



ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Dans l'environnement de l'Unité de
Valorisation Énergétique
Arc-en-Ciel 2034

Campagne 2022



Sommaire

Introduction	6
Dispositif	7
Mesures de retombées totales	13
Dépôts de dioxines et furanes	13
Dépôts de métaux lourds	15
Mesures de concentrations atmosphériques ...	17
Acide chlorhydrique en phase gazeuse	17
Acide fluorhydrique dans l'air	19
Métaux lourds dans l'air	20
Résultats des mesures automatiques	24
Dioxyde d'azote NO ₂	24
Particules fines PM ₁₀	27
Dioxyde de soufre SO ₂	30
Monoxyde de carbone CO	33
Mercure gazeux Hg	35
Conclusions	37
Annexes	38

Contributions

Coordination de l'étude - Rédaction : Eneour Le Guiban

Exploitation du matériel de mesure : Arnaud Tricoire et Sonia Cécile, Thibaud Tregouet, Edouan Fachat

Mise en page : Bérangère Poussin

Validation : François Ducroz et Céline Puente-Lelièvre

Conditions de diffusion

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé pour assurer la surveillance de la qualité de l'air dans la région des pays de la Loire, au titre de l'article L. 221-3 du code l'environnement, précisé par l'arrêté du 1^{er} août 2019 pris par le Ministère chargé de l'Environnement.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Pays de la Loire est garant de la transparence de l'information sur les résultats des mesures et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Pays de la Loire, réserve un droit d'accès au public aux résultats des mesures recueillies et rapports produits dans le cadre de commandes passées par des tiers. Ces derniers en sont destinataires préalablement.

Air Pays de la Loire a la faculté de les diffuser selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site Internet www.airpl.org, etc...

Air Pays de la Loire ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Pays de la Loire n'aura pas donné d'accord préalable.

Remerciements

Air Pays de la Loire remercie la Mairie de Couëron, la mairie de Saint-Jean-de-Boiseau ainsi que M. Le Gall de Basse-Indre pour avoir aimablement accepté l'installation du matériel de mesure afin de mener à bien cette campagne.

Synthèse

Contexte

Depuis la publication des arrêtés préfectoraux du 2 juillet 1992 et du 14 avril 2003, modifié le 13 février 2018, qui imposent une surveillance annuelle de la qualité de l'air autour de l'Usine de Valorisation Énergétique, le dispositif de la campagne de mesure 2020 a évolué et intègre les recommandations du guide « surveillance dans l'air autour des installations classées - retombées des émissions atmosphériques » (INERIS - novembre 2016).

Deux types d'indicateurs sont ciblés :

- Les concentrations en polluants atmosphériques, qui comprennent les métaux lourds, l'acide chlorhydrique (HCl), l'acide fluorhydrique (HF), le dioxyde d'azote (NO₂), le dioxyde de soufre (SO₂), le monoxyde de carbone (CO), les particules PM10 ainsi que le mercure gazeux ;
- Les retombées atmosphériques totales, qui contiennent notamment les dioxines et furanes et les métaux lourds.

Cette surveillance annuelle a pour objectif :

- De comparer les niveaux de pollution par rapport aux valeurs réglementaires et de référence ;
- D'évaluer l'influence des émissions d'Arc-en-Ciel 2034 sur la qualité de l'air environnant, en comparant notamment les mesures à celles réalisées sur d'autres sites, non influencés par l'établissement.

Moyens

Une campagne de mesure avec 2 phases de 4 semaines

En 2022, la période de prélèvements s'est étendue du 31 mars au 28 avril 2022 pour la première phase et du 15 décembre 2022 au 23 janvier 2023 pour la seconde, avec un fonctionnement nominal des 2 lignes d'incinération sur l'ensemble de la campagne.

Deux types d'indicateurs pour plusieurs polluants

Le dispositif d'étude mis en œuvre par Air Pays de la Loire comprend la mesure :

- **Des dépôts atmosphériques** par la collecte et l'analyse des eaux de pluie. Il s'agit de quantifier :
 - **9 métaux** (As, Ni, Cd, Pb, Zn, Cu, Hg, Mn, Co, Sb, Vn),
 - **les dioxines et les furanes** (17 congénères toxiques).
- **Des concentrations atmosphériques**, par la pose de systèmes aspirant l'air ambiant au travers de filtres qui sont analysés en laboratoire pour mesurer :
 - **l'acide chlorhydrique gazeux**,
 - les **métaux lourds** en suspension dans l'air.
- **Des concentrations atmosphériques**, par la pose de tubes à diffusion passive qui sont analysés en laboratoire pour **l'acide fluorhydrique gazeux**,
- Des concentrations atmosphériques des polluants suivis en continu par Air Pays de la Loire : **dioxyde d'azote, monoxyde de carbone, dioxyde de soufre et particules inférieures à 10 µm** ainsi que **le mercure gazeux** à l'aide d'un analyseur automatique Lumex (RA 915 AM).

Résultats

Polluant	Moyenne pendant la campagne	Respect des valeurs réglementaires	Respect des valeurs guides OMS	Influence Arc-en-Ciel 2034 ?
Dioxines et furanes	1,02 – 1,13 pgéq/m ² /jour			Non
Métaux lourds (dans l'air)	0 – 5,9 ng/m ³ selon les métaux	☺	☺	Non
Métaux lourds (retombées totales)	0 – 67,5 µg/m ² /jour	☺ (réglementation allemande et suisse)		Non
Acide chlorhydrique HCl	0,07 – 0,48 µg/m ²			Non
Acide fluorhydrique HF	Indétectable			
PM10	15,6 µg/m ³	☺	☺	Non
NO ₂	8,9 µg/m ³	☺	☺	Non
SO ₂	1,8 µg/m ³	☺	☺	Non
CO	0,3 mg/m ³	☺	☺	Non
Mercure gazeux	0,6 ng/m ³	☺ (OEHHA, 2008)		Possible

Tableau 1 : tableau de synthèse des résultats par polluant vis-à-vis des valeurs réglementaires ☺ = probabilité de respect de la valeur réglementaire ; ☹ = probabilité de dépassement de la valeur réglementaire

Conclusions

Les teneurs en polluant enregistrées dans l'environnement d'Arc-en-Ciel 2034 sont représentatives d'une zone périurbaine. L'ensemble des niveaux en polluant mesurés au cours de la campagne respectent les valeurs réglementaires et les valeurs guides définies par l'OMS. Aucune influence significative des émissions d'Arc-en-Ciel 2034 sur les niveaux des différents polluants n'a été mise en évidence, excepté pour le mercure gazeux où une influence de l'UVE est possible.

