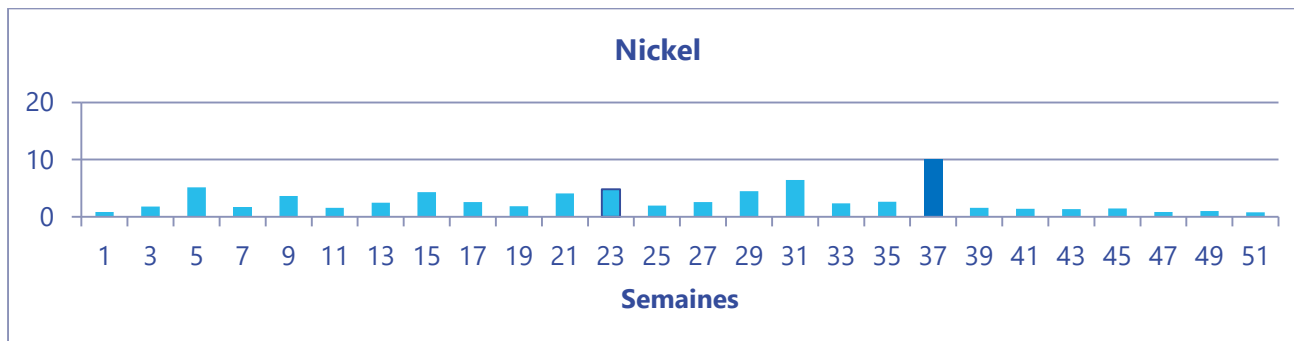


Les maxima sont indiqués en bleu foncé.

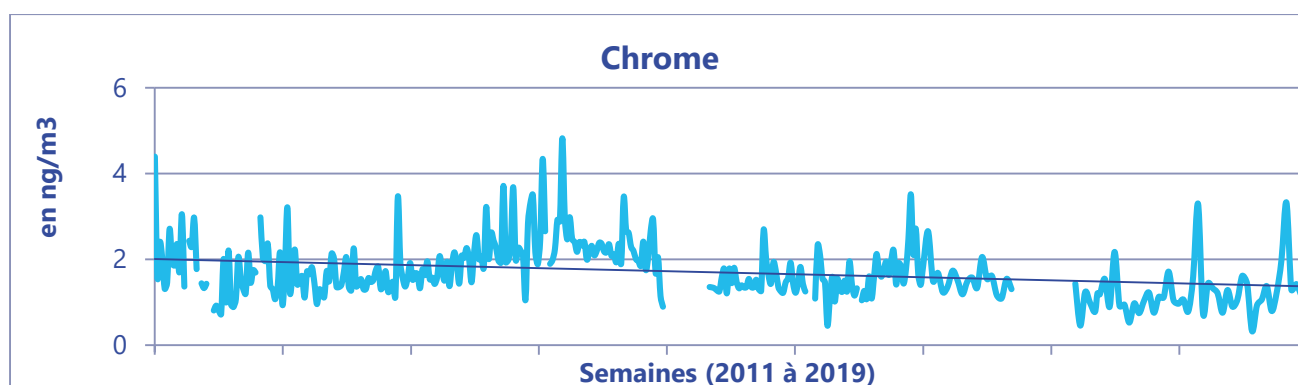
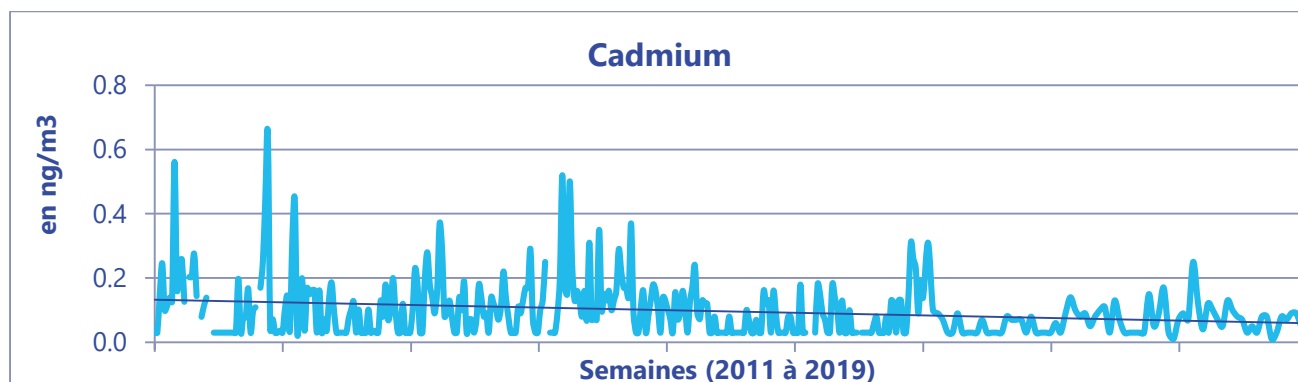
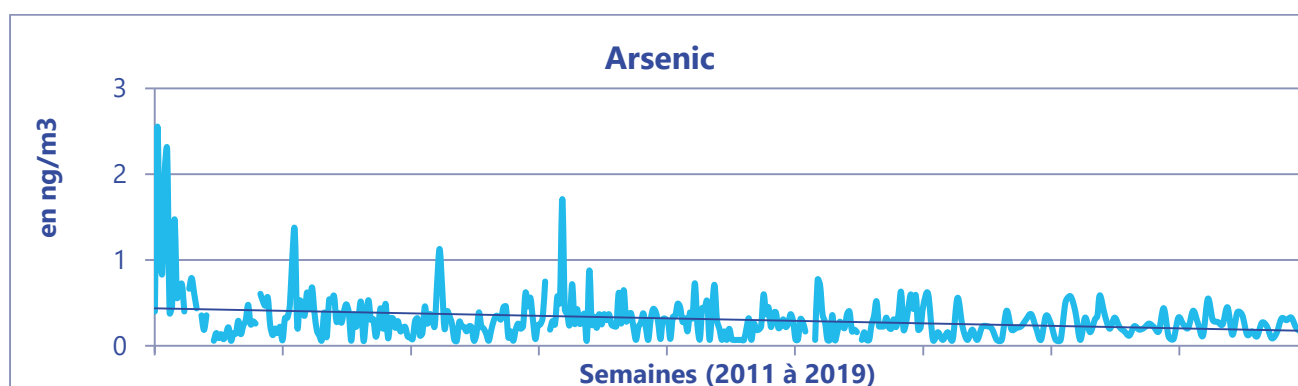
