

BILAN DE LA QUALITE DE L'AIR SUR LA ZONE INDUSTRIALO-PORTUAIRE DU HAVRE 2009 – 2017 ET PROPOSITIONS EN VUE DE L'ELABORATION D'UNE STRATEGIE DE SURVEILLANCE DE LA ZIP POUR LES ANNEES A VENIR

Référence :

Diffusion : décembre 2018

Atmo Normandie

3 Place de la Pomme d'Or, 76000 ROUEN

Tél. : +33 2.35.07.94.30

Fax : +33 2.35.07.94.40

contact@atmonormandie.fr

Avertissement

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

La diffusion des informations vers le grand public est gratuite. Atmo Normandie est libre de leur diffusion selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site internet (www.atmonormandie.fr), ... 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° 1800-002

Le 27 décembre 2018,

Le rédacteur,
Jérôme CORTINOVIS

Le responsable de pôle,
Véronique DELMAS

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 d'une convention signée avec le GPMH, l'association Atmo Normandie a dressé dans ce document un état des lieux quantitatif et qualitatif de la qualité de l'air dans la ZIP ou à proximité et sur les émissions de certains polluants atmosphériques, ainsi que des moyens de surveillance de la qualité de l'air mis en œuvre par d'autres ports internationaux.

Suite à cet état des lieux, des propositions d'amélioration du dispositif de surveillance sur le territoire de la ZIP ont été formulées tant sur la mesure fixe que mobile, ainsi que sur le suivi des nuisances olfactives.

Sommaire

1. Introduction	6
2. Éléments nécessaires à la compréhension du document	6
2.1. Contexte	6
2.2. Approche choisie	7
2.3. Méthodes	8
2.4. Origine des données.....	9
2.5. Limites	9
3. Déroulement	9
4. Résultats	10
4.1. Résultats des mesures (stations permanentes et campagnes de mesures)	10
4.1.1. Résultats de la surveillance des stations de mesures automatiques	10
4.1.2. Résultats de la surveillance par les retombées atmosphériques.....	19
4.2. Résultats de l'inventaire des émissions.....	23
4.3. Benchmark de la surveillance de la qualité de l'air mises en œuvre par différents ports internationaux.....	28
4.4. Bilan du benchmark de la surveillance de la qualité de l'air.....	34
5. Recommandations et perspectives	34
6. Bibliographie	36



Sigles, symboles et abréviations

AASQA : Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'air
BaP : Benzo[a]pyrène
BC / OC : Black Carbon / Organic Carbon
CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique
CO : Monoxyde de carbone
CODAH : Communauté d'Agglomération du Havre
COVNM : composés organiques volatils non méthaniques
DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DV, VV : direction et vitesse du vent
Fe : Fer
HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques
Ni : Nickel
NO_x : Oxydes d'azote
NO₂ : Dioxyde d'azote
O₃ : Ozone
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
PCAET : Plan Climat Air Énergie Territorial
PCRT : Poste de contrôle et de régulation du trafic
Pb : Plomb
PM10 : Particules de taille inférieure à 10 µm
PM2,5 : Particules de taille inférieure à 2,5 µm
PNA : Ports Normands Associés
PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère
PRSQA : Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air
SO₂ : Dioxyde de soufre
TIGA : Territoire d'innovation de grande ambition
TSP : particules totales en suspension
T, HR, SI, Pa : température, humidité relative, ensoleillement, pression atmosphérique
Zn : Zinc
ZIP : Zone Industriale-Portuaire

1. Introduction

Dans le cadre de la convention signée avec le GPMH, l'association Atmo Normandie a pour objectif d'apporter des éléments quantitatifs et qualitatifs sur l'état de la qualité de l'air dans la ZIP ou à proximité et sur les émissions de certains polluants atmosphériques. Ce document s'intéresse aussi aux moyens de surveillance de la qualité de l'air mis en œuvre par d'autres ports internationaux. L'objectif de cette partie est d'identifier si de nombreux ports réalisent et/ou délèguent la surveillance et par quelles méthodes.

Après une phase exposant le contexte, le déroulement et les limites de l'étude, le document s'attache à présenter en détails les résultats de la qualité de l'air dans la ZIP (par exemple : surveillance des métaux lourds) ou à proximité (résultats des stations d'Atmo Normandie disposées sur la Communauté d'Agglomération du Havre-CODAH et de Caux Estuaire). Puis, sont présentés les résultats de l'inventaire des émissions de certains polluants atmosphériques, notamment en donnant la part des émissions liées aux activités de la ZIP par rapport au reste du territoire où est présente la ZIP (collectivités de la CODAH et de Caux Estuaire).

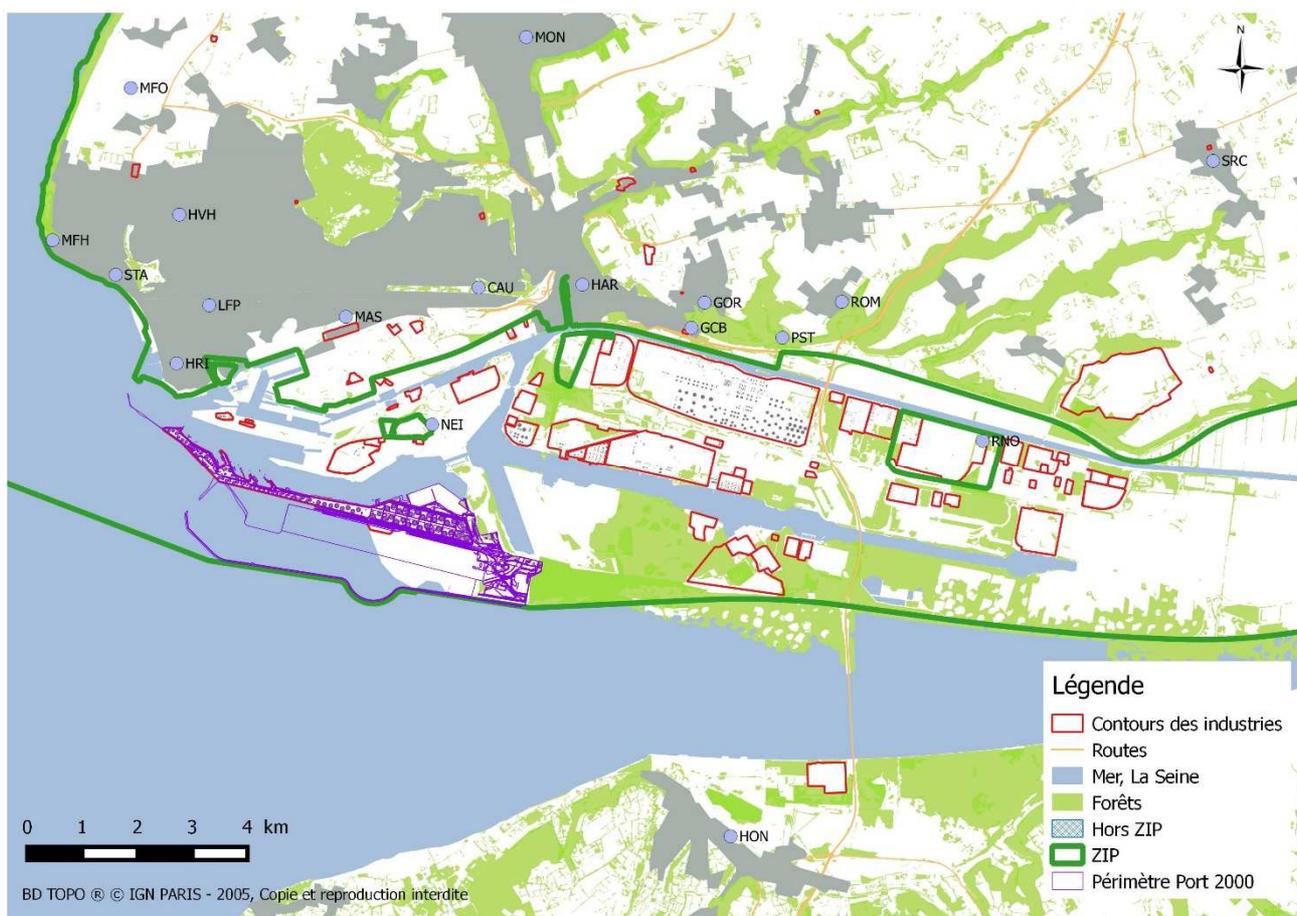
Le rapport intègre dans une quatrième partie un benchmark détaillé des méthodes de surveillance de la qualité de l'air utilisées par différentes autorités portuaires.

Enfin, le document comprend dans une dernière partie sur des pistes pour l'amélioration de la connaissance et de la surveillance de la qualité de l'air sur le territoire de la ZIP.

2. Éléments nécessaires à la compréhension du document

2.1. Contexte

L'enjeu actuel pour le GPMH est donc d'estimer plus précisément l'impact des activités présentes dans la ZIP sur les émissions de polluants atmosphériques et sur la qualité de l'air de manière générale. Dans le cadre du présent projet, Atmo Normandie accompagne le GPMH pour alimenter la future évaluation environnementale du GPMH prévue pour 2019. Cette démarche collaborative s'inscrit pleinement dans le cadre du PRSQA 2017-2021, en particulier par les programmes 2-1, 2-2 et 3-1. Ce projet permet en effet à Atmo Normandie de proposer des évolutions du dispositif de surveillance au service de l'intérêt général.



Cartographie du réseau de stations fixes d'Atmo Normandie 2017 – source : Atmo Normandie

La zone industrialo portuaire du havre s'étale sur deux collectivités (la CODAH et la Communauté de Communes Caux Estuaire). La carte ci-dessus permet de visualiser le périmètre de la circonscription du GPMH, la localisation des stations d'Atmo Normandie et les principales sources industrielles. Ainsi, la station du quartier des Neiges (NEI) était la seule station de la ZIP, celle-ci ayant dû être arrêtée en février 2017, le site de Renault Sandouville (RNO) étant dédié à la mesure météorologique. Le dispositif de mesures d'Atmo Normandie est donc localisé à l'extérieur de la circonscription avec des objectifs bien précis :

- ✓ mesurer l'impact du trafic routier (station Lafaurie – LFP),
- ✓ mesurer l'influence de la zone industrielle avec les stations de Gonfreville (GOR), Rogerville (ROM),
- ✓ mesurer la pollution de fond urbaine mais tenant compte de possibles influences industrielles par les sites de Caucriauville (CAU), Herriot (HRI), Massillion (MAS), Saint-Adresse (STA), Ville Haute (HVH) et Harfleur (HAR).

2.2. Approche choisie

Les objectifs du présent projet sont d'apporter des éléments de connaissance et de décision au GPMH pour :

- Réaliser un état des lieux de la qualité de l'air de la ZIP sur la base des études existantes réalisées par Atmo Normandie ;

- Déterminer la part des contributions des activités de la ZIP des émissions du périmètre de la CODAH et de la Communauté de Commune Caux Estuaire ;
- Définir un réseau de surveillance de la qualité de l'air permettant à l'autorité portuaire de mieux évaluer l'impact des activités relevant de ses compétences d'ici 2019.

2.3. Méthodes

Il s'agit de faire un diagnostic global des émissions sur la ZIP et de déterminer la contribution des activités à ces émissions par rapport à l'ensemble des territoires de la CODAH et de Caux Estuaire où la ZIP est présente.

Le projet a été découpé en deux phases.

Phase 1 : état des lieux

Un diagnostic de la qualité de l'air sur la circonscription est réalisé chaque année depuis 2009 pour définir les tendances d'évolution en matière de qualité de l'air. Cet état des lieux se base sur les résultats des mesures (stations permanentes et campagnes de mesures), ainsi que sur l'inventaire des émissions. Les émissions sont représentées sous forme de diagrammes circulaires qui mentionnent la part des émissions de la ZIP par rapport émissions globales. Les polluants concernés par cet état des lieux sont les suivants :

- | | |
|---------------------|----------------------|
| - PM10, | - CO, |
| - PM2.5, | - Benzène, |
| - SO ₂ , | - Benzo[a]pyrène, |
| - O ₃ , | - les métaux lourds. |
| - NO _x , | |

Phase 2

Atmo Normandie a réalisé un benchmark des stratégies de surveillance de la qualité de l'air mises en œuvre par d'autres ports internationaux. Ce benchmark doit servir de base de réflexion au GPMH pour définir sa propre stratégie de surveillance en fonction des objectifs visés. Pour cela, il pourra être envisagé de compléter par la suite la surveillance par de nouveaux capteurs ou de la renforcer par une fréquence plus importante des campagnes des mesures au sein de la ZIP. Sur la base du benchmark, Atmo Normandie l'analysera par une étude comparative des solutions techniques existantes et émergentes et proposera des sites d'implantation pour ces nouveaux capteurs et matériels envisageables.

Le GPMH pourra fournir en échange des sites test pour des essais de matériels.

En fonction des résultats de l'étude des solutions techniques existantes et émergentes, un réseau de surveillance évolutif intégrant la métrologie et la modélisation pourrait être envisagé en fonction du degré de maturité de certaines technologies.

2.4. Origine des données

Les informations traitées dans le document proviennent d'Atmo Normandie et du GPMH, ainsi que des sites internet de différents ports internationaux.

Les mesures exploitées proviennent du réseau de stations fixes d'Atmo Normandie, mais aussi des différentes campagnes de mesures réalisées notamment dans les retombées en collaboration avec les industriels de la ZIP.

2.5. Limites

Pour la phase 1, les émissions de polluants atmosphériques ont été évaluées en fonction de la présence ou non des sources dans le périmètre de la ZIP. Les estimations peuvent donc comporter des limites suivant l'exhaustivité des sources sur le territoire de la CODAH et de la Communauté de Communes Caux Estuaire. Ainsi, les limites identifiées sont les suivantes :

- La connaissance du trafic routier présente des manques sur l'étendue de réseau, quasi inexistant dans le périmètre de la ZIP et relativement ancien en dehors de la ZIP,
- les émissions de métaux ne sont pas calculées pour le transport maritime, la méthodologie mise en œuvre ne le permettant pas,
- les émissions des activités de manutentions portuaires n'ont pas pu être évaluées depuis la privatisation de l'activité en 2008,

3. Déroulement

L'état des lieux de la qualité de l'air sur la ZIP a été réalisé en exploitant l'inventaire des émissions de polluants atmosphériques et les résultats des mesures d'Atmo Normandie.