Introduction

Situé sur la commune de Couëron, l'Unité de Valorisation des Déchets Arc-en-Ciel 2034 assure le traitement de près de 149 000 tonnes de déchets produits annuellement par l'agglomération Nantaise. Parmi ceux-ci, près des deux tiers (environ 94 000 tonnes, représentant 98 % des seuls déchets ménagers) sont valorisés afin de produire de l'énergie (environ 30 GWh par an) ou des matériaux tels que des remblais ou de la sous-couche routière.

L'activité d'incinération est encadrée par les arrêtés préfectoraux de juillet 1992, avril 2003 et modifiés le 13 février 2018 qui imposent une surveillance annuelle de la qualité de l'air autour de l'Usine de Valorisation Énergétique.

Depuis 1997, Arc-en-Ciel 2034 a confié cette mission à Air Pays de la Loire qui a mis en place un dispositif de surveillance des polluants atmosphériques suivants : métaux lourds, chlorure d'hydrogène, et dioxyde d'azote. En 2003, à cette surveillance, s'est ajoutée la mesure des dépôts totaux en dioxines et furanes dans l'environnement d'Arc-en-Ciel 2034 et sur deux autres sites non influencés par l'établissement. Par ailleurs, depuis 2009, un laboratoire mobile permettant de mesurer en continu les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone et les particules fines PM10 ont été ajoutés à la surveillance.

Arc en ciel 2034 sollicite Air Pays de la Loire pour maintenir l'activité de surveillance de la qualité de l'air dans l'environnement du site industriel.

En 2020, le dispositif de la campagne de mesure intègre les recommandations du guide « surveillance dans l'air autour des installations classées - retombées des émissions atmosphériques » (INERIS - novembre 2016). Les évolutions choisies en accord avec VEOLIA sont justifiées et récapitulées dans le livrable d'Air Pays de la Loire intitulé « UVE Arc-en-Ciel 2034 : évolution de la stratégie de surveillance de la qualité de l'air en 2020 ».

Voici les six évolutions les plus significatives, par rapport à 2019, intégrées pour l'année 2020 et les années suivantes :

- Prendre en compte cinq substances additionnelles : l'acide fluorhydrique (HF), le mercure (Hg), l'antimoine (Sb), le cobalt (Co), et le vanadium (V) ;
- Retirer de la surveillance trois substances : Zn, Cl⁻ et Na⁺ ;
- Déplacer le site de l'école de la Métairie plus au sud dans le cœur du tissu urbain de Couëron ;
- Supprimer les points témoins de Nantes-nord et de la Tardière (Vendée) et les substituer par les points témoins locaux du stade Hauray à l'ouest de l'établissement et du site de Basse-Indre, à l'est ;
- Passer d'une campagne annuelle de 7 semaines consécutives à une campagne annuelle de deux fois 4 semaines ;
- Utiliser les tests statistiques référencés dans le guide pour évaluer s'il y a eu dégradation de l'environnement.

Cette surveillance a notamment pour objectifs de :

- Évaluer les risques de dépassement des valeurs réglementaires en air ambiant fixé par la réglementation française ;
- Mettre en perspective des résultats enregistrés dans l'environnement de l'Unité de Valorisation Énergétique avec ceux du dispositif permanent (milieu urbain, milieu rural) ;
- Quantifier l'influence des émissions de l'établissement sur les concentrations atmosphériques et les dépôts mesurés dans l'environnement d'Arc-en-Ciel 2034.

Dispositif

Un dispositif complet a été mis en œuvre pour la surveillance de la qualité de l'air dans l'environnement de l'Unité de Valorisation Énergétique. Il permet d'appréhender deux indicateurs de la pollution atmosphérique :

- Les concentrations atmosphériques, via des mesures directement dans l'air ;
- Les retombées atmosphériques sous forme de dépôts totaux, via la collecte et l'analyse des eaux de pluie.

Plusieurs polluants (9 métaux, acide chlorhydrique et fluorhydrique, dioxydes d'azote, dioxyde de soufre, particules PM10, monoxyde de carbone, dioxines et furanes et mercure gazeux) ont été mesurés dans l'air et/ou dans les eaux de pluie à l'aide de différentes techniques de collecte et d'analyse normalisées.

Sites de mesure

2 sites sous l'influence potentielle des émissions d'Arc-en-Ciel 2034, et positionnés sous les vents dominants de l'UVE, ont été sélectionnés afin d'effectuer l'ensemble des mesures automatiques et manuelles.

- La Gendarmerie de Couëron, ci-après dénommé *Couëron*, situé à 0,5 km de l'UVE au nord-nord-est. Cette station remplace le site de mesure de l'École de la Métairie, utilisé de 2010 à 2019 ;
- Le cimetière de Saint-Jean-de-Boiseau, ci-après nommé *Saint-Jean-de-Boiseau*, situé à 1,8 km au sud-ouest de l'UVE.



Figure 1 : localisation des sites de mesure autour d'Arc-en-Ciel 2034
En orange : sites sous influence de l'UVE ; en vert : sites témoins

Afin de comparer les sites sous influence avec des sites non influencés, dits sites témoins, deux autres sites ont été sélectionnés pour comparaison :

- Le stade d'Hauray, ci-après nommé *Hauray*, situé à 1,1 km à l'ouest de l'UVE ;
- *Basse-Indre*, situé à 4,4 km à l'est de l'UVE.

L'ensemble de ces sites sont également comparés avec les sites de mesures permanentes d'Air Pays de la Loire, situés hors-influence d'Arc-en-Ciel 2034 :

- *Nantes – centre*, située au cimetière de la Bouteillerie, et représentative du **fond urbain**. Les niveaux de PM10 et NO₂ y sont comparés ;
- *Saint-Etienne-de-Montluc*, représentative du **niveau rural**. Les concentrations de PM10, NO₂ et SO₂ y sont comparées ;
- La station *Parc Paysager* à *Saint-Nazaire*, représentative du **fond urbain**. Les niveaux de SO₂ y sont comparés.

Dispositif de mesure

Les concentrations atmosphériques

Sur trois sites (la Gendarmerie de Couëron, le stade Hauray et Saint-Jean-de-Boiseau), les concentrations dans l'air des polluants suivants ont été mesurées :

- **9 métaux lourds** visés par les arrêtés préfectoraux du juillet 1992, avril 2003 et modifié le 13 février 2018 : arsenic (As), cadmium (Cd), cobalt (Co), manganèse (Mn), nickel (Ni), plomb (Pb), mercure (Hg), antimoine (Sb), et le vanadium (V) a également été analysé pour son potentiel supposé à tracer les émissions des usines d'incinération d'ordures ménagères ;
- **L'acide chlorhydrique (HCl)**, sous forme gazeuse,
- **L'acide fluorhydrique (HF)**, sous forme gazeuse,
- **Le dioxyde d'azote NO₂, le dioxyde de soufre SO₂, les particules fines PM₁₀, le monoxyde de carbone CO ainsi que le mercure gazeux** ont été mesurés sur le site de la Gendarmerie de Couëron sur la phase hivernale.