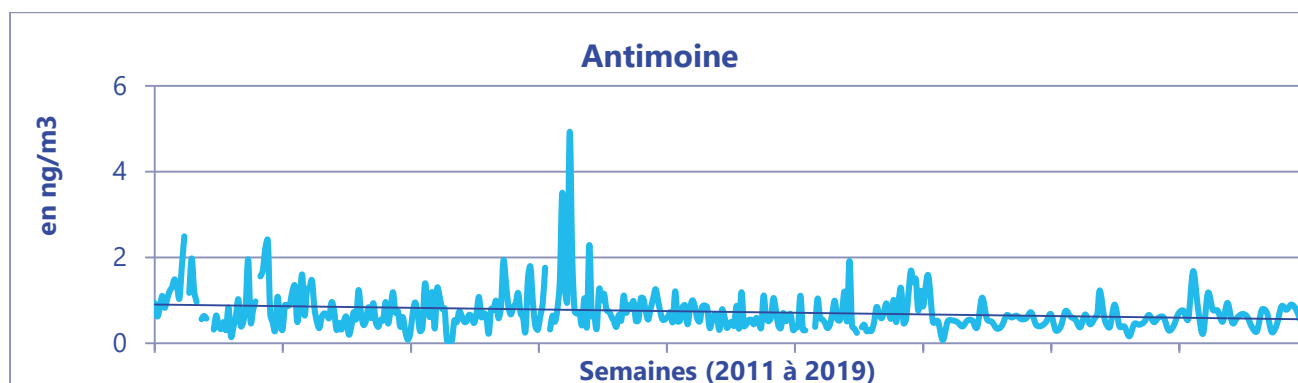
Annexe 1 (suite) : Evolution des métaux durant l'année 2019 sur le site de Gonfreville l'Orcher (en ng/m³)



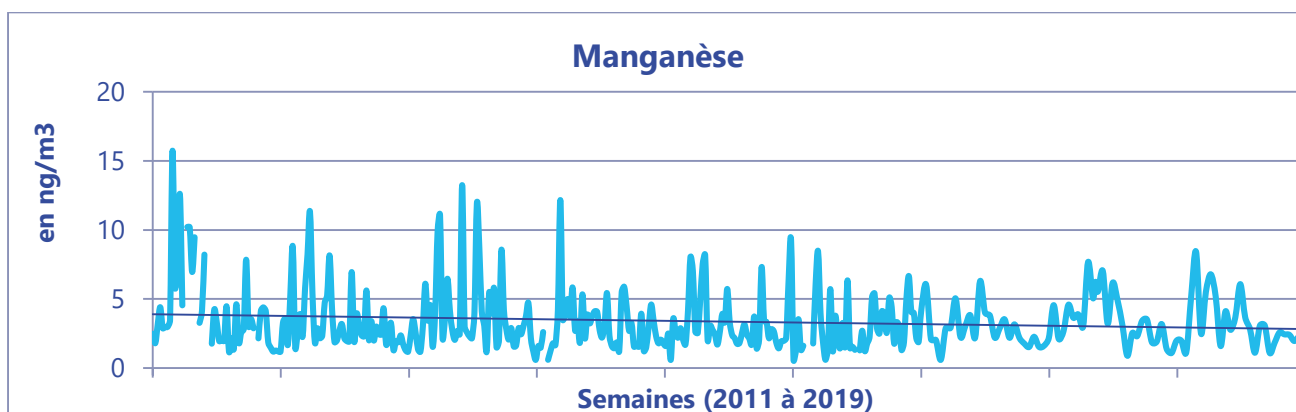
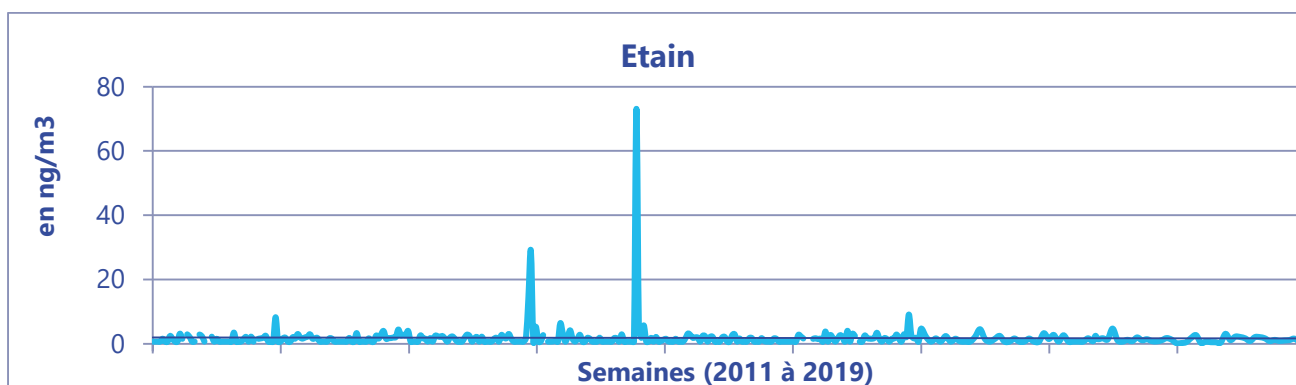