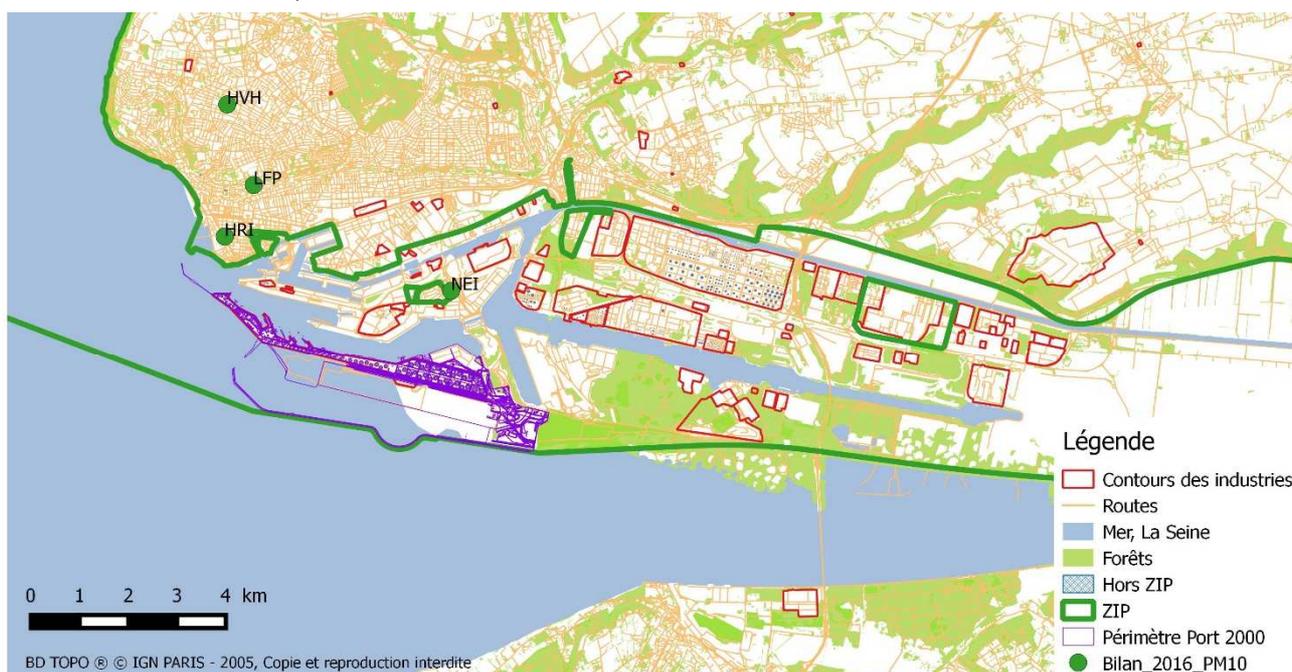
Pour la phase 2, un questionnaire devait être envoyé à des contacts identifiés par le GPMH et des échanges plus précis (téléphone, visioconférence, etc.) devaient être organisés, le cas échéant. Ce procédé n'a pas été utilisé, car il représente un coût-efficacité peu élevé (chronophage pour son élaboration pour un taux de réponse à priori assez faible). Par ailleurs, certaines informations étaient déjà disponibles dans différents documents (rapports d'activités, site internet dédié à la surveillance, partenariats...) publiés par les ports sur leur site internet. Atmo Normandie a entrepris de rechercher sur les sites internet des ports les plus importants au monde leur stratégie de surveillance de la qualité de l'air.

4. Résultats

4.1. Résultats des mesures (stations permanentes et campagnes de mesures)

4.1.1. Résultats de la surveillance des stations de mesures automatiques

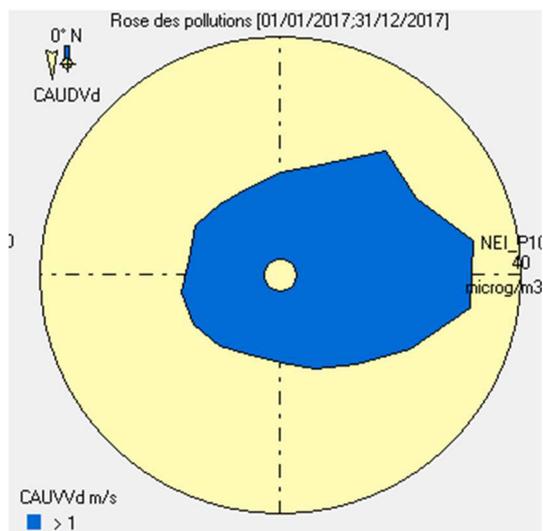
- Particules en suspension PM10



PM10 en 2016 : situation vis-à-vis des normes réglementaires et recommandations OMS (légende : bleu-respect des normes et des recommandations OMS, vert-respect des normes, jaune-non respect d'un objectif de qualité et rouge-non respect de la valeur limite) – source : Atmo Normandie, bilan 2016

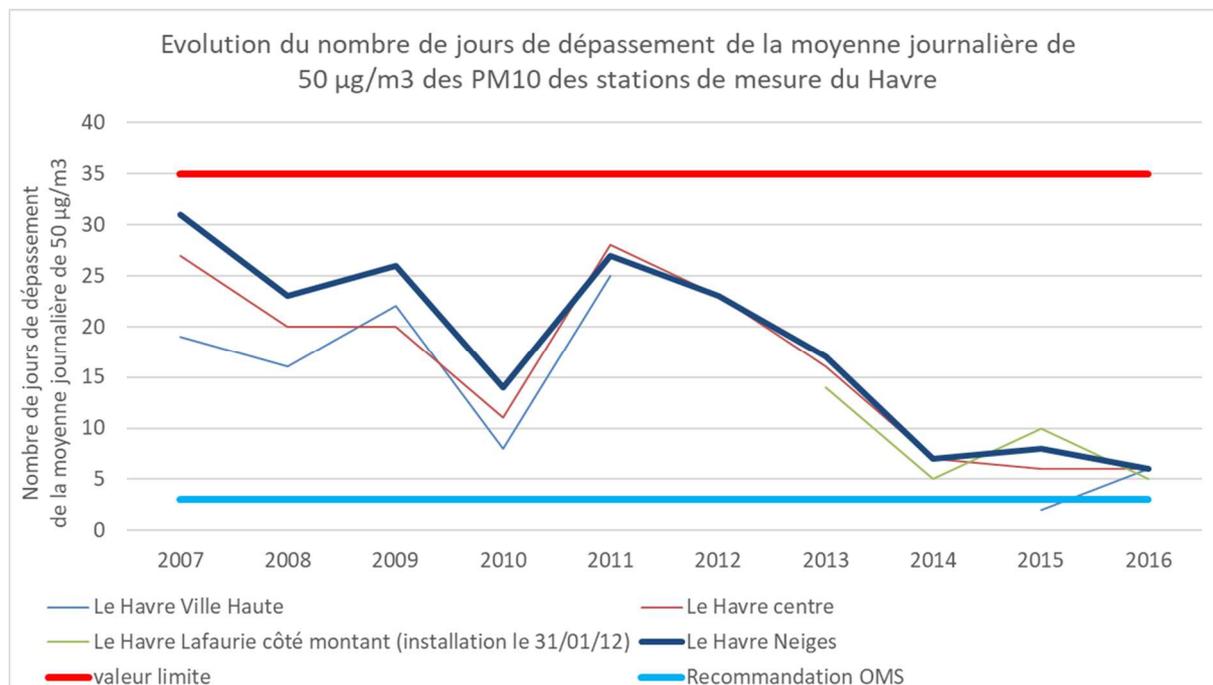
Les moyennes annuelles enregistrées en PM10 respectent la valeur limite ainsi que l'objectif de qualité de la réglementation. Ce respect des normes annuelles n'a pas empêché l'enregistrement de plusieurs pointes de pollution nécessitant la diffusion d'information et de recommandation aux personnes sensibles. En Seine-Maritime, 15 procédures d'information et 2 procédures d'alerte ont été déclenchées en 2016. On constate également que les résultats sur la zone havraise se situent tous au-dessus des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)¹.

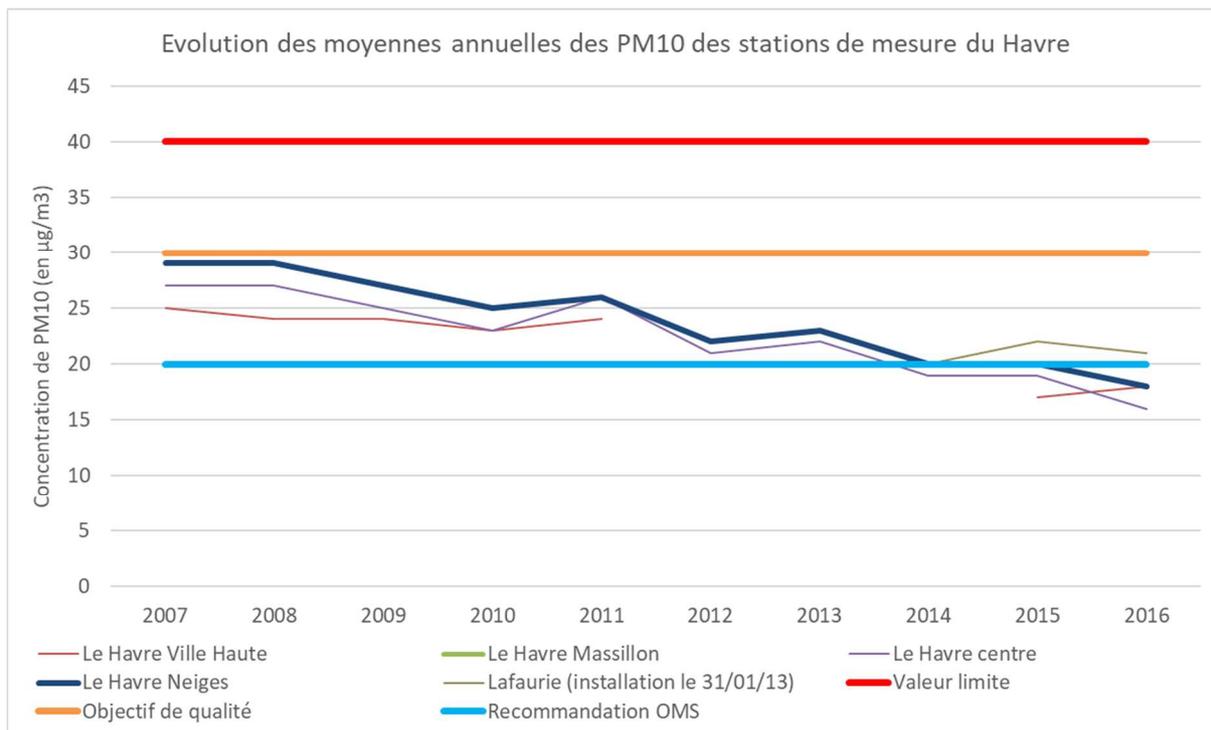
¹ Recommandation OMS pour les PM10 : 20 µg/m³ en moyenne annuelle ou 50 µg/m³ en moyenne sur 24 heures à ne pas dépasser plus de 3 jours par an.



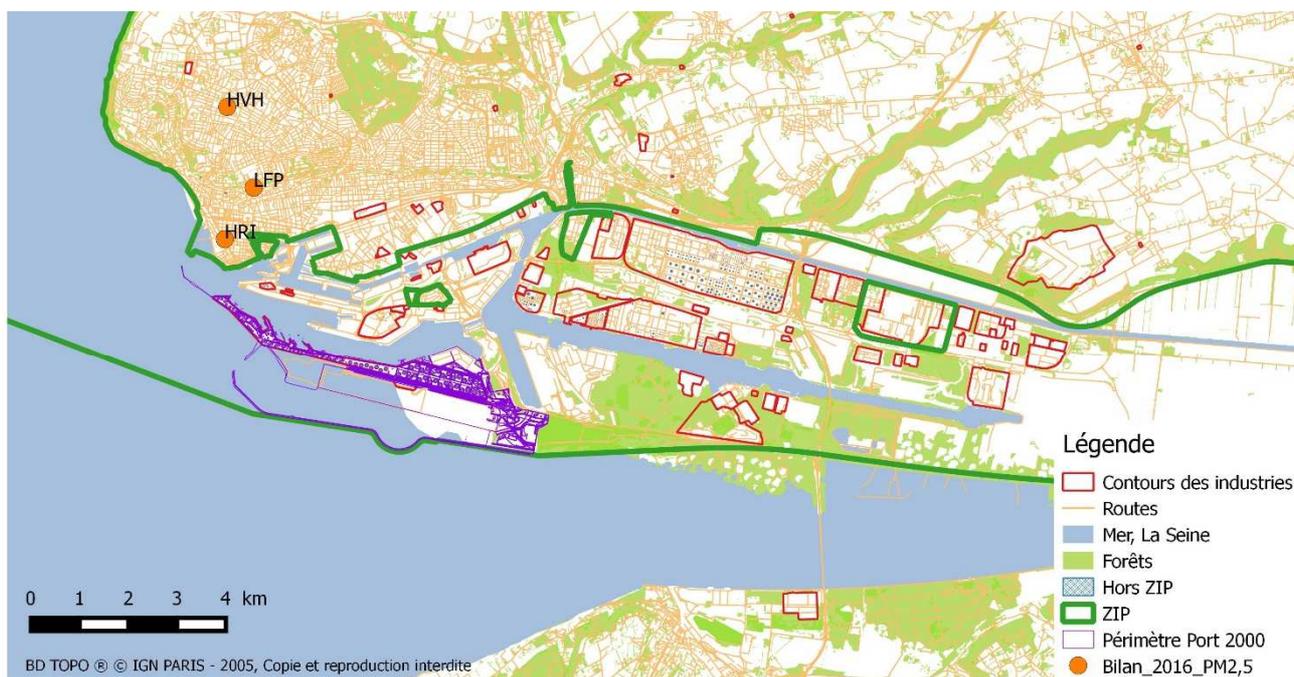
Rose de pollution pour les PM10 en 2017 à la station du quartier des Neiges – source : Atmo Normandie

La rose de pollution ci-dessus montre une influence de la zone industrielle, mais aussi de sources situées dans la direction nord-est. Ces sources peuvent être d'origines locales ou extérieures à la région avec des phénomènes d'import de pollution, ainsi que d'origines variées (agriculture, chauffage...). Le secteur sud-ouest est moins représenté indiquant que les sources dans ce secteur de vent sont moins prépondérantes.