Les prélèvements en métaux et acide chlorhydrique sont réalisés sur des filtres, et ceux de l'acide fluorhydrique par tubes à diffusion passive, relevés toutes les semaines. Les données correspondent donc à des moyennes hebdomadaires. Les concentrations des autres polluants, mesurées automatiquement tous les quarts d'heure, sont présentées selon les standards en vigueur dans la définition des seuils réglementaires.

Les retombées atmosphériques

Conformément aux arrêtés préfectoraux du 9 décembre 1998 et du 14 avril 2003 et modifiés le 13 février 2018, une collecte des dépôts totaux est effectuée sur les trois sites dans l'environnement de l'UVE : les 2 sites placés dans les zones de retombées maximales (la Gendarmerie et Saint-Jean-de-Boiseau) et le site témoin du stade Hauray à Couëron pour une analyse en laboratoire des métaux, de l'acide chlorhydrique et fluorhydrique sous forme gazeuse et des dioxines et furanes.

Des collectes de dépôts pour l'analyse des dioxines et furanes ont également été réalisées sur le deuxième site témoin non influencé, à Basse-Indre.

Le dispositif installé, par site, est précisé en annexe 1. Une description complète des techniques de collecte et d'analyse ainsi que des normes utilisées est disponible en annexe 2.

Le tableau suivant recense pour l'ensemble des sites de mesure, le type de polluant analysé ainsi que les durées d'échantillonnage.

Nom du site	Typologie	Concentrations atmosphériques			Retombées atmosphériques	
		Métaux	HCl gazeux HF gazeux	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , CO, Hg	Dioxines et furanés	Métaux
Durée d'exposition		Hebdomadaire (4 échantillons par site)		Quart- horaire	Mensuel (2 fois dans l'année)	
Gendarmerie	Industriel	X	X	X (4 semaines en hiver)	X	X
Saint-Jean-de-Boiseau	Industriel	X	X		X	X
Stade Hauray	Site témoin	X	X		X	X
Basse-Indre	Site témoin				X	
Cimetière de la Bouteillerie	Urbain	X (As, Ni, Cd, Pb)		X (NO ₂ , PM ₁₀)		
Saint-Etienne-de-Montluc	Rural			X (NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀)		
Saint-Nazaire	Urbain			X (SO ₂)		

Tableau 2 : typologie des sites, polluants étudiés et durée des prélèvements

Périodes de mesure

Conformément au guide de l'INERIS « Surveillance dans l'air autour des installations classées – retombées des émissions atmosphériques » (novembre 2016), la campagne de mesure s'est déroulée en deux phases de 4 semaines afin de disposer de conditions météorologiques contrastées et avoir une meilleure représentativité des mesures sur l'année :

- Du 31 mars au 28 avril 2022, en condition printanière ;
- Du 14 décembre 2022 au 18 janvier 2023, en condition hivernale.

Les situations météorologiques les plus défavorables à la dispersion des polluants intervenants en hiver (de décembre à mars), c'est au cours de cette deuxième phase que les mesures automatiques ont été effectuées au niveau de la Gendarmerie de Couëron.

Le tableau ci-dessous présente les périodes de prélèvement des métaux lourds, de l'acide chlorhydrique et de l'acide fluorhydrique dans l'air.

Période	Printemps 2022		Hiver 2022-2023	
	Date début	Date fin	Date début	Date fin
Semaine 1	31/03/2022	07/04/2022	14/12/2022	21/12/2022
Semaine 2	07/04/2022	14/04/2022	21/12/2022	29/12/2022
Semaine 3	14/04/2022	21/04/2022	29/12/2022	05/01/2023
Semaine 4	21/04/2022	28/04/2022	05/01/2023	12/01/2023

Tableau 3 : périodes de prélèvement des métaux, de l'acide chlorhydrique et fluorhydrique

Les périodes de prélèvement des retombées atmosphériques totales de dioxines et furanes, et des retombées atmosphériques totales de métaux sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Site	Printemps 2022		Hiver 2022-2023	
	Date début	Date fin	Date début	Date fin
Période	31/03/2022	04/05/2022	14/12/2022	18/01/2023

Tableau 4 : périodes de prélèvement des retombées de métaux, dioxines et furanes

Les périodes de mesure par analyseurs automatiques (NO₂, SO₂, CO, PM10 et Hg gazeux) ont été réalisées uniquement sur la période hivernale :

Site	Hiver 2022-2023	
	Date début	Date fin
Période	15/12/2022	23/01/2023

Tableau 5 : périodes des mesures automatiques

Taux de validité des mesures

Le tableau ci-dessous donne les taux de disponibilité des mesures sur les 2 phases de la campagne :

	Campagne printanière	Campagne hivernale
<i>PM10</i>	-	68 %
<i>NO₂</i>	-	70 %
<i>SO₂</i>	-	54 %
<i>CO</i>	-	63 %
<i>Mercuré gazeux</i>	-	61 %
<i>Dioxines et furanes (retombées atmosphériques)</i>	100 %	100 %
<i>Métaux (retombées atmosphériques)</i>	100 %	100 %
<i>HCl gazeux</i>	100 %	100 %
<i>HF gazeux</i>	100 %	100 %
<i>Métaux (concentrations atmosphériques)</i>	100 %	100 %

Tableau 6 : synthèse des taux de disponibilité des mesures automatiques ainsi que des prélèvements

Les taux de fonctionnement des mesures automatiques sur le site de la Gendarmerie varient entre 50 % et 70 % du fait de problèmes électriques avec coupure de courant dans la nuit du 23 décembre. Les mesures ont été rétablies le 3 janvier, après intervention d'Enedis. Les mesures ont été prolongées du 19/01 au 23/01 pour palier à cette coupure.

Notons que, malgré cette coupure électrique, le site de mesure de la Gendarmerie a été une grande proportion du temps sous les vents de l'UVE (environ 30 % du temps entre le 15/12 et le 23/01, hors période de coupure) accumulant ainsi suffisamment de données sous l'influence potentielle d'Arc-en-Ciel 2034.

Conditions météorologiques

Printemps 2022

La campagne printanière a été marquée par des températures douces et une faible pluviométrie.