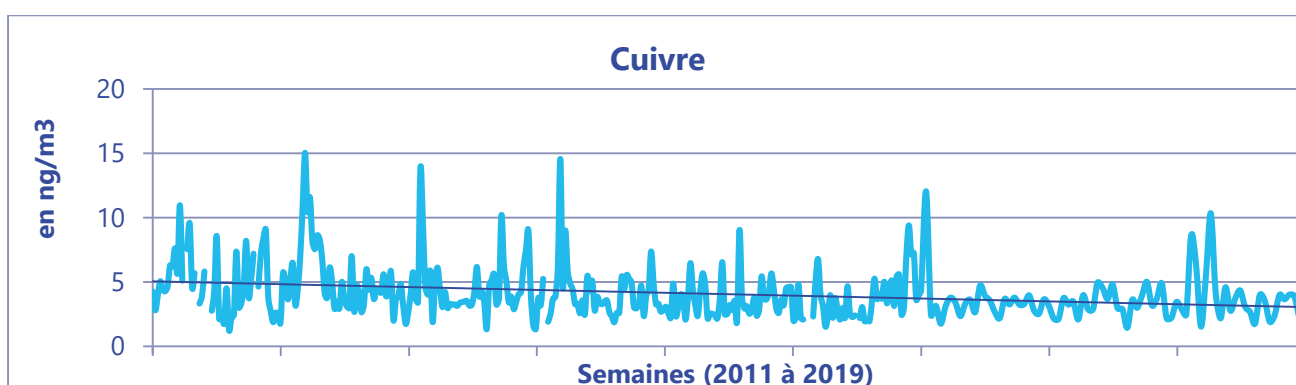
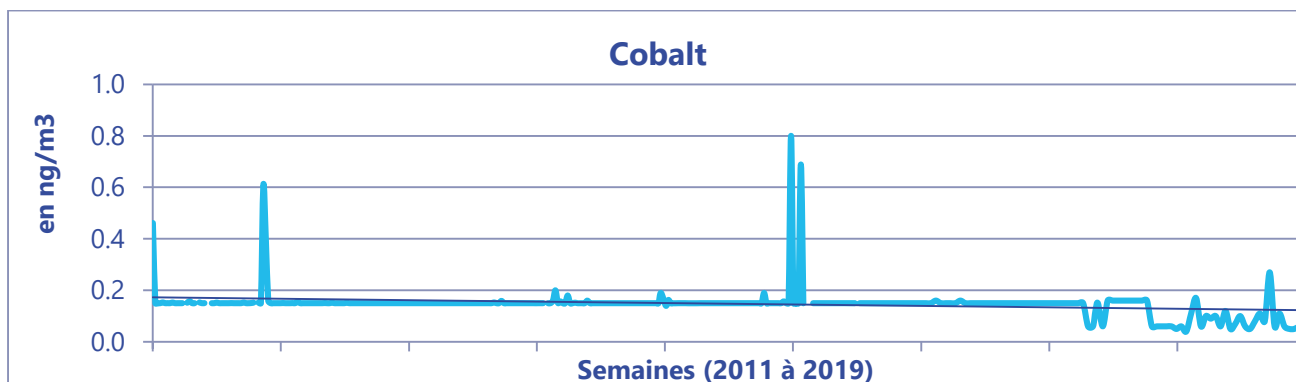
Annexe 1 (suite) : Evolution des métaux durant l'année 2019 sur le site de Gonfreville l'Orcher (en ng/m³)



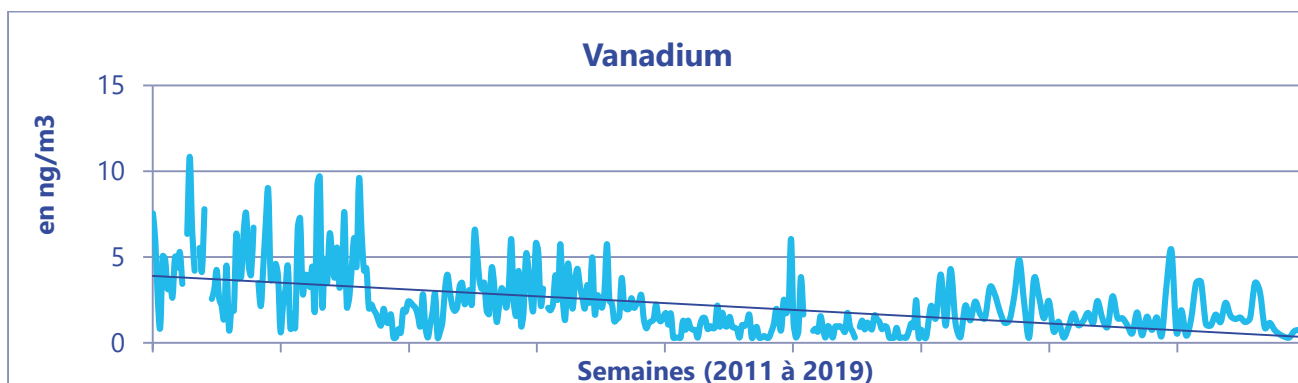