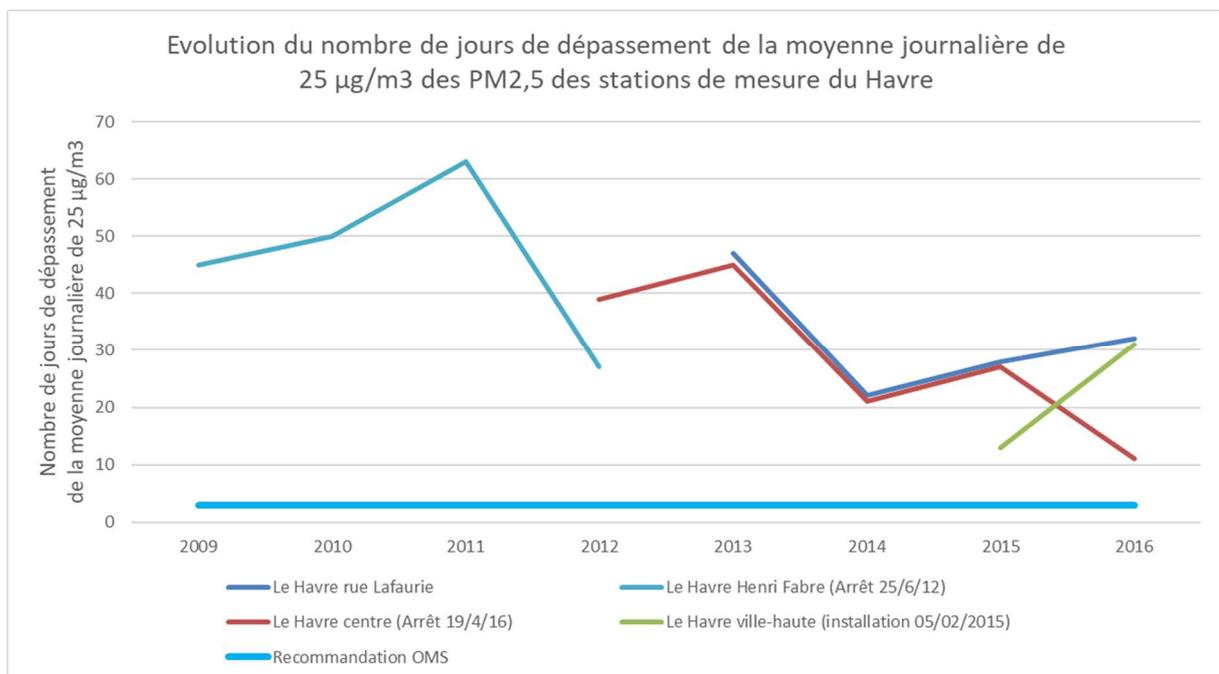
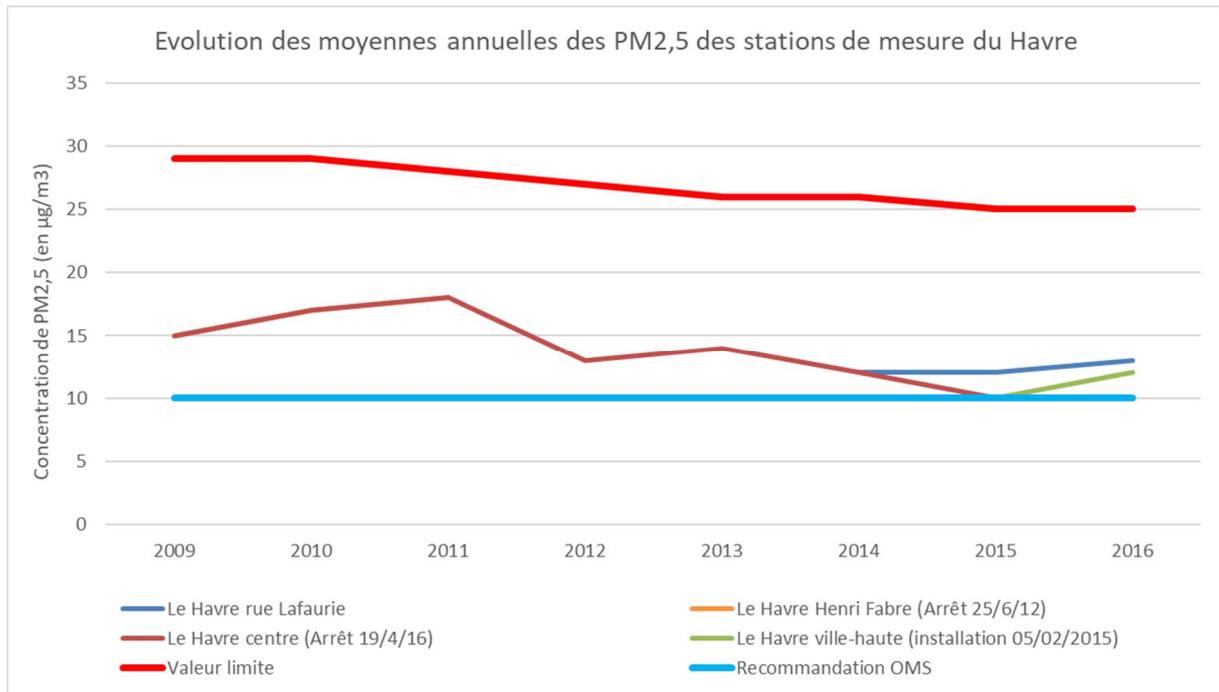


- Particules en suspension PM2,5



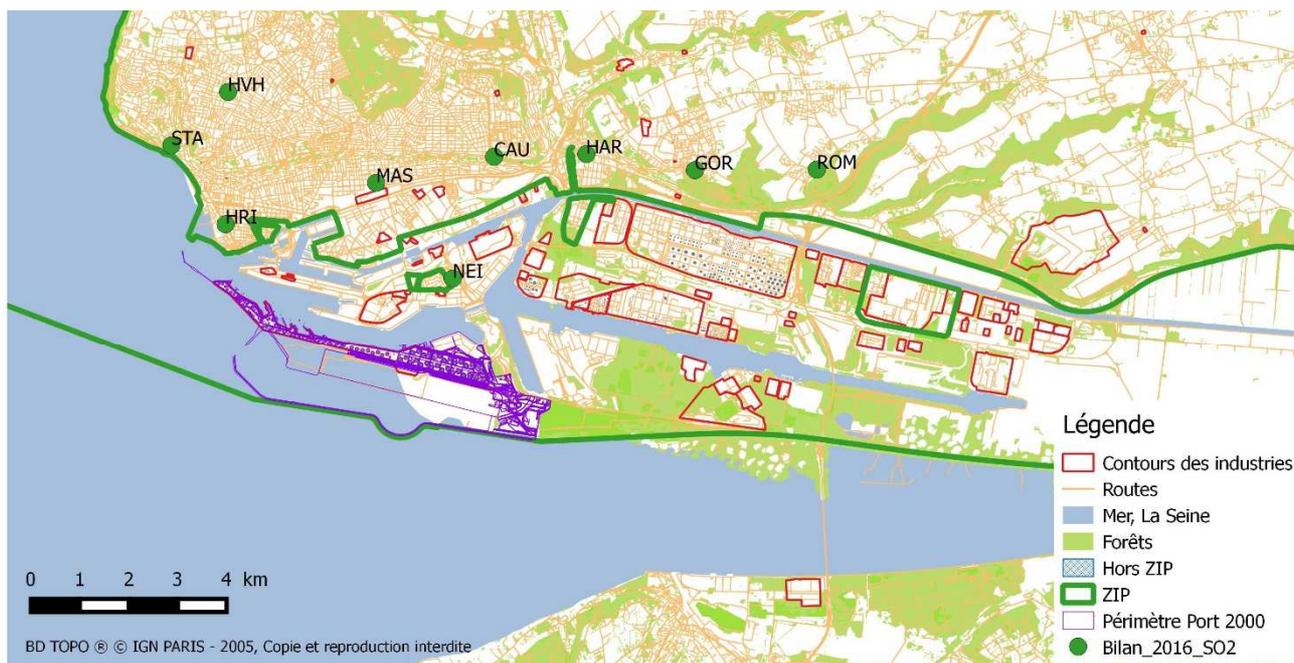
PM2,5 en 2016 : situation vis-à-vis des normes réglementaires et recommandations OMS (légende : *bleu-respect des normes et des recommandations OMS, vert-respect des normes, jaune-non respect d'un objectif de qualité et rouge-non respect de la valeur limite*) – source : Atmo Normandie, bilan 2016

Concernant les PM_{2,5} sur la zone havraise, les moyennes annuelles se situent toutes sous la valeur limite mais dépassent toutes l'objectif de qualité. Comme pour les PM₁₀, les résultats se situent en totalité au-dessus des recommandations de l'OMS².



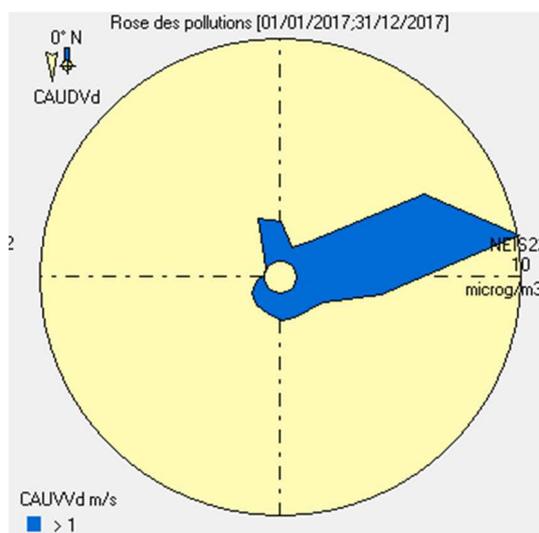
² Recommandation OMS pour les PM_{2,5} : 10 µg/m³ en moyenne annuelle ou 25 µg/m³ en moyenne sur 24 heures à ne pas dépasser plus de 3 jours par an.

- Dioxyde de soufre SO₂



SO₂ en 2016 : situation vis-à-vis des normes réglementaires et recommandations OMS (légende : *bleu-respect des normes et des recommandations OMS, vert-respect des normes, jaune-non respect d'un objectif de qualité et rouge-non respect de la valeur limite*) – source : Atmo Normandie, bilan 2016

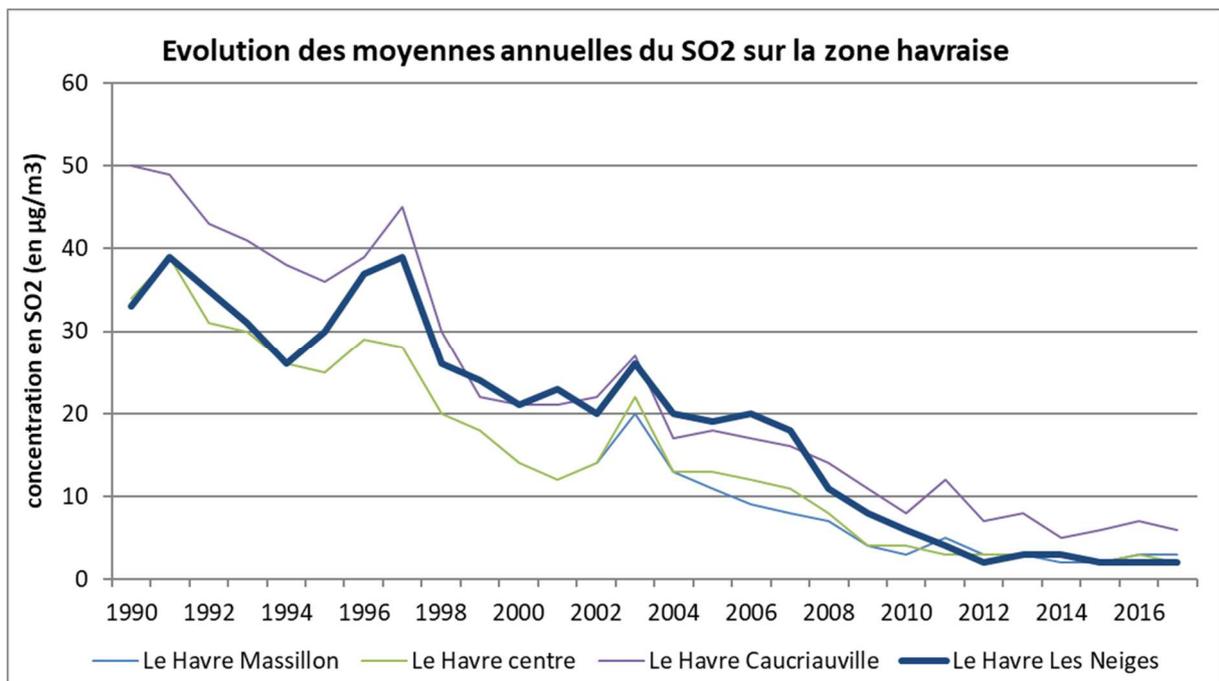
Depuis 2009, le dioxyde de soufre (SO₂) respecte les valeurs limites européennes sur l'ensemble des capteurs de la région, et en particulier au Havre. Les épisodes de pollution du fait du SO₂ sont devenus rares. En 2016, une seule pointe de dioxyde de soufre a eu lieu le 1^{er} décembre 2016 et concernait la ville haute du Havre. On constate également que les résultats sur la zone havraise se situent tous au-dessus des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)³.



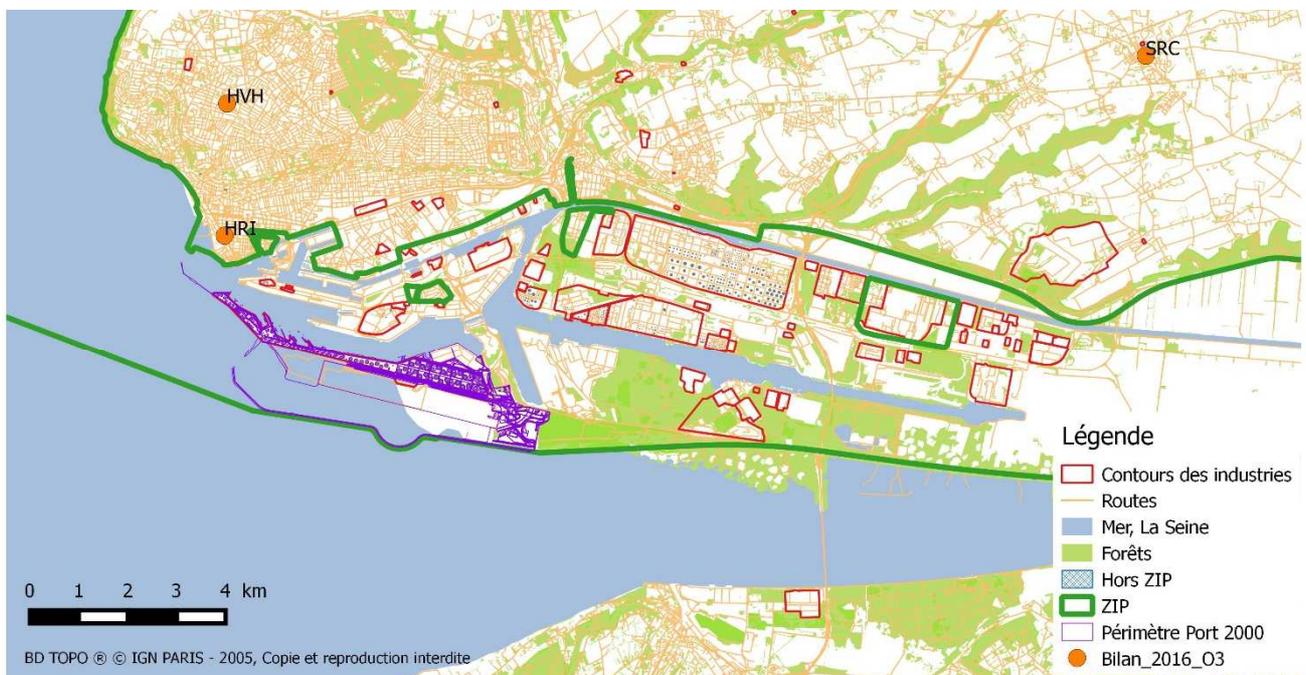
Rose de pollution pour le SO₂ en 2017 à la station du quartier des Neiges – source : Atmo Normandie

³ Recommandation OMS pour le SO₂ : 20 µg/m³ en moyenne sur 24 heures.