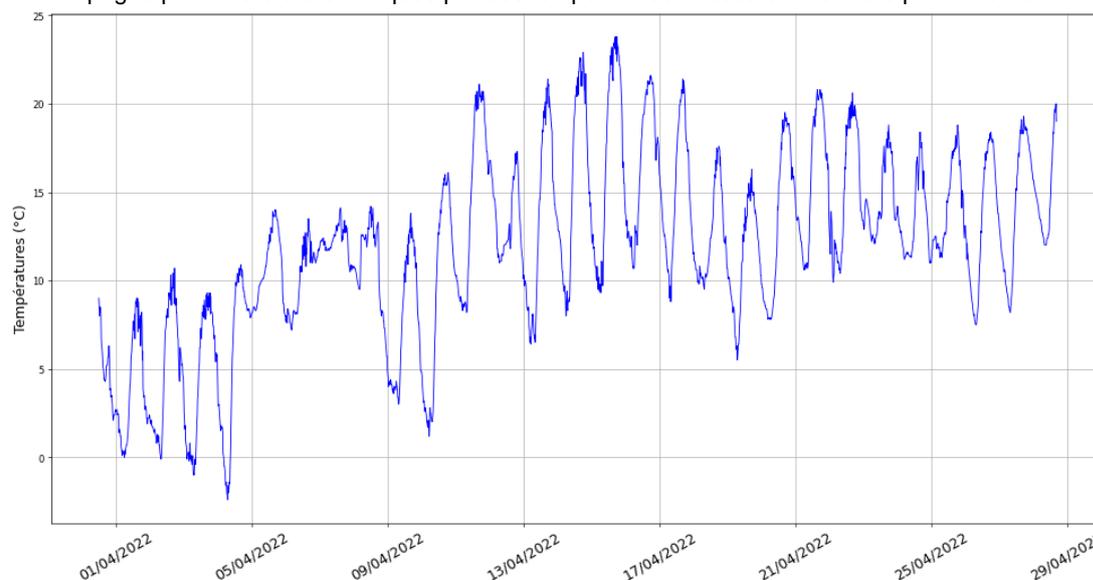


Figure 2 : évolution des températures au cours de la campagne printanière, du 31 mars au 28 avril 2022 (source des données : station Météo-France de Nantes-Atlantique)

Les vents ont été essentiellement de nord et de nord-est, représentatifs de conditions anticycloniques. Cela explique l'absence de précipitations par vents de nord, et de manière générale, le peu de précipitations durant ce mois de mesures.

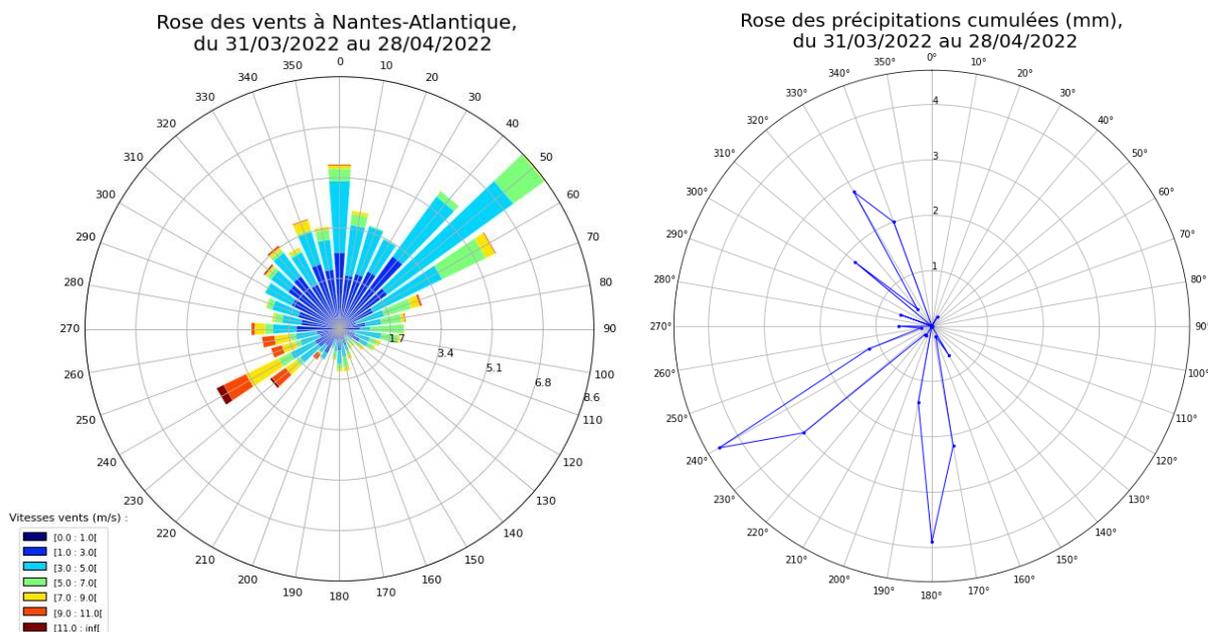


Figure 3 : rose des vents et des précipitations au cours de la campagne printanière, du 31 mars au 28 avril 2022 (source des données : station Météo-France de Nantes-Atlantique)

Le site de la Gendarmerie de Couëron, sous les vents de l'UVE pour des directions de vent compris entre 210 et 240°N, est exposé aux émissions de l'UVE durant 9,8 % du temps de la campagne printanière. Ces directions étaient caractérisées par de faibles précipitations durant le mois d'avril (8 mm).

Le site de Saint-Jean-de-Boiseau est situé sous les vents de l'UVE pour des vents compris entre 40°N et 50°N. Ces vents ont représenté 14,2 % du temps de la campagne printanière. Ces directions étaient caractérisées par une absence de précipitations et par des conditions anticycloniques, favorables à l'accumulation des polluants.

Hiver 2022-2023

La campagne hivernale a été caractérisée par des températures douces pour la période et des vents de sud et sud-ouest, plaçant le site de la Gendarmerie favorablement sous les vents en provenance de l'UVE. La pluviométrie a été plus élevée durant cette seconde période (70 mm au total) par comparaison à la première période (26 mm au total).