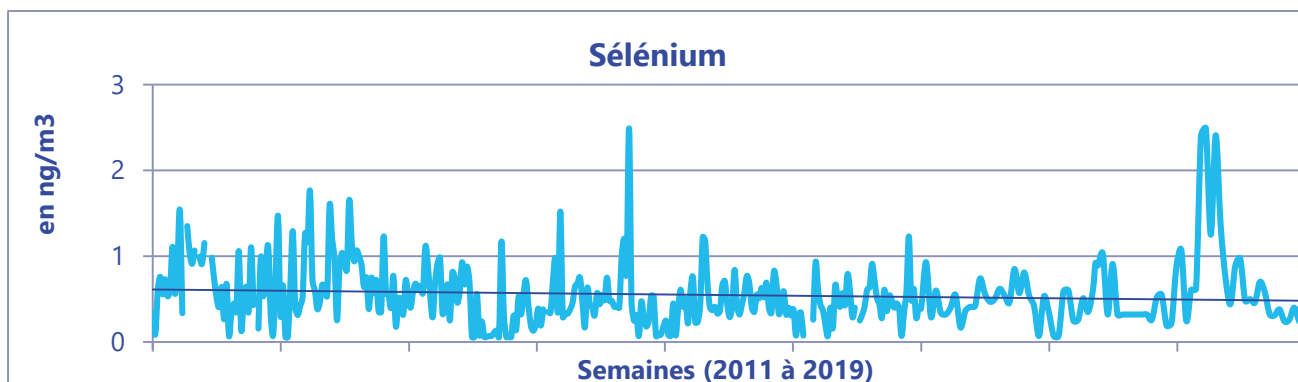
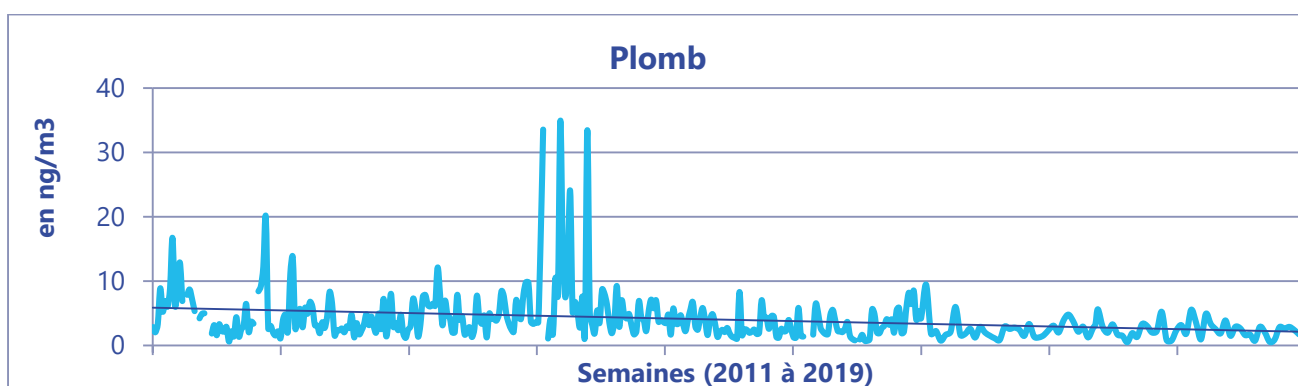
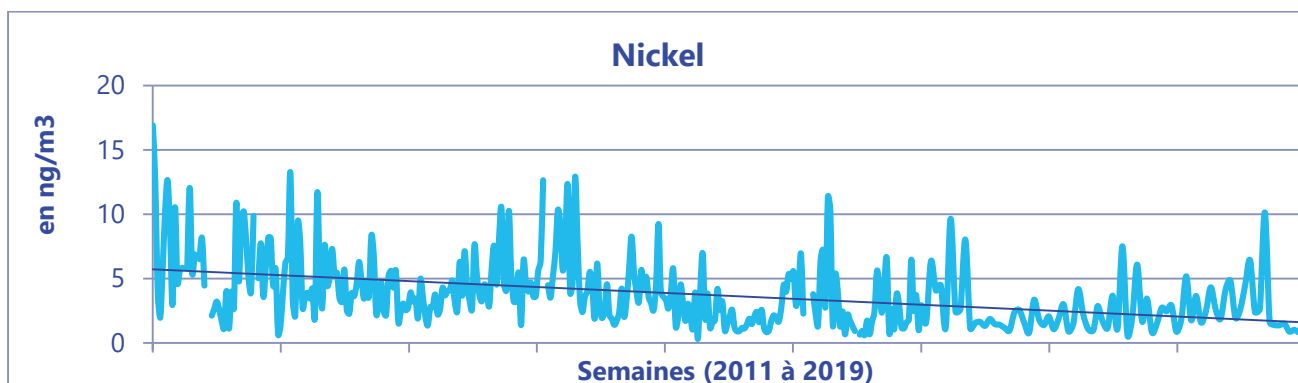
7.2. Annexe 2 : Evolution des métaux de 2011 à 2019 sur le site de Gonfreville l'Orcher