La rose de pollution ci-dessus montre une nette influence de la zone industrielle. Le secteur sud-ouest est peu représenté indiquant que l'influence des sources dans ce secteur de vent est peu importante. Même si les concentrations sont en dessous des normes au niveau de toutes les stations d'Atmo Normandie, ce type de mesure peut être intéressant pour discriminer les sources de pollution.



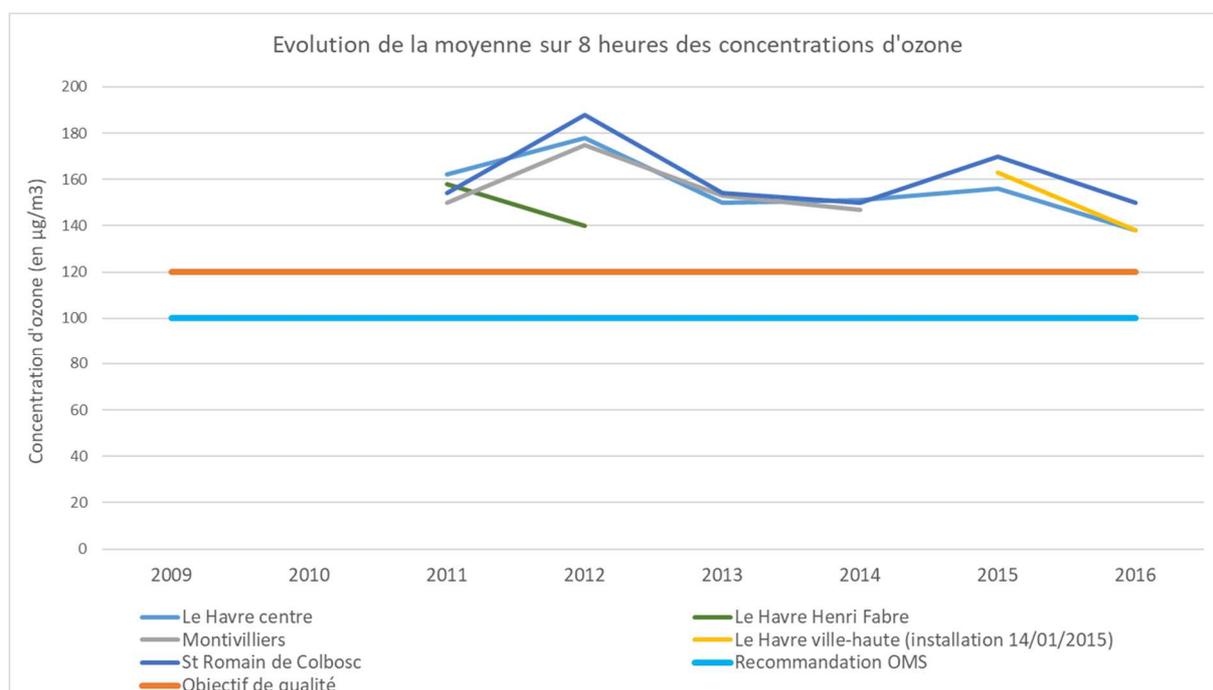
- Ozone O₃



O₃ en 2016 : situation vis-à-vis des normes réglementaires et recommandations OMS (légende : bleu-respect des normes et des recommandations OMS, vert-respect des normes, jaune-non respect d'un objectif de qualité et rouge-non respect de la valeur limite) – source : Atmo Normandie, bilan 2016

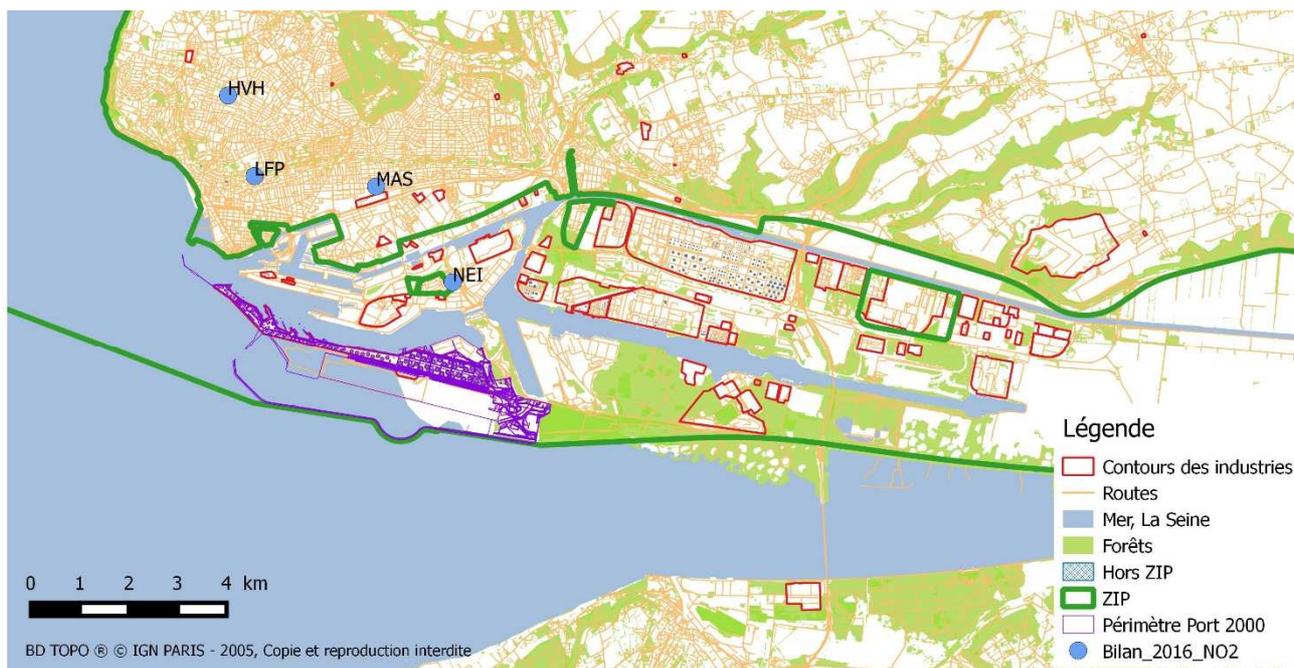
Concernant l’ozone sur le territoire havrais, la valeur cible pour la protection de la santé humaine est respectée sur toutes les stations mais pas l’objectif de qualité. On constate également que les résultats sur la zone havraise se situent tous au-dessus des recommandations de l’Organisation Mondiale de la Santé (OMS)⁴.

L’ozone est un polluant dit "secondaire". Il résulte généralement de la transformation chimique dans l’atmosphère de certains polluants dits "primaires" (en particulier NOx et COVNM), sous l’effet des rayonnements solaires. Les mécanismes réactionnels sont complexes et les plus fortes concentrations d’ozone apparaissent l’été, en périphérie des zones émettrices des polluants primaires (zones urbaines et/ou industrielles), puis peuvent être transportées sur de grandes distances. L’ozone est donc plutôt mesuré en zones rurales et péri-urbaines, ce qui explique qu’aucune mesure n’est réalisée à la station des Neiges.



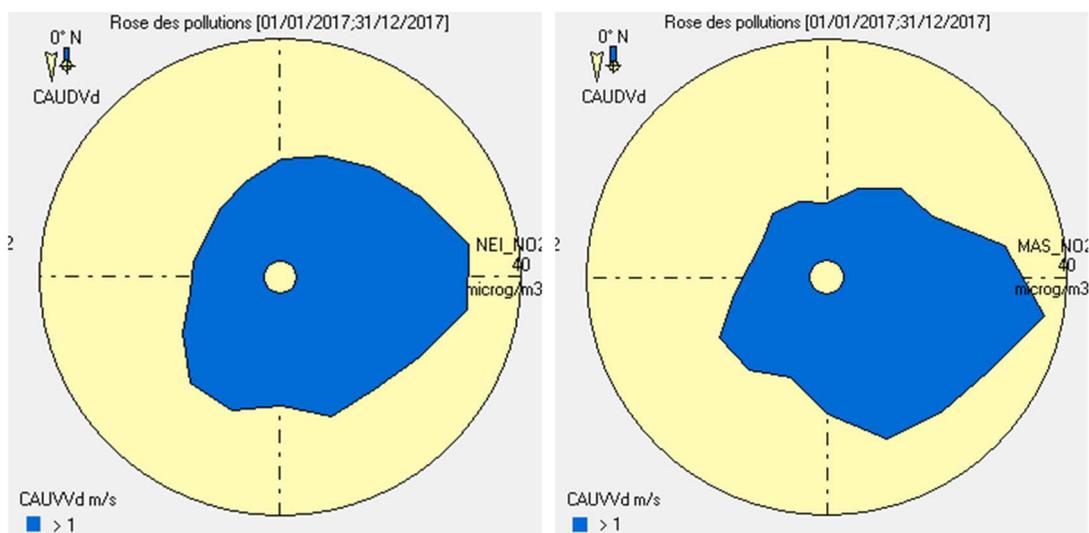
⁴ Recommandation OMS pour l’O₃ : 100 µg/m³ en moyenne sur 8 heures.

- Dioxyde d'azote NO₂



NO₂ en 2016 : situation vis-à-vis des normes réglementaires et recommandations OMS (légende : bleu-respect des normes et des recommandations OMS, vert-respect des normes, jaune-non respect d'un objectif de qualité et rouge-non respect de la valeur limite) – source : Atmo Normandie, bilan 2016

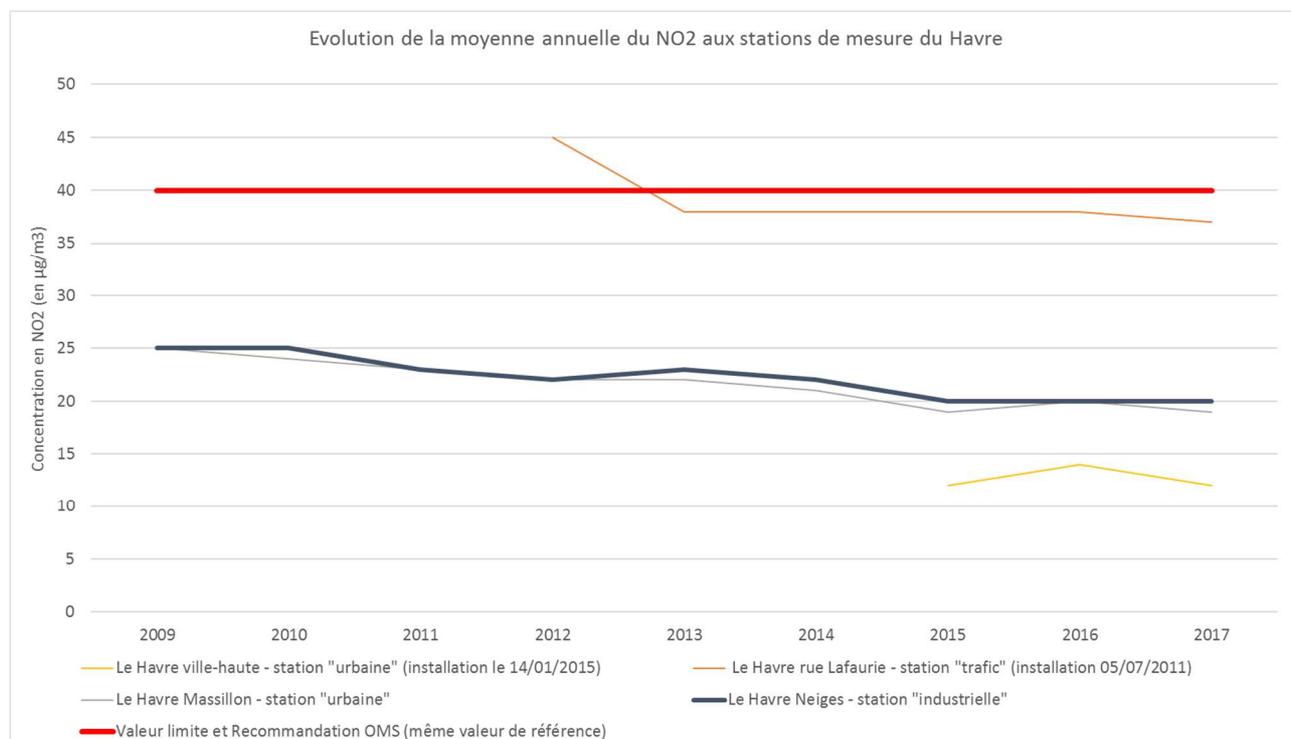
En 2016, les stations de mesure de la zone havraise respectent les valeurs limites européennes ainsi que les recommandations de l'OMS⁵. La station rue Lafaurie au Havre, bien que se situant juste sous la valeur limite, reflète une situation encore polluée en proximité des grands axes de circulation.



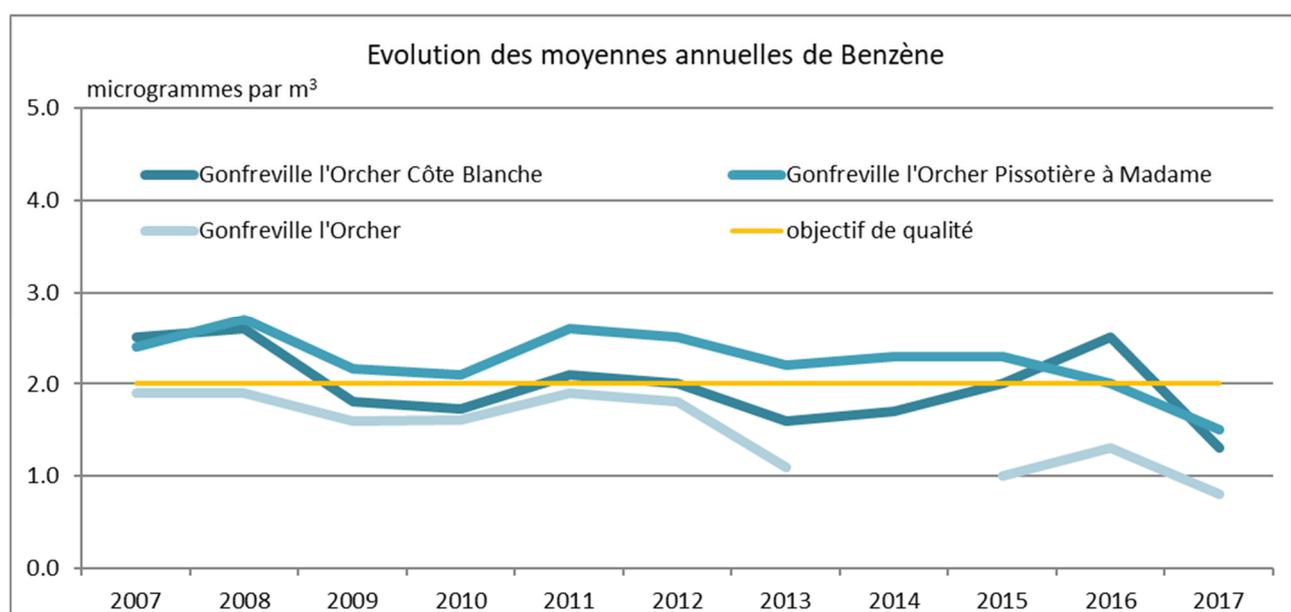
Rose de pollution pour le NO₂ en 2017 aux stations du quartier des Neiges à gauche et du quartier Massillion à droite – source : Atmo Normandie

⁵ Recommandation OMS pour le NO₂ : 40 µg/m³ en moyenne annuelle ou 200 µg/m³ en moyenne sur 1 heure.