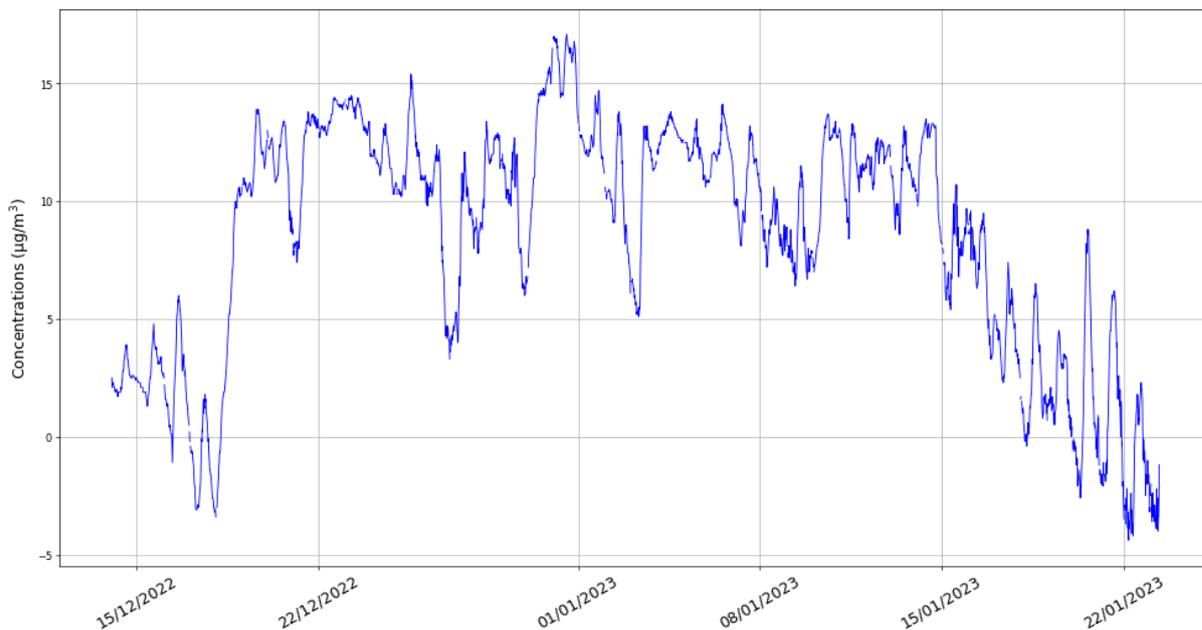


Figure 4 : évolution des températures au cours de la campagne hivernale, du 14 décembre 2022 au 23 janvier 2023 (source des données : station Météo-France de Nantes-Atlantique)

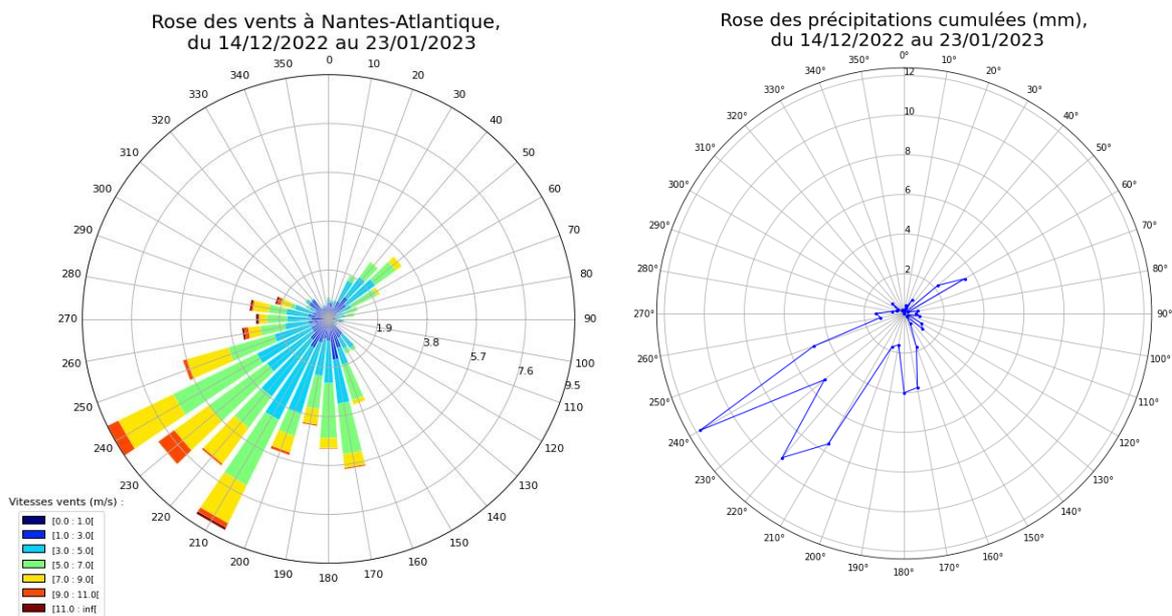


Figure 5 : rose des vents et des précipitations au cours de la campagne hivernale, du 14 décembre 2022 au 23 janvier 2023 (source des données : station Météo-France de Nantes-Atlantique)

Le site de la Gendarmerie à Couëron a été sous les vents de l'UVE (compris entre 210°N et 240°N) durant 28 % du temps de la campagne hivernale (hors période de coupure électrique). Les conditions météorologiques étaient pluvieuses dans ces directions (34 mm), donc favorables au lessivage des polluants.

Le site de Saint-Jean-de-Boiseau a quant à lui été sous les vents de l'UVE (compris entre 40°N et 50°N) durant 6 % du temps de la campagne hivernale et a été caractérisé par une quasi-absence de précipitations (2 mm).

Les roses des vents détaillées par semaine, pour chaque campagne, sont présentées en annexe 3.

Mesures de retombées totales

Dépôts de dioxines et furanes

Après la collecte, les échantillons d'eaux de pluie sont envoyés en laboratoire afin de mesurer leur contenu en dioxines et furanes. Cette mesure est réalisée par chromatographie en phase gazeuse à haute résolution (HRGC) suivie d'une spectrométrie de masse à haute résolution (HRMS), et porte sur la quantification de 7 dioxines et de 10 furanes différentes, appelées des congénères.

En raison des différentes toxicités pour l'homme de ces différents congénères, il ne serait pas pertinent de comparer directement les quantités de chacun d'entre eux. C'est pourquoi des facteurs de toxicité équivalente sont définis, permettant de mettre tous ces congénères sur la même échelle en termes d'impact sanitaire. Par exemple la dioxine 1,2,3,4,7,8-Hexachloro-Dibenzo-Dioxine étant, à masse égale, 10 fois moins toxique pour l'homme que la 2,3,7,8-Tetrachloro-Dibenzo-Dioxine – qui sert de référence dans cette échelle de toxicité équivalente – la quantité (en masse) de la première dans l'échantillon sera divisée par 10 afin que les deux composés puissent être comparés. L'utilisation de ces facteurs permet par ailleurs de calculer une toxicité équivalente totale de l'échantillon en sommant les contributions des 17 composés.

De plus, les résultats sont normalisés par la durée d'exposition des jauges ainsi que par la surface de collecte dans le but de comparer différentes campagnes et différents sites entre eux.