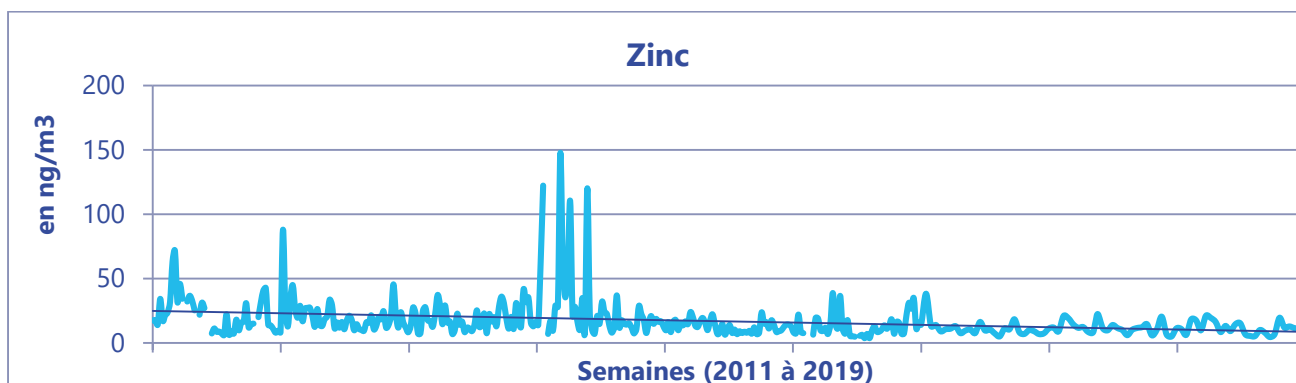
Annexe 2 (suite) : Evolution des métaux de 2011 à 2019



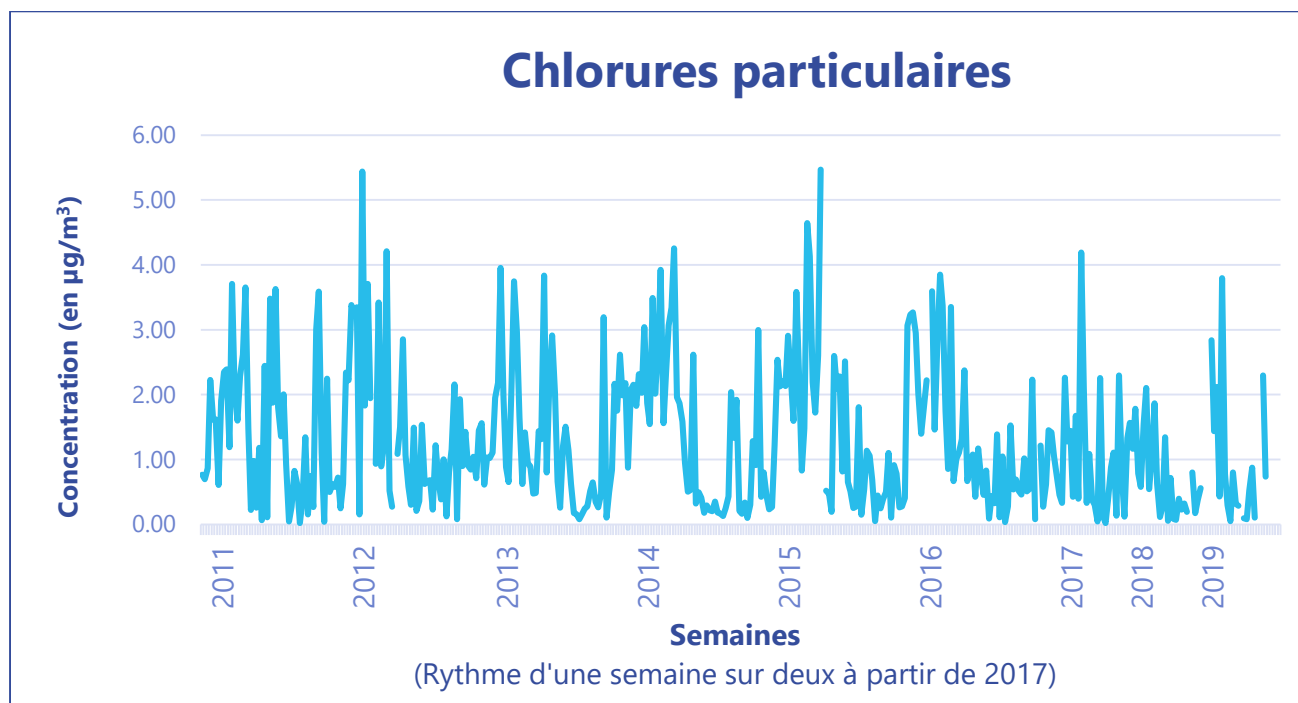
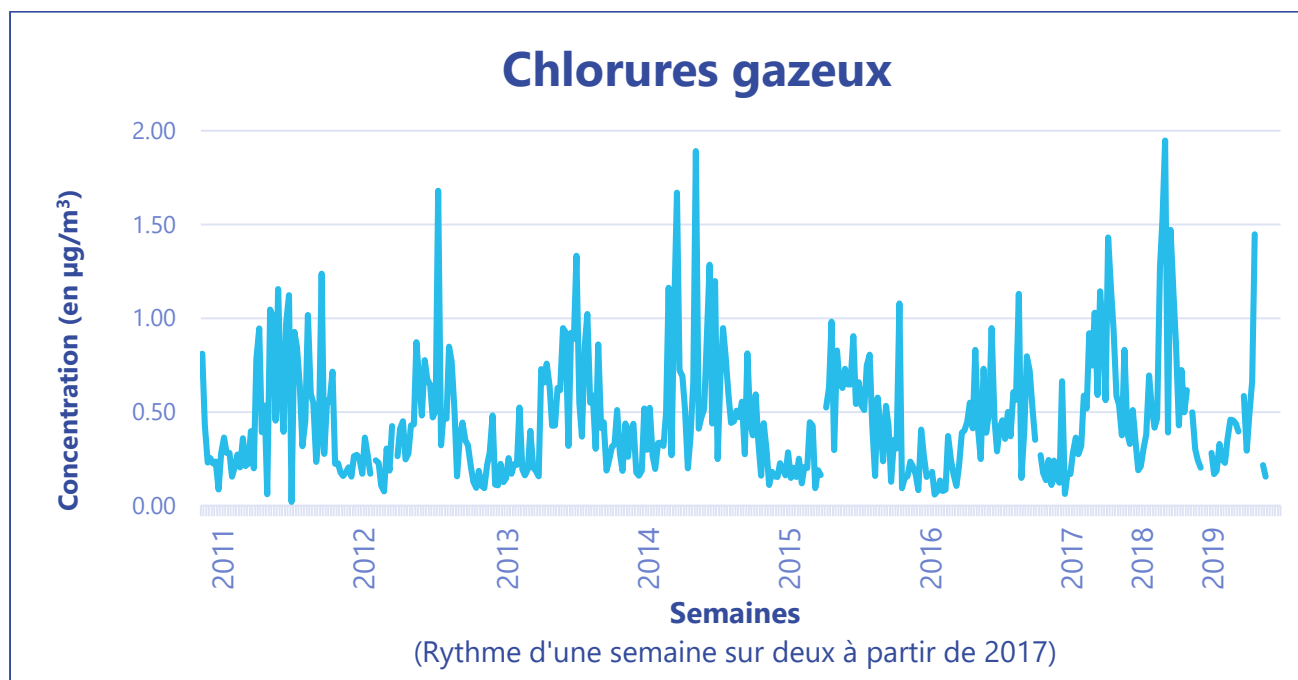
Annexe 2 (suite) : Evolution des métaux de 2011 à 2019 sur le site de Gonfreville l'Orcher



**Annexe 2 (suite) : Evolution des métaux de 2011 à 2019 sur le site de Gonfreville
l'Orcher**



7.3. Annexe 3 : Evolution des concentrations des chlorures entre 2011 et 2019



8. Bibliographie

[I] ATMO NORMANDIE « Mesures d'anions et de métaux particuliers à Gonfreville l'Orcher – Année 2018 – Rapport n°1160_002_B (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