Les roses de pollution ci-dessus sur deux sites différents montrent une influence de la zone industrielle, mais aussi d'autres sources. En dehors de l'industrie, ces sources de NO₂ sont plutôt locales et notamment liées au trafic routier. On peut aussi noter une influence de sources dans la direction sud-ouest au niveau de plusieurs stations, mais dont l'origine reste encore à déterminer.



- Benzène



Concernant le benzène, trois sites à proximité de la ZIP font l'objet de mesures depuis 10 ans. Deux sites en particuliers dépassent régulièrement l'objectif de qualité. Dans le cadre des propositions de suivi de la qualité de l'air sur la ZIP, Atmo Normandie propose de compléter les mesures de benzène par une campagne avec

plusieurs points répartis sur la circonscription. L'objectif serait d'analyser la répartition géographique des concentrations de benzène sur la ZIP.

4.1.2. Résultats de la surveillance par les retombées atmosphériques

En complément des mesures dans l'air ambiant, Atmo Normandie surveille certains polluants (tels que les métaux et les dioxines / furanes) dans les retombées atmosphériques. Ces polluants se déposent sur le sol et les végétaux, et s'accumulent le long de la chaîne alimentaire, via les animaux jusqu'à l'ingestion par les êtres humains.

✓ Méthode de mesures des retombées par jauges

La mesure consiste à recueillir l'eau de pluie et les dépôts de particules dans des jauges de dépôts. Les échantillons sont ensuite analysés en laboratoire.

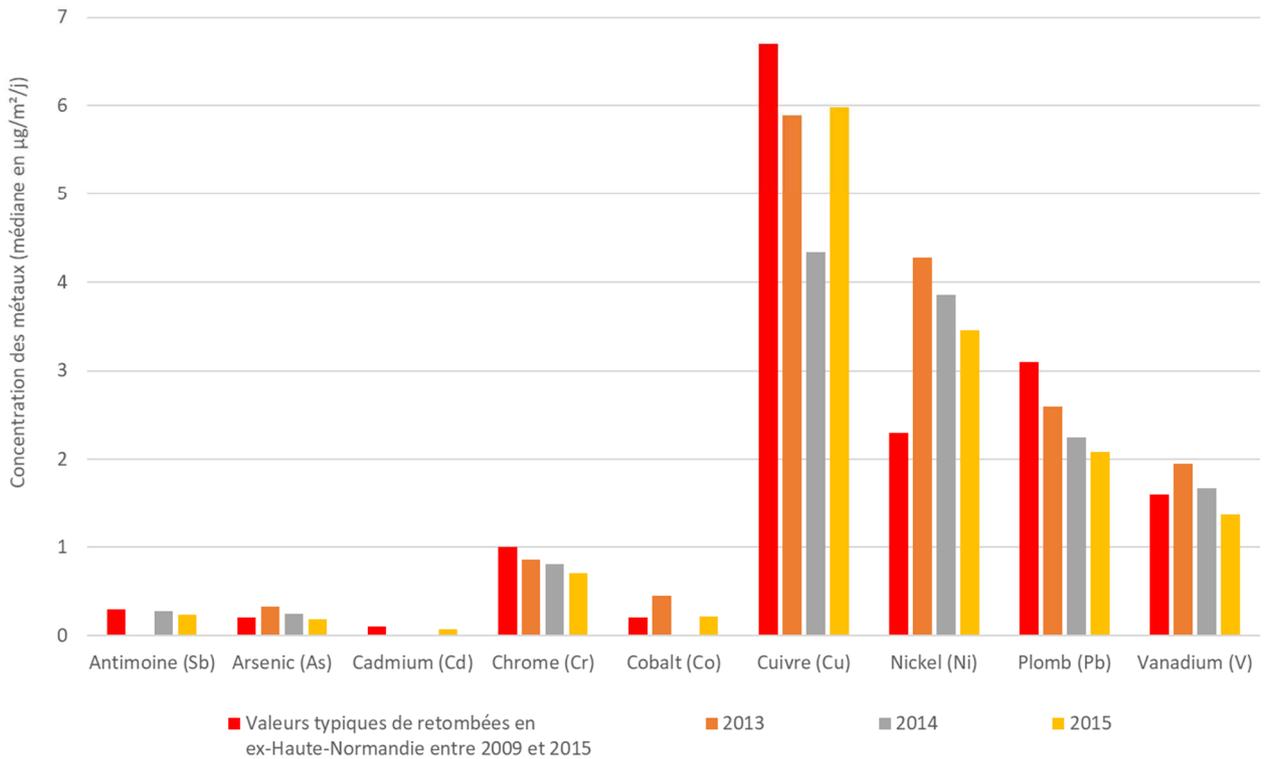
Depuis quelques années, Atmo Normandie s'emploie à étendre progressivement la surveillance des retombées atmosphériques aux principales zones industrielles et à leurs alentours (dont la Z.I. du Havre), ainsi qu'autour des installations d'incinération des ordures ménagères ou des déchets dangereux présentes en ex-Haute-Normandie. Des points de mesure "témoins" des niveaux de fond ruraux, urbains ou de proximité du trafic routier sont également installés, pour comparer les résultats.



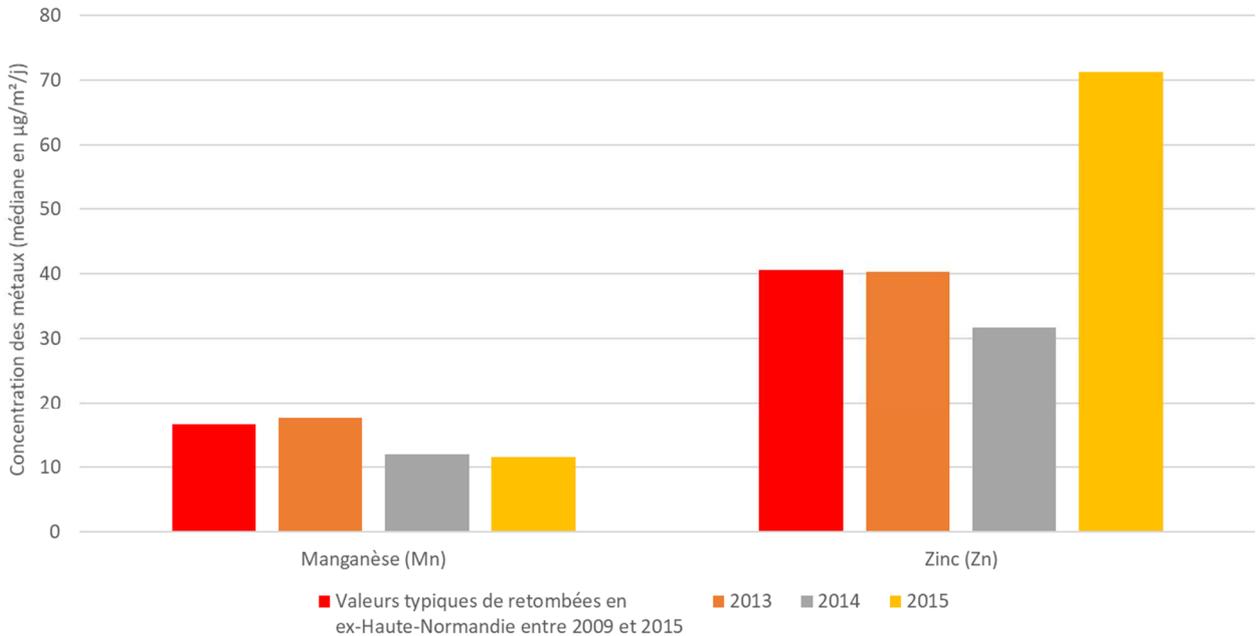
Les données de retombées dans les jauges de dépôt collectées par Atmo Normandie entre 2009 et 2015 sont désormais en nombre suffisant pour dresser un bilan statistique et dégager des valeurs typiques enregistrées en ex-Haute-Normandie sur cette période, tous sites confondus.

Il n'existe pas à ce jour de valeur réglementaire française ni de valeur de gestion sanitaire sur lesquelles s'appuyer afin d'interpréter les résultats. On compare donc les données de retombées aux valeurs de référence disponibles (valeurs réglementaires allemandes ou suisses pour certains métaux, valeurs de référence proposées par le BRGM pour les dioxines / furanes). De plus, les valeurs typiques aident à situer les résultats de retombées obtenus.

Evolution des concentrations des métaux dans les retombées sur la ZI du Havre et en ex-Haute-Normandie (méthode des jauges)



Evolution des concentrations des métaux dans les retombées sur la ZI du Havre et en ex-Haute-Normandie (méthode des jauges)