Résultats

Le tableau ci-dessous présente les résultats de retombées totales de dioxines et furanes, par site, et par phase de campagne, exprimés en toxicité équivalente totale :

	Gendarmerie	Hauray	Saint-Jean-de-Boiseau	Basse-Indre
Toxicité équivalente totale (I-TEQ) en pgéq/m²/jour (été)	1,02	1,08	1,04	1,29
Toxicité équivalente totale (I-TEQ) en pgéq/m²/jour (hiver)	1.13	1,05	1,04	1,44

Tableau 7 : toxicité équivalente totale pour chaque site de la campagne 2022

Les graphiques ci-dessous présentent de manière plus détaillée les toxicités équivalentes totales en dioxines et en furanes, par site, et par phase de campagne :

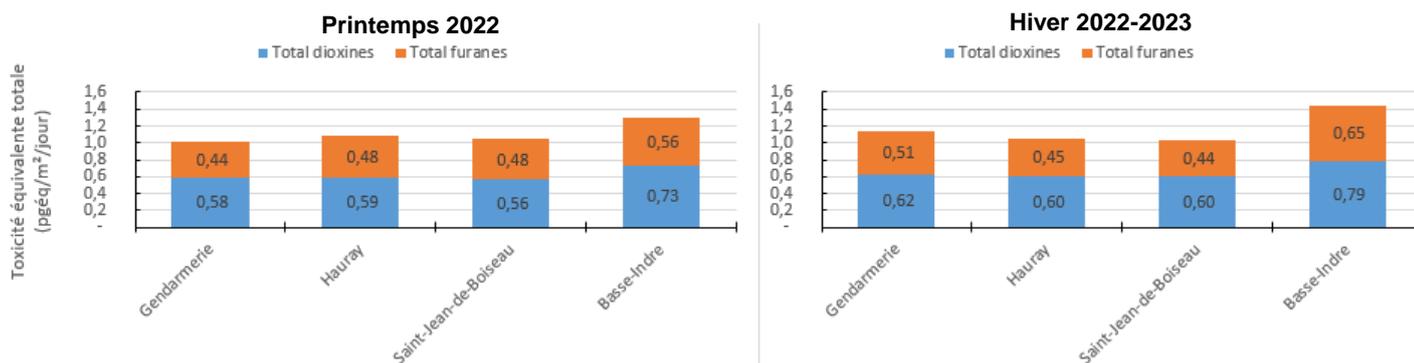


Figure 6 : toxicité équivalente des dioxines et furanes mesurés sur chaque site, au cours des 2 phases de la campagne 2022

Les résultats montrent :

- Des niveaux compris entre 1,02 et 1,29 pgéq/m²/jour pour la campagne printanière, et entre 1,04 et 1,44 pgéq/m²/jour pour la campagne hivernale, selon les sites ;
- Des niveaux homogènes sur les sites localisés dans les retombées maximales d'Arc-en-Ciel 2034 et les sites témoins.

Les niveaux de dioxines sont supérieurs aux niveaux de furanes sur l'ensemble des sites et sur les deux périodes. Or, les rapports d'autocontrôle en sortie de cheminée de l'UVE montrent une faible proportion de dioxines dans les rejets.

L'ensemble de ces éléments suggère l'absence d'influence de l'UVE sur les retombées atmosphériques de dioxines et furanes dans son environnement.

Historique

Les toxicités équivalentes totales relevées en 2022 sont légèrement inférieures à celles relevées en 2021 (-18 % en moyenne), mais restent dans le même ordre de grandeur que celles relevées depuis 2014.

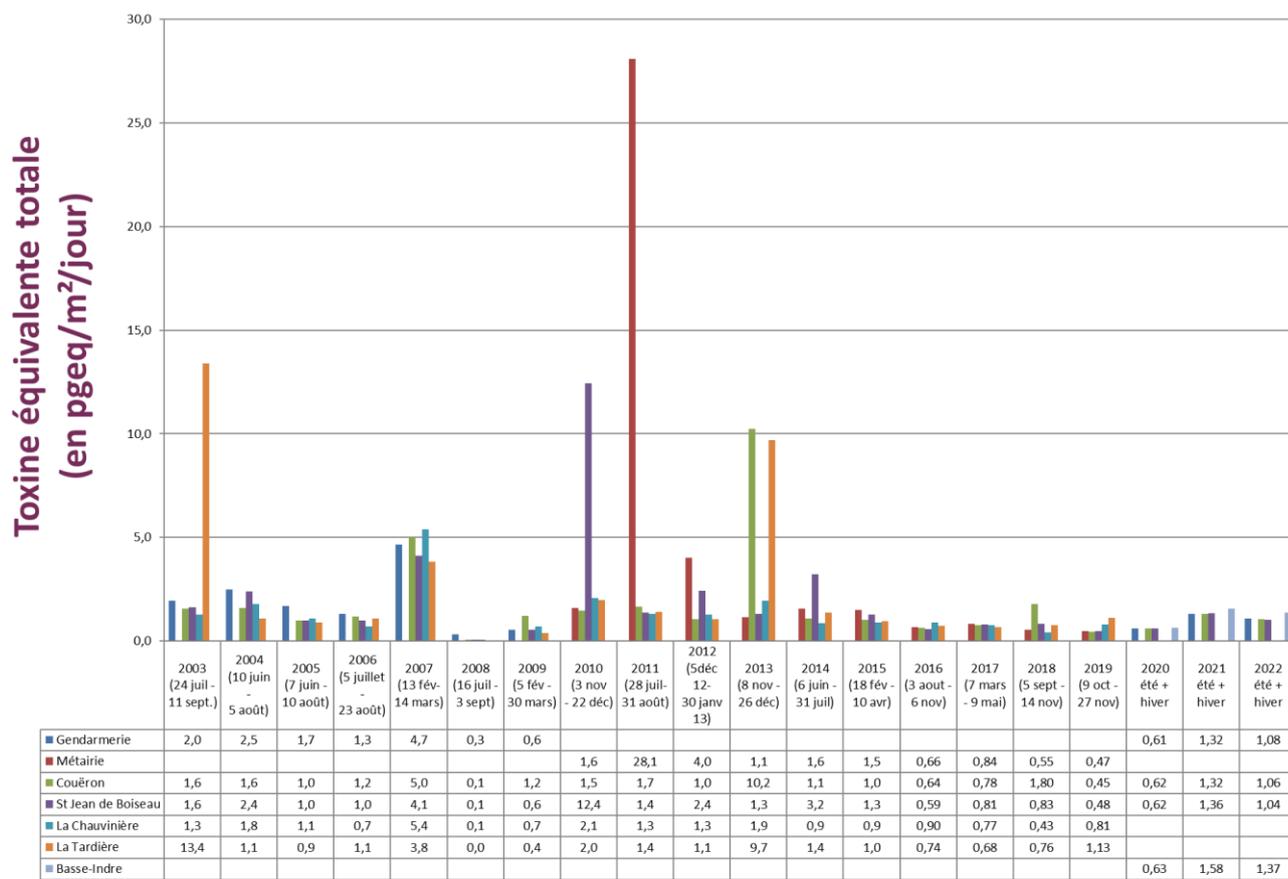


Figure 7 : évolution des retombées en dioxines et furanes autour d'Arc-en-Ciel 2034 depuis 2003

Aucune influence de l'UVE n'avait été établie les années précédentes sur les retombées de dioxines et furanes. Les mesures 2022 s'inscrivent dans cet historique et confortent cette conclusion.

Dépôts de métaux lourds

Les métaux lourds Arsenic, Cadmium, Plomb, Nickel, Cobalt, Antimoine, Manganèse, Vanadium et Mercure ont été mesurés dans les retombées atmosphériques, et sont donc exprimés en quantité par unité de surface de collecte et par jour d'exposition.

Les graphiques ci-dessous présentent les résultats de mesure de retombées moyennes de métaux sur les trois sites dans l'environnement de l'UVE, durant la campagne printanière et hivernale de 2022.

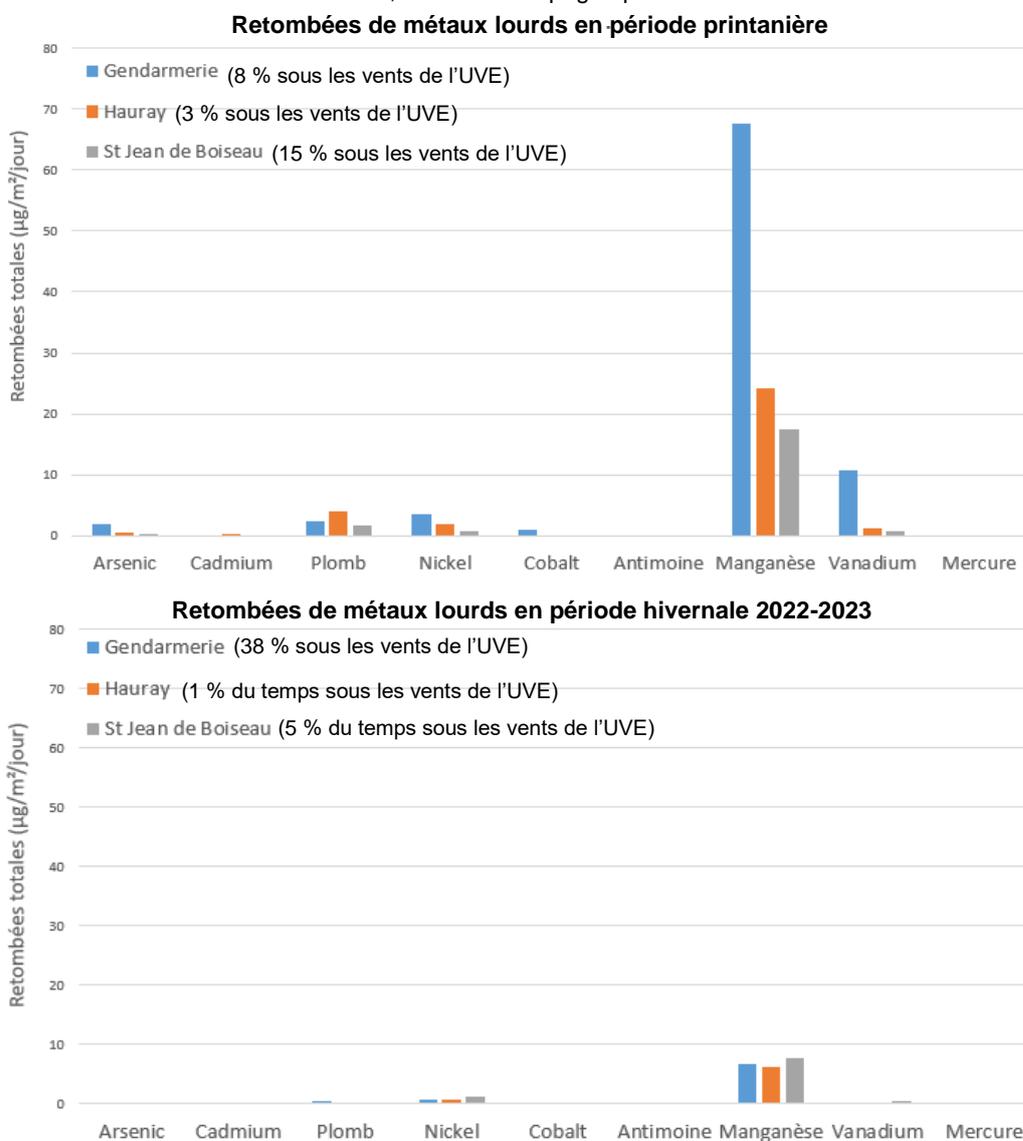


Figure 8 : dépôts des métaux lourds arsenic (As), cadmium (Cd), plomb (Pb), nickel (Ni), cobalt (Co), antimoine (Sb), manganèse (Mn), vanadium (V) et mercure (Hg), au cours des 2 phases de la campagne 2022

Les résultats montrent :

- Pour l'été et l'hiver, quel que soit le pourcentage de temps d'influence de l'UVE sur les différents sites, les niveaux de métaux lourds (excepté le manganèse et le vanadium) sont de même ordre de grandeur entre les sites ;
- Au printemps, les mesures de manganèse et de vanadium réalisées sur le site de la Gendarmerie sont supérieures aux autres sites de mesure, or ce site est moins influencé par des vents provenant de l'UVE qu'à Saint-Jean-de-Boiseau (8 % du temps à la Gendarmerie contre 15 % du temps à Saint-Jean-de-Boiseau). Cette constatation avait également été faite en 2021. Cela suggère que les émissions d'Arc-en-Ciel 2034 ne sont pas responsables des niveaux de concentrations plus élevées en Manganèse et en Vanadium enregistrés durant cette période ;
- En hiver, les mesures de manganèse effectuées sur les trois sites sont du même ordre de grandeur, alors que le site de la Gendarmerie est sous l'influence de l'UVE durant 38 % du temps (contre respectivement 5 % et 1 % du temps à Saint-Jean-de-Boiseau et à Hauray). Cela suggère que l'UVE n'a pas d'impact sur les teneurs en manganèse durant la période hivernale ;
- Les concentrations en manganèse et vanadium en période printanière sont supérieures à celles enregistrées en période hivernale sur le site de la Gendarmerie, alors que ce site a été près de 5 fois moins souvent sous les vents de l'UVE durant la période printanière (8 % du temps au printemps contre 38 % du temps en hiver). Cela conforte que les niveaux plus élevés enregistrés lors de la période printanière ne sont pas liés aux émissions de l'UVE ;
- Les niveaux en Vanadium et en Manganèse enregistrés durant la période printanière sont à rapprocher avec une activité parasite à proximité du site de la Gendarmerie ;
- À partir des 2 mois de mesure au total, une forte probabilité de respect en moyenne annuelle des valeurs limites et objectif de qualité pour le plomb, et des valeurs cibles pour l'arsenic, le cadmium et le nickel.