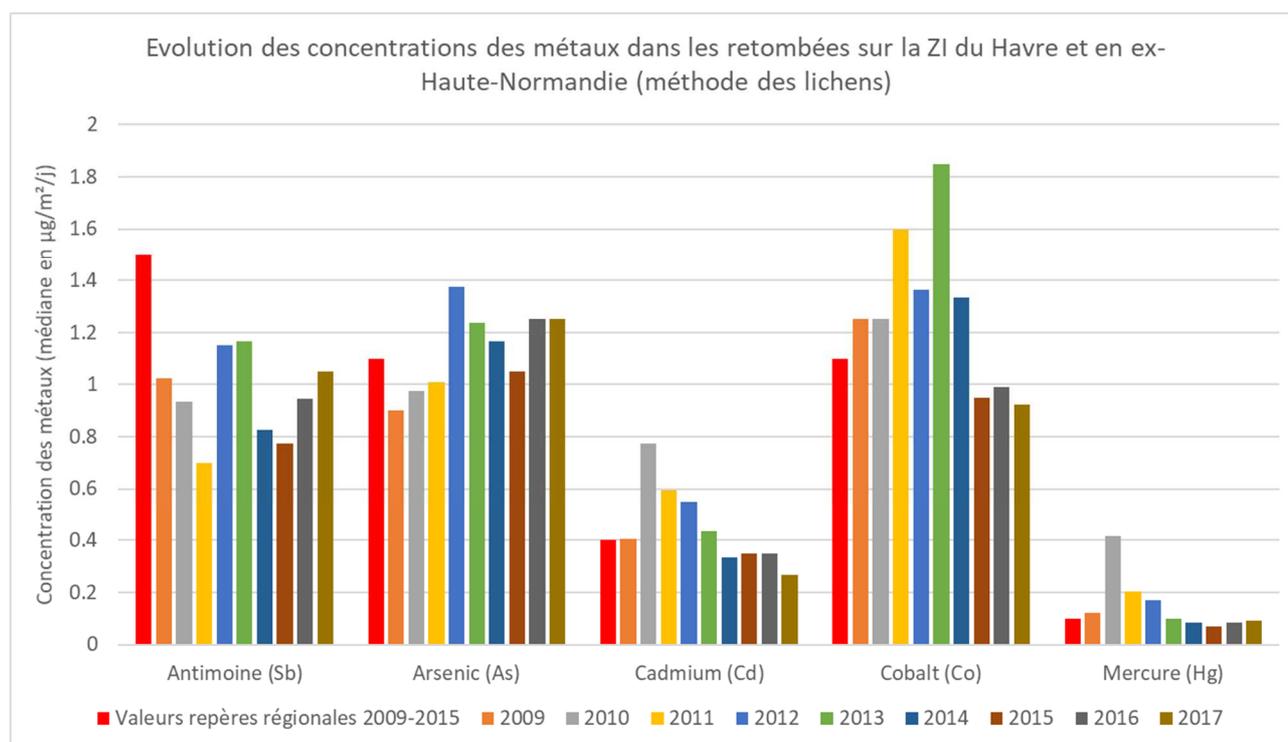


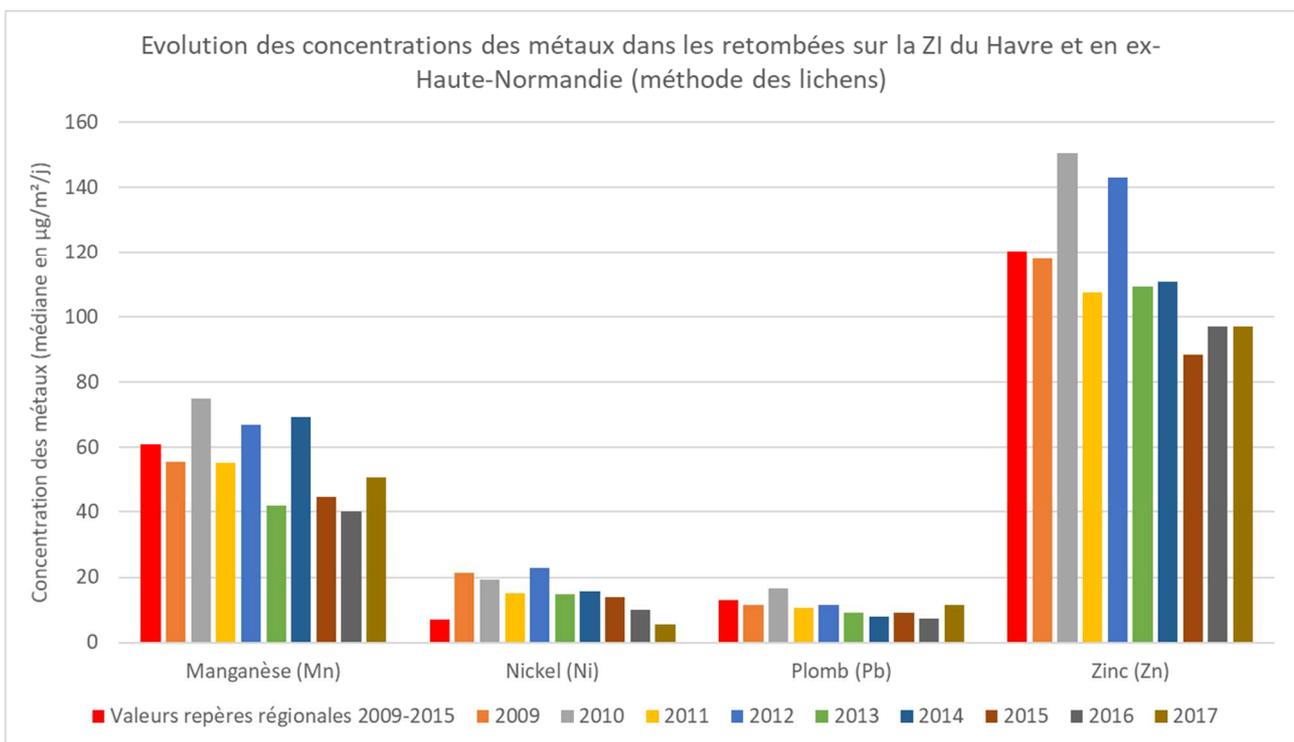
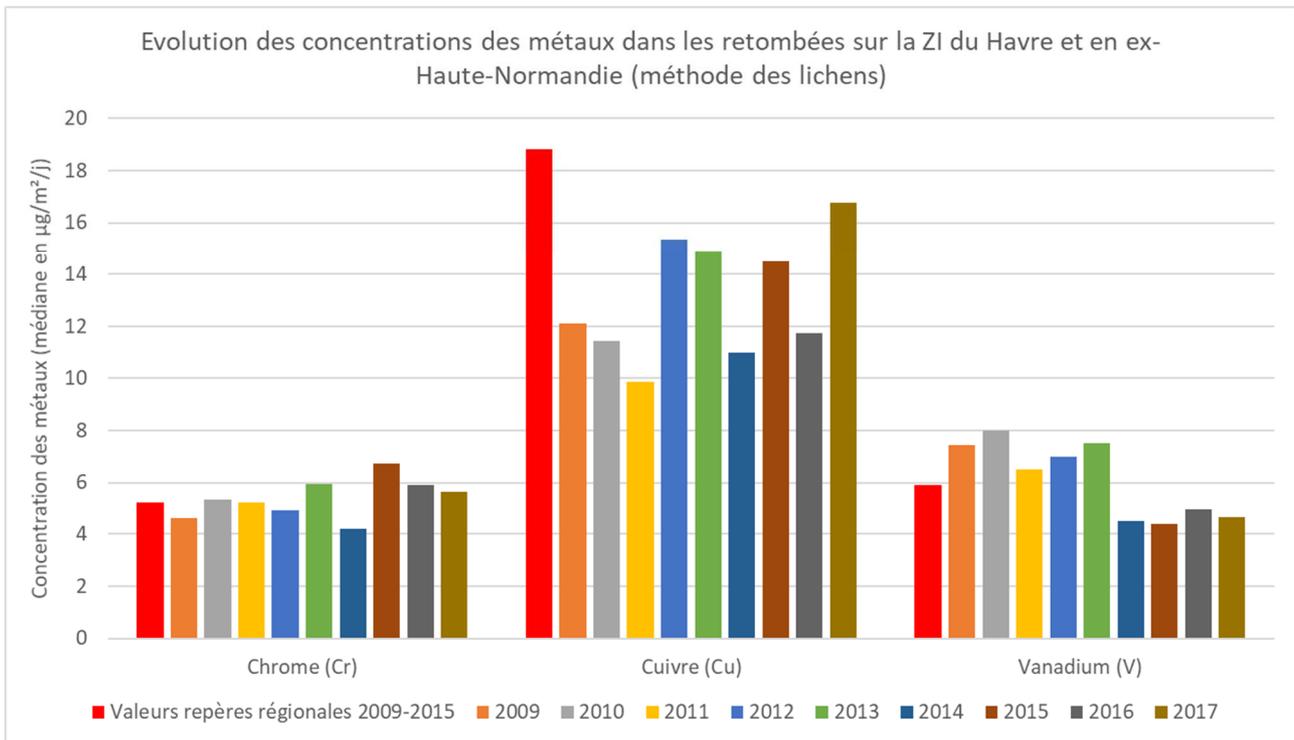
✓ Méthode de mesure des retombées par lichens

Une autre méthode, utilisée en complémentarité des jauges de dépôt, consiste en une évaluation indirecte des retombées via l'exposition d'organismes vivants d'origine végétale ou fongique. Les lichens sont ainsi utilisés pour la bioaccumulation des contaminants atmosphériques métalliques et organiques. Il s'agit d'une approche passive puisque les organismes sont prélevés in situ. Après prélèvement, les échantillons de lichens sont envoyés en laboratoire pour analyses de métaux, de dioxines / furanes.

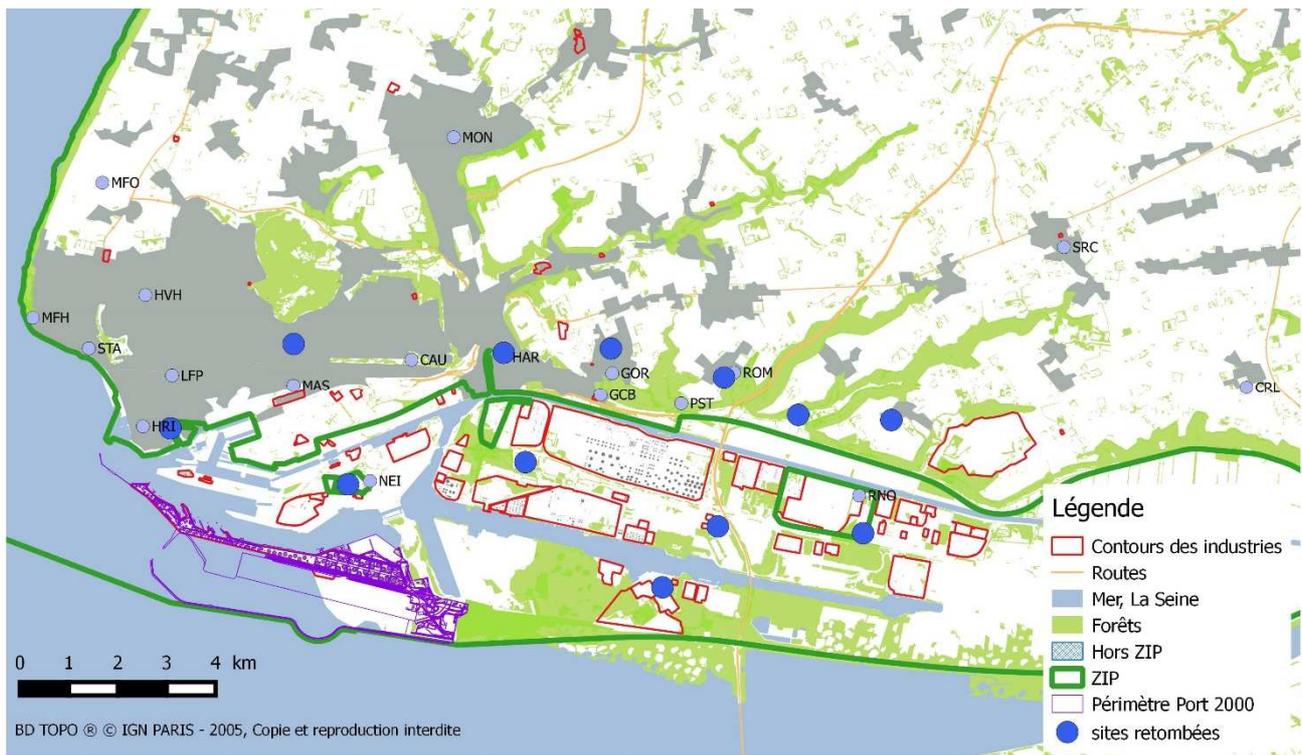


Atmo Normandie confie depuis plusieurs années la réalisation des études lichéniques à la société Aair Lichens. Atmo Normandie dispose désormais d'une base de données suffisamment renseignée pour connaître les valeurs typiques des métaux et des dioxines / furanes dans la région, interpréter les résultats et suivre les évolutions (voir graphiques ci-dessous).





Dans le cadre du PRSQA, Atmo Normandie va poursuivre la surveillance des retombées atmosphériques aux principales zones industrielles et à leurs alentours sur la Z.I. du Havre en alternant les méthodes par jauges et lichens. La carte ci-dessous indique la localisation des points de prélèvements prévus jusqu'en 2020.



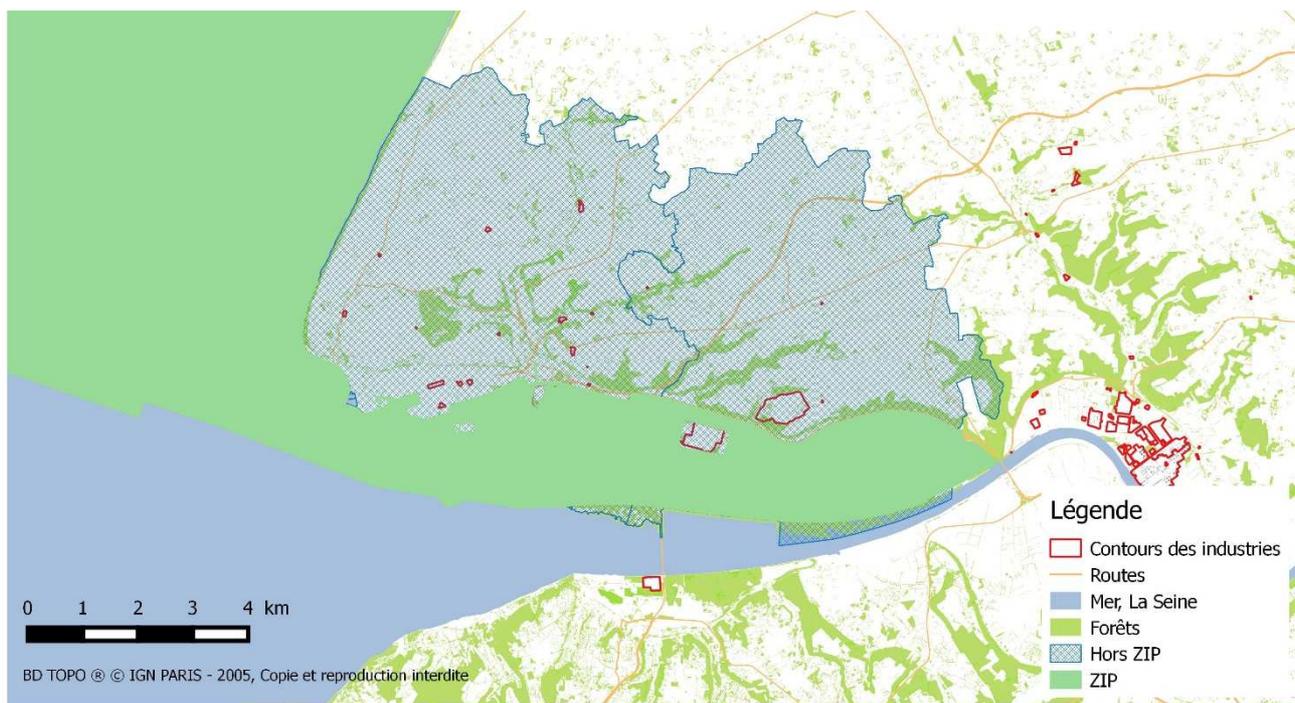
Cartographie du réseau de mesures des retombées atmosphériques d'Atmo Normandie – source : Atmo Normandie

4.2. Résultats de l'inventaire des émissions

Atmo Normandie a exploité son inventaire des émissions de polluants atmosphériques pour l'année de référence 2014 afin de compléter le diagnostic de la qualité de l'air sur la circonscription.

Le GPMH a fourni à Atmo Normandie le périmètre de sa circonscription sous format SIG. Un traitement avec un logiciel de SIG a permis d'estimer les émissions dites « surfaciques » (résidentiel, tertiaire, agriculture, transport fluvial et maritime) présentes dans la circonscription de la ZIP et en dehors.

La cartographie ci-dessous permet de visualiser les périmètres de la ZIP et en dehors.

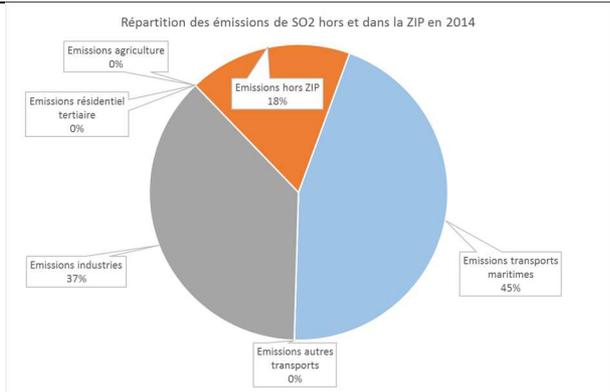


Cartographie des périmètres « ZIP » et « hors ZIP » pour la répartition des émissions de polluants atmosphériques – source : Atmo Normandie

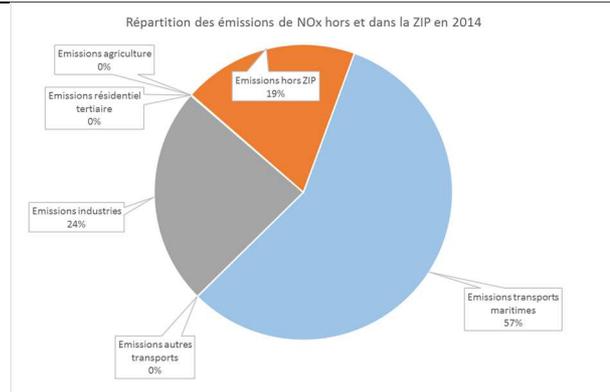
Concernant le transport maritime, les émissions de ce secteur sont prises comptabilisées à partir de la prise du pilote jusqu'à la phase à quai. Les émissions incluent aussi les phases de manœuvres. Les émissions du transport maritime sont considérées comme faisant intégralement parties de la ZIP (pas d'émission hors ZIP). Concernant le secteur industriel, les émissions sont connues par entreprises (basées sur un système déclaratif national) et celles-ci ont été géoréférencées. Un traitement sous SIG a permis d'affecter les émissions dans les périmètres correspondants (ZIP et hors ZIP), en distinguant la part des émissions attribuées aux transports maritimes⁶.

Enfin, concernant les transports routiers et ferroviaire, un traitement sous SIG a aussi été réalisé en tenant compte de la particularité que les émissions sont allouées à tronçons. Pour cela, Atmo Normandie a utilisé les réseaux routiers et ferroviaires disponibles en interne. Comme décrit dans le paragraphe sur les limites de l'étude, les réseaux routiers et ferroviaires sont partiels dans la circonscription de la ZIP. Afin d'être plus précis, l'utilisation des réseaux disponibles au sein du PCRT du GPMH serait une solution pour améliorer la précision des estimations des émissions. Par ailleurs, le réseau routier de la CODAH (hors ZIP) mériterait d'être retravaillé pour actualiser certaines parties, notamment depuis la mise en service du tram.

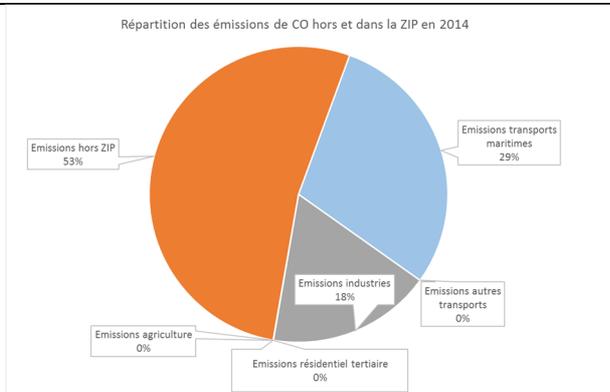
⁶ Concernant le transport maritime, seules les émissions de SO₂, NO_x, CO, PM10 et PM2,5 sont disponibles. Les émissions d'autres polluants ne sont pas calculées.



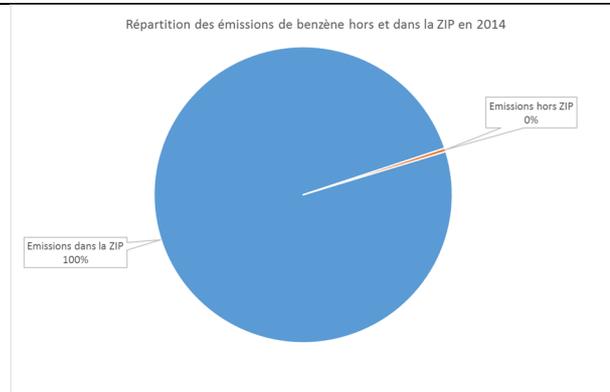
Les émissions de SO₂ dans la ZIP sont principalement liées au secteur industriel et au transport maritime (45%).



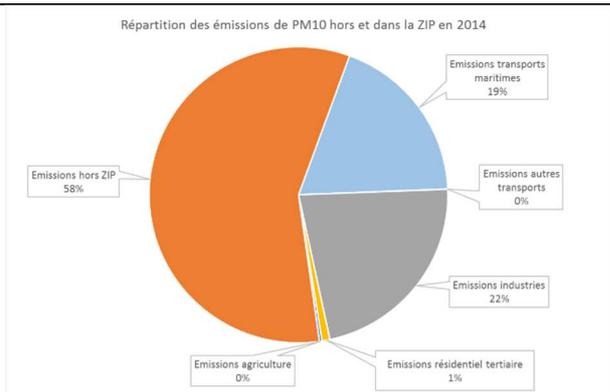
Les émissions de NO_x dans la ZIP sont principalement liées au secteur industriel et au transport maritime (57%). A noter que le transport routier contribue très majoritairement aux émissions hors ZIP, faute d'informations sur le trafic routier et ferroviaire suffisamment détaillées à l'intérieur de la ZIP.



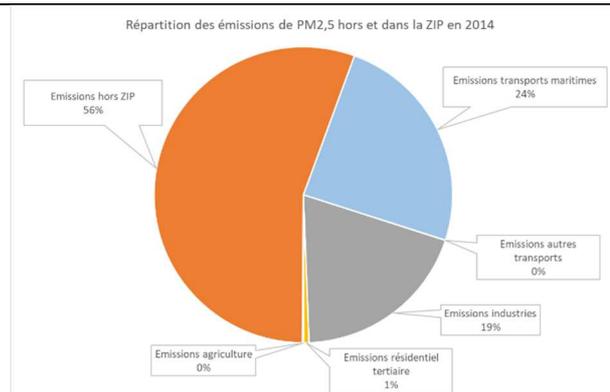
Les émissions de CO dans la ZIP sont principalement liées au transport maritime (29%). A noter que les émissions de CO sont majoritaires à l'extérieur de la ZIP et principalement liées au secteur résidentiel et tertiaire.



Les émissions de benzène dans la ZIP sont principalement liées au secteur industriel (raffinage et pétrochimie).

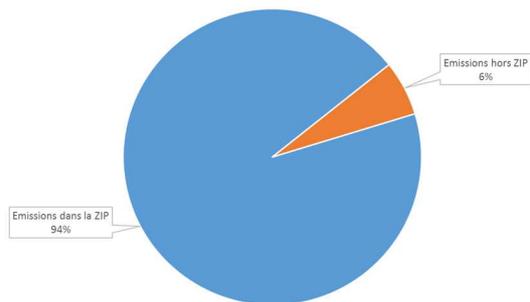


Les émissions de PM₁₀ dans la ZIP sont principalement liées au secteur industriel (production et transformation d'énergie). A noter que les émissions de PM₁₀ sont majoritaires à l'extérieur de la ZIP et principalement liées aux secteurs résidentiel, tertiaire, transport routier et agriculture.



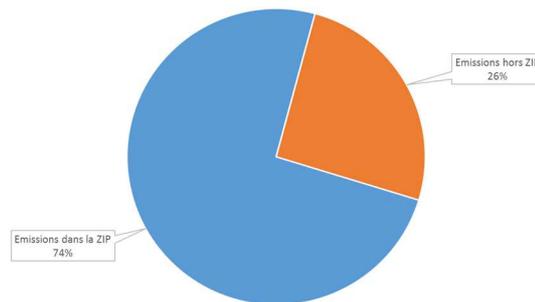
Les émissions de PM_{2,5} dans la ZIP sont principalement liées au secteur industriel et au transport maritime (24%). A noter que les émissions de PM_{2,5} sont majoritaires à l'extérieur de la ZIP et principalement liées aux secteurs résidentiel, tertiaire, transport routier.

Répartition des émissions d'arsenic hors et dans la ZIP en 2014



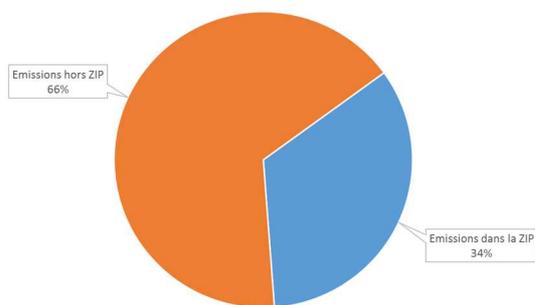
Les émissions d'arsenic dans la ZIP sont liées au secteur industriel (production et transformation d'énergie).

Répartition des émissions de cadmium hors et dans la ZIP en 2014



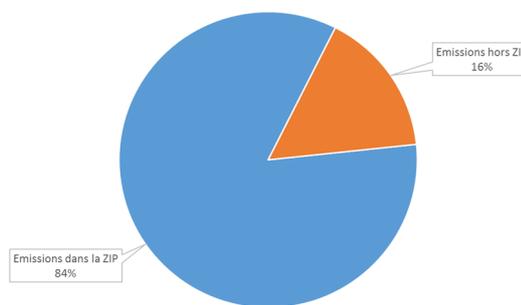
Les émissions de cadmium dans la ZIP sont liées au secteur industriel (cimenterie⁷). Les émissions de cadmium en dehors de la ZIP sont liées essentiellement au secteur industriel (verrerie).

Répartition des émissions de chrome hors et dans la ZIP en 2014



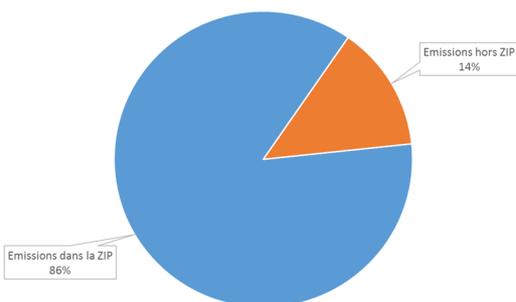
Les émissions de chrome dans la ZIP sont liées au secteur industriel (production et transformation d'énergie). A noter que les émissions de chrome sont majoritaires à l'extérieur de la ZIP et principalement liées au secteur industriel (verrerie).

Répartition des émissions de cuivre hors et dans la ZIP en 2014



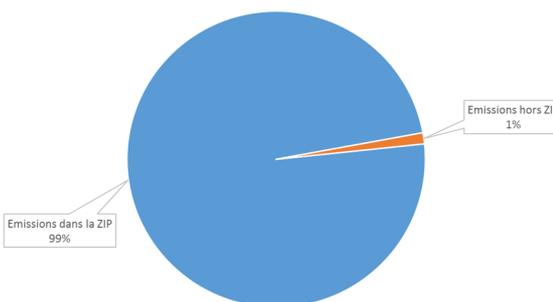
Les émissions de cuivre dans la ZIP sont liées au secteur industriel (production et transformation d'énergie et cimenterie). Les émissions de cuivre en dehors de la ZIP sont liées essentiellement au secteur industriel (verrerie).

Répartition des émissions de mercure hors et dans la ZIP en 2014



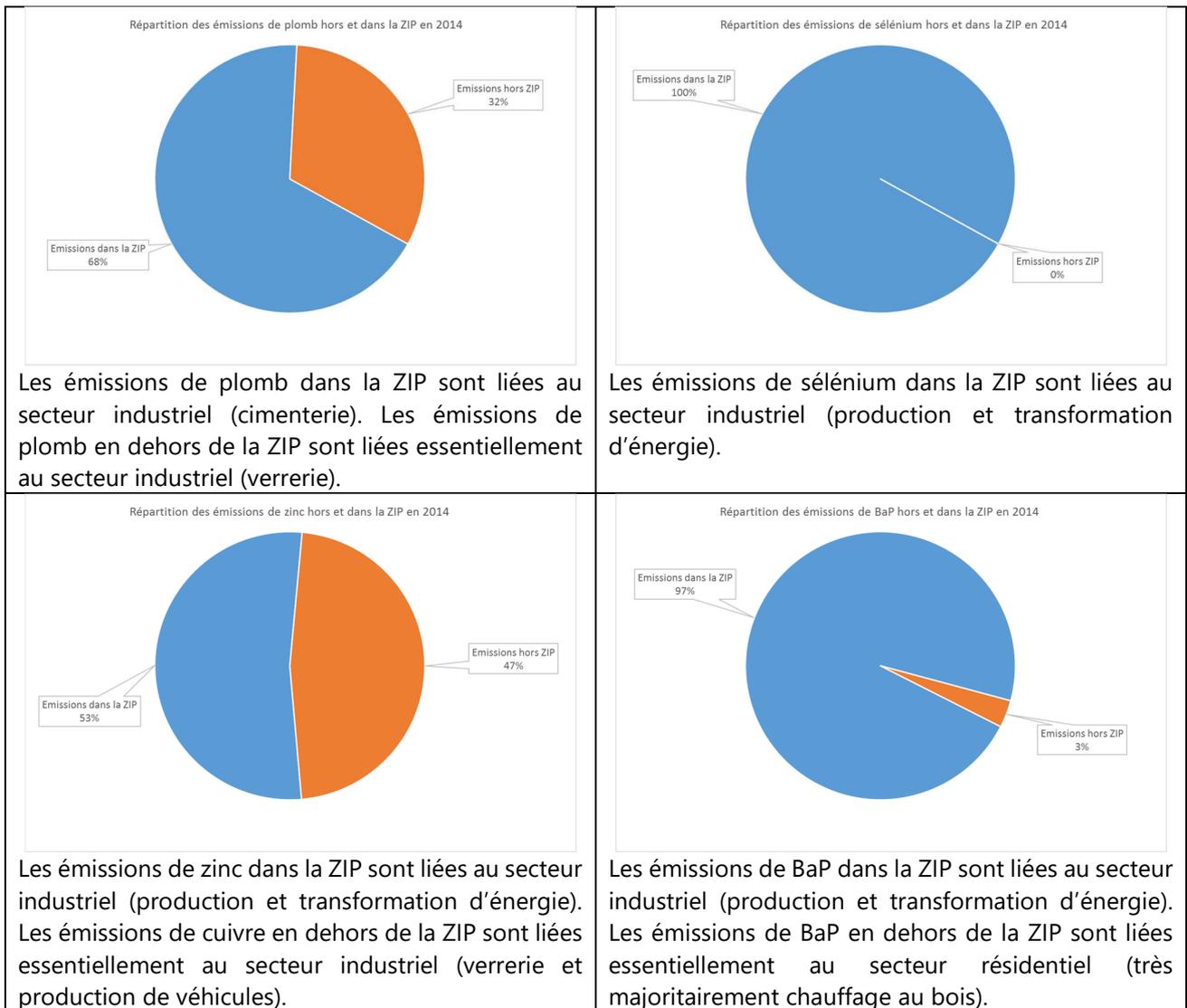
Les émissions de mercure dans la ZIP sont liées au secteur industriel (production et transformation d'énergie et cimenterie). Les émissions de mercure en dehors de la ZIP sont liées essentiellement au secteur industriel (verrerie).

Répartition des émissions de nickel hors et dans la ZIP en 2014



Les émissions de nickel dans la ZIP sont liées au secteur industriel (production et transformation d'énergie et production de nickel). Les émissions de cuivre en dehors de la ZIP sont liées essentiellement au secteur industriel (verrerie).

⁷ l'activité de cimenterie de Lafarge a cessé en 2016.



Le tableau ci-dessous indique les émissions de certains polluants où tous les secteurs d'activité sont disponibles.

Polluants (tonnes en 2014)	Emissions transports maritimes	Emissions autres transports	Emissions industries	Emissions résidentiel tertiaire	Emissions agriculture	Emissions hors ZIP	Emissions activités du GPMH
SO2	9 273	0.001	7 725	1.2	0.004	3 654	0.9
NOx	11 571	2	4 832	6.5	9.9	3 876	10
PM10	250	0.5	295	11	3.6	767	0.5
PM2,5	230	0.25	183	5.4	1.4	522	0.1

A titre indicatif, les émissions des activités propres du GPMH sont rapportées. Ces émissions ont été estimées sur la base du Bilan Carbone réalisé en 2014 par le GPMH. Les émissions des activités du GPMH ne sont pas strictement comparables avec les autres émissions. En effet, ces données n'ont été construites avec les mêmes méthodologies. Elles permettent néanmoins de contextualiser l'importance des activités du GPMH vis-à-vis de l'ensemble des sources d'émissions présentes sur la ZIP.

4.3. Benchmark de la surveillance de la qualité de l'air mises en œuvre par différents ports internationaux

Les recherches sur les stratégies de surveillance de la qualité de l'air dans ou autour des zones portuaires se sont d'abord orientées vers les ports européens (Rotterdam, Anvers, Hambourg...) puis se sont élargies aux ports mondiaux (Los Angeles, Hedland, Québec...). Le tableau ci-dessous répertorie l'ensemble des ports pour lesquels une surveillance de la qualité de l'air organisée a été identifiée.

Port	Qui fait la surveillance ?	Quels polluants ?	Quelles techniques ?	Références biblio
Amsterdam (Pays-Bas)	Port ? Amsterdam's Community Health Service	Odeurs	39 μ capteurs « enose » fixes + 3 « enose » mobiles de Comon Invent B.V.	http://www.comon-invent.com/projects/
		PM10, PM2,5, NO ₂ , SO ₂ , benzène, toluène et xylènes	ns	
Anvers (Belgique)	ns	Odeurs	Système « iNoses » pour détection COVNM	http://www.portofantwerp.com/en/news/request-proposals-efficient-innovative-degassing-facilities
Aviles (Espagne)	Port	NO ₂ , NO _x , SO ₂ , PM10 Météo (VV, DV)	ns	http://servicios.puertoaviles.es/cecomawebspuertoaviles/index.php
Barcelone (Espagne)	Port (homologué par le Réseau officiel catalan de surveillance et de prévision de la pollution atmosphérique)	PM10, PM2,5, TSP	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 8 capteurs de PM à haut débit, dont 5 avec une tête de prélèvement des particules PM10 et 3 avec une tête de prélèvement des particules PM2,5. ✓ 2 capteurs à haut débit destiné aux particules TSP ✓ Pesée des filtres en laboratoire 	http://www.portdebarcelona.cat/fr/web/el-port/qualitat-de-l-aire/

Port	Qui fait la surveillance ?	Quels polluants ?	Quelles techniques ?	Références biblio
		NO ₂ , SO ₂ , O ₃ , C ₆ H ₆	Analyseurs automatiques gaz NO ₂ , SO ₂ , O ₃ , C ₆ H ₆ Deux d'entre elles sont des cabines fixes, la troisième étant l'unité mobile du Port de Barcelone.	
		7 stations météorologiques (VV, DV, Pa, T, Hu, SI, PI)	ns	
Bari (Italie)	Port	PM10, PM2,5	Dust Track DRX Aerosol Monitor photometric measurement	http://www.tenecoport.eu/images/Air_monitoring_plan_port_of_Bari.pdf
Durban (Afrique du Sud)	City's Environmental Health Department	Odeurs	20 µcapteurs « enose » fixes de Comon Invent B.V.	http://www.comon-invent.com/projects/
Esperance Ports (Australie)	Analyses par un laboratoire agréé	TSP, PM10	TEOM pour PM10 et HVAS pour TSP Pesée en laboratoire pour les TSP	http://www.epsl.com.au/envmon.asp http://www.esperanceport.com.au/downloads/env/Monthly%20Report_Dec_2013.pdf
		Pb, Ni, soufre, Fe, Zn	Jauges pour dépôt TSP pour analyse différée de métaux en llaboratoire	
		Météo (VV, DV)	ns	
Gangavaram Port (Inde)	ns	TSP, PM10, PM2,5 et PM1	3 stations Aeroqual Dust Profilers	
Hambourg (Allemagne)	Partenariat avec Kii et AQMesh	SO ₂ , NO ₂ , PM10, PM2,5	Micro capteurs AQMesh et plateforme d'exploitation des données d'IoT de Kii	https://www.prnewswire.com/news-releases/the-port-of-hamburg-embarks-on-iot-air-quality-

Port	Qui fait la surveillance ?	Quels polluants ?	Quelles techniques ?	Références biblio
		Humidité, température et pression atmosphérique		measurement-with-sensors-300372795.html
Hedland (Australie)	Ecotech	PM10, PM2,5	Thermo BAM et 1020 BAM PM10 et PM2,5	http://www.phicmonitoring.com.au/ http://phic-hedland.com.au/monitoring/
		NO ₂	Ecotech ML9841 NO ₂	
		SO ₂	Ecotech EC9850 SO ₂	
		Météo (VV, DV, T)	ns	
Los Angeles (Etats-Unis)	Port (homologué par l'EPA)	SO ₂	Pulsed Fluorescence SO ₂ Analyzer	http://caap.airsis.com/
		CO	Gas Filter Correlation CO Analyzer	
		NO ₂	Chemiluminescent NO-NO ₂ -NO _x Analyzer	
		O ₃	U.V. Photometric Ozone (O ₃) Analyzer	
		PM10 et PM2,5	Beta Attenuation Monitors (BAMs) PM10/PM2,5	
		PM2,5 et BC et composition chimique des particules	Multi-port PM2.5 « sequential filter sampler » (SFS) monitor (PM2,5 mass + analyse EC et BC, metals, ions et HAP)	
		Black carbon (BC)	Aethalometers (Teledyne API Model 633) BC Analyser	
		comptage de particules	Ultrafine particle counters (TSI Model 3783)	
Météo (VV, DV, T, HR, SI, Pa)	ns			

Port	Qui fait la surveillance ?	Quels polluants ?	Quelles techniques ?	Références biblio
Long Beach (Etats-Unis)	Port (homologué par l'EPA)	SO ₂	Pulsed Fluorescence SO ₂ Analyzer	http://caap.airsis.com/
		NO ₂	Chemiluminescent NO-NO ₂ -NO _x Analyzer	
		CO	Gas Filter Correlation CO Analyzer	
		O ₃	U.V. Photometric Ozone (O ₃) Analyzer	
		PM ₁₀ et PM _{2,5}	Beta Attenuation Monitors (BAMs) PM ₁₀ /PM _{2,5}	
		PM _{2,5} et BC	Multi-port PM _{2.5} Sequential Filter Samplers (SFS) fabricated by the Desert Research Institute (DRI) (PM _{2,5} + analyses de EC et BC, métaux, ions and HAP)	
		Black carbon (BC)	Aethalometers BC Analyser	
		Météo (VV, DV, T, Hu, SI, Pa)	ns	
New South Wales (Australie)	Port	SO ₂	SO ₂ UV Fluorescence Ecotech Serinus 50	https://www.portauthoritiesnsw.com.au/media/2701/20132-pansw-wbct-aq-september-2017-r2-final.pdf
		PM _{2,5}	PM _{2,5} Beta Attenuation Monitor (BAM) Spirant	
		Météo (VV, DV, T, Pa, HR)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ultrasonic Gill Windsonic 1405- PK-040 (VV, DV) ✓ Resistive platinum sensor (T), Transducer (Pa), Capacitive (HR) de Ecotech Met Station One 	

Port	Qui fait la surveillance ?	Quels polluants ?	Quelles techniques ?	Références biblio
Québec (Canada)	Port	PM2,5	ns	http://www.portquebec.ca/communaute/developpement-durable/particules-fines
Le Pirée (Grèce)	National Technical University of Athens	ns	ns	http://www.olp.gr/en/nature-protection/nature-quality
Port Pirie (Australie)	ns	NO, NO ₂	NO _x Chemiluminescence	https://data.sa.gov.au/data/dataset/port-pirie-oliver-street-air-quality-monitoring-station-gaseous-data
		O ₃	O ₃ Ultraviolet Absorbance	
		SO ₂	SO ₂ Ultraviolet Fluorescence	
		CO	CO Gas Phase Correlation	
Port Talbot (Pays de Galles)	ns	NO ₂ , PM10, SO ₂ , CO, O ₃	ns	http://pollution.npt.gov.uk/home.asp
Prince Rupert (Canada)	ns	PM10, PM2,5	ns	http://www.rupertport.com/port-authority/sustainability/air-quality
Ridley Coal Terminals (Canada)	ns	CO, PM10	AQM 60 compact air quality monitoring station (mini-station)	https://www.aeroqual.com/case-studies/ridley-coal-terminals
Rotterdam (Pays-Bas)	DCMR	Odeurs	250 micro-capteurs « enose » fixes + 2 enose sur navires de patrouilles de Comon Invent B.V.	https://www.portofrotterdam.com/en/the-port/safe-port/e-noses-for-a-safe-port http://www.comon-invent.com/projects/
Sohar (Oman)	Port	Odeurs	12 micro-capteurs « enose » fixes de Comon Invent B.V.	http://www.comon-invent.com/projects/

Port	Qui fait la surveillance ?	Quels polluants ?	Quelles techniques ?	Références biblio
Southampton (Angleterre)	Port	NO, NO ₂ , O ₃ , CO, PM10 et PM2.5.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tubes à diffusion NO₂ ✓ Deux stations fixes + 1 moyen mobile 	https://www.green4sea.com/port-of-southampton-measures-air-quality/ http://www.bbc.com/news/uk-england-hampshire-39181972
Tallinn (Estonie)	Port	Odeurs	Plus de 20 microcapteurs « enose » fixes de Comon Invent B.V.	http://www.comon-invent.com/projects/
Townsville (Australie)	Port	TSP, PM10	TEOM avec tête (DEHP/DSITI) pour fraction PM10	https://www.qld.gov.au/environment/pollution/monitoring/air-monitoring/townsville
		As, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Ni et Zn.	Jauges de dépôt - échantillonnage mensuel et analyse différée en laboratoire	https://www.townsville-port.com.au/environment-community/environment-planning/air-quality-monitoring/
Trieste (Italie)	Port	Odeurs	12 microcapteurs enose fixes autour bacs de stockage de Comon Invent B.V.	http://www.comon-invent.com/projects/

ns : non spécifié.

4.4. Bilan du benchmark de la surveillance de la qualité de l'air

La grande majorité des ports réalisant ou déléguant la surveillance de la qualité de l'air ont recours à des appareils de mesure homologués. Un grand nombre de ces appareils sont utilisés par Atmo Normandie pour réaliser la surveillance réglementaire, tels que les TEOM et BAM pour les particules ou bien des analyseurs de fluorescence pour le SO₂, de chemiluminescence pour le NO₂, de photométrie UV pour l'ozone. Les exemples listés dans le tableau montrent que ces appareils de mesure sont mis en œuvre pour réaliser une surveillance :

- liée à la réglementation locale ou nationale,
- ou qui s'inscrit dans l'esprit de la réglementation locale ou nationale en utilisant les mêmes types d'appareils, même si le port n'a pas d'obligation en la matière.

Le port d'Hambourg a démarré de son côté un projet de « smart port » en mars 2016 pendant lequel un modèle de micro-capteur a été testé durant six mois. L'objectif du projet est de pouvoir aider les autorités à réduire les émissions de SO₂, NO₂ et de particules à différents endroits du port. Trois sites différents ont été investigués, mais les résultats ne sont pas connus à ce jour.

Le port de Rotterdam se distingue par la mise en œuvre de nombreux « nez » électroniques à travers un partenariat avec la société Comon Invent B.V. Ce partenariat s'est disséminé notamment aux ports d'Amsterdam, Trieste et Tallinn.

Si la surveillance par la mesure est la plus régulièrement utilisée, certaines études ou projets ont mis en œuvre d'autres types d'outils notamment des modèles numériques. La projet européen APICE a considéré l'impact des sources de pollution comme un facteur déterminant dans la gestion des zones côtières au sein des villes portuaires. Cinq villes portuaires ont participé au projet (Barcelone, Marseille, Gênes, Venise et Thessalonique). Par exemple, à Gênes, le projet APICE devait permettre de mettre en œuvre un modèle numérique de qualité de l'air ciblé sur les émissions portuaires.

5. Recommandations et perspectives

Afin d'étudier l'impact sur la qualité de l'air des navires de passagers, Atmo Normandie réalisera dans un premier temps une synthèse bibliographique pour répondre aux questions suivantes :

- Quels sont les résultats des travaux réalisés en proximité de terminaux ferries pour les particules ?
- Existe-t-il une signature particulière pour ces particules (composition, granulométrie...) ?
- Quelles types d'appareils ont été utilisés pour la métrologie des particules ?

L'objectif de cette étude bibliographique est de dimensionner un dispositif métrologique pour évaluer l'impact des navires de passagers sur la qualité de l'air au Havre. Cette évaluation pourra être mutualisée avec les autres ports normands (GPMR pour le port de Honfleur et PNA pour les ports de Cherbourg, Ouistreham et Dieppe). Par ailleurs, une campagne de mesures NO₂ et BTX par tubes à diffusion permettra d'évaluer l'impact sur la qualité de l'air de la circulation routière au sein de la circonscription, de manière générale, et d'aménagements, en particulier. Cette campagne sera complétée par des mesures passives de PM10. Après analyses en laboratoire, ces mesures pourront permettre de savoir si des signatures chimiques différentes existent entre site.

Ces évaluations pourront servir aussi à la mise en œuvre d'un modèle numérique urbain de qualité de l'air sur le territoire de la CODAH. Afin de pouvoir mettre en œuvre ce type de modèle, il sera important de pouvoir disposer des données de comptages du PCRT du GPMH, afin de pouvoir améliorer l'estimation des émissions du transport routier et ferroviaire à l'intérieur de ZIP notamment pour certains polluants (NOx, particules, CO et benzène).

Concernant le suivi des nuisances olfactives sur le territoire de la CODAH, Atmo Normandie signale la possibilité que le GPMH puisse intégrer le réseau de nez industriels, notamment en formant quelques personnes au « Langage des Nez ». Par ailleurs, des systèmes de mesures innovants sur les odeurs pourraient être testés pour venir en complément des réseaux de nez existants sur la CODAH (nez bénévoles et industriels).

Sur le plan de l'innovation, Atmo Normandie propose de tester des micro-capteurs suivant des objectifs précis qui restent à définir, en concertation avec les acteurs concernés, et selon des protocoles de mesure bien établis. Ces micro-capteurs pourraient être disposés en sites fixes et en situation mobile par exemple sur des drones. Outre des micro-capteurs, l'utilisation de drones pourrait être envisagée pour essayer d'estimer l'impact des activités présentes sur le territoire de la ZIP (industrielles, maritimes...) sur la qualité de l'air, ou pour réaliser des prélèvements à proximité immédiate de sources industrielles lors d'incident. Ces éléments pourraient être envisagés dans le cadre du projet d'Airlab normand qu'envisage Atmo Normandie dans le cadre de la candidature TIGA « *Smart Port City* ».

Enfin, concernant la communication, une piste de travail serait de diffuser des messages sur les panneaux à messages variables et sur le site internet du port, notamment lors d'épisodes de pollution.

6. Bibliographie

Rapport	Lieu	Titre de l'étude	Polluants mesurés	Période	Nombre de points	Suivi prévu ?
n° 1202-019 V2	ZI Le Havre	Suivi du benzène, toluène, xylènes et naphtalène dans l'environnement de la zone industrielle du Havre	BTEX par tubes passifs	2014	26	non
N° 1202-019-2	ZI Le Havre	Suivi du 1,3-butadiène sous les vents d'OMNOVA Solutions	mesure du 1,3-butadiène avec un analyseur automatique	Mai-Juin 2015	1	non
n° 1202-012-2	ZI Le Havre	Mesure des métaux dans l'air ambiant au sein de la zone industrielle du Havre	Métaux dans l'air ambiant par secteurs de vent	Octobre 2013 – septembre 2014	3	oui, en projet, dans les secteurs habités plutôt qu'en ZI
N°1202_024_2	Gonfreville l'Orcher	Mesures de chlorures et fluorures totaux et de 14 métaux particuliers à Gonfreville l'Orcher	chlorures et fluorures totaux et de 14 métaux particuliers dans l'air ambiant	2015	1	oui, jusqu'en 2018 ; ajout d'autres anions
n°1202-019	Le Havre	Bilan de la surveillance des retombées atmosphériques sur la zone industrielle du Havre et ses	Dioxines / Furanes, métaux dans les jauges, les lichens et les	2013 à 2015	19	oui , en projet : alternance lichens et jauges une année

		alentours	bryophytes			sur deux de 2017 à 2020
N° 1202-018	ZI Le Havre et ZI Rouen	Amélioration de la connaissance des retombées atmosphériques de polychlorobiphényles (PCB) sur les secteurs du Havre et de Rouen	PCB dans les jauges, les lichens et les bryophytes	2014	2	oui: autour de SEDIBEX



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