Comparaison aux valeurs historiques

Les flux de dépôts de métaux en 2022 sont légèrement inférieurs à ceux relevés en 2021, notamment pour le manganèse et le vanadium. Les flux relevés sont toutefois dans les mêmes ordres de grandeur que ceux observés en zone rurale.

Les niveaux relevés à proximité d’Arc-en-Ciel 2034 sont inférieurs aux valeurs réglementaires existantes en Allemagne et en Suisse concernant l’arsenic, le cadmium, le nickel et le plomb.

L’ensemble de ces observations suggère que l’UVE n’a pas d’incidence spécifique sur l’exposition aux retombées de métaux lourds dans son environnement.

Flux de dépôt de métaux ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)	Zone rurale*	Zone urbaine*	Arc-en-Ciel 2034 hiver 2019	Arc-en-Ciel 2034 (été + hiver) 2020	Arc-en-Ciel 2034 (été + hiver) 2021	Arc-en-Ciel 2034 (été + hiver) 2022	Valeurs réglementaires allemandes et suisses
Arsenic	0,6 – 0,7	0,05 – 1,3	0,4 – 0,5	0,1 – 0,7	0,1 – 0,7	0,3 – 2,0	4
Cadmium	0,2 – 0,9	0,3 – 3,0	0,3 – 0,5	0,05 – 0,13	0,05 – 1,2	< LQ	2
Cobalt				0,1 – 0,6	0,1 – 2,2	1,0	
Manganèse	7,2 - 14,7	8,5 – 24,6	8,1 – 12,6	2,2 – 18,2	3,2 – 98,8	6,1 – 67,6	
Nickel	1,6 – 3,7	1,0 – 22,9	1,6	0,9 – 1,8	0,5 – 4,5	0,6 – 3,5	15
Plomb	3,3 – 10,3	0,4 – 106	1,2 – 1,4	0,1 – 8,2	0,1 – 10,5	0,02 – 3,9	100
Vanadium				0,6 – 1,6	0,1 – 16,2	0,1 – 10,6	
Antimoine				0,1 – 1,4	< LQ	< LQ	
Mercure				< LQ	< LQ	< LQ	

Tableau 8 : flux moyen de dépôt total de métaux recensés dans la littérature^{1 à 13}, et valeurs de référence en Allemagne et en Suisse (définies en moyennes annuelles)

* études menées en France et dans d’autres pays

¹ Garnaud, “Transfert et évolution géochimique de la pollution métallique en bassin versant, Thèse de doctorat de l’Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris,” 1999,

³ P, Rossini, S, Guerzoni, E, Molinaroli, G, Rampazzo, A, De Lazzari, and Z, A., “Atmospheric bulk deposition to the lagoon of Venice,” *Environmental International*, vol, 31, pp, 959–974, 2005,

⁴ R, Huston, Y, Chan, T, Gardner, G, Shaw, and H, Chapman, “Characterisation of atmospheric deposition as a source of contaminants in urban rainwater tanks,” *Water Research*, vol, 43, pp, 1630–1640, 2009,

⁵ C, Wong, X, Li, G, Zhang, S, Qi, and X, Peng, “Atmospheric deposition of heavy metals in the Pearl River Delta, China,” *Atmospheric Environment*, vol, 37, pp, 767–776, 2003,

⁶ S, Azimi, “Sources, flux et bilan des retombées atmosphériques de métaux en Ile-de-France, Thèse de doctorat de l’Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris,” 2004,

⁷ L, Sabin, J, Lim, K, Stolzenbach, and K, Schiff, “Contribution of trace metals from atmospheric deposition to stormwater runoff in a small impervious urban catchment,” *Water Research*, vol, 39, pp, 3929–3937, 2005,

⁸ Air Pays de la Loire, “évaluation de la qualité de l’air dans l’environnement de l’UVE Arc-en-Ciel, campagne 2015,” septembre 2015,

⁹ Ascoparg, Coparly, and Sup’air, “Plan de surveillance dioxines et métaux lourds : mesures de métaux lourds dans les retombées atmosphériques 2006-2007,”

¹⁰ Air Languedoc-Roussillon, “Surveillance de l’environnement de l’incinérateur de Lunel-Viel, Bilan 2006 – Résumé,” 2006,

¹¹ V, Sandroni and C, Migon, “Atmospheric deposition of metallic pollutants over the ligurian sea : labile and residual inputs,” *Chemosphere*, vol, 47, pp, 753–764, 2002,

¹² J, Injuk, R, Van Grieken, and G, De Leeuw, “Deposition of atmospheric trace elements into the North Sea: coastal, ship, platform measurements and model predictions,” *Atmospheric environment*, vol, 32, pp, 3011–3025, 1997,

¹³ Air Pays de la Loire, “Evaluation de la pollution atmosphérique du quartier Pin Sec à Nantes, rapport d’étude, sous presse,” 2009,

Mesures de concentrations atmosphériques

Acide chlorhydrique en phase gazeuse

Résultats

Le tableau suivant présente l'évolution des concentrations en acide chlorhydrique relevée au cours de la séquence printanière, puis hivernale, sur les 3 sites de mesure.

Printemps 2022	Gendarmerie $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (% sous les vents)	Hauray $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (% sous les vents)	Saint-Jean de Boiseau $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (% sous les vents)
Moyenne	0,48 (7 %)	0,43 (4 %)	0,47 (14 %)
Semaine 1	0,27 (21 %)	0,25 (0 %)	0,54 (5 %)
Semaine 2	0,64 (6 %)	0,47 (9 %)	0,43 (2 %)
Semaine 3	0,47 (0 %)	0,43 (2 %)	0,41 (15 %)
Semaine 4	0,53 (2 %)	0,57 (3 %)	0,49 (32 %)

Hiver 2022-2023	Gendarmerie $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (% sous les vents)	Hauray $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (% sous les vents)	Saint-Jean de Boiseau $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (% sous les vents)
Moyenne	0,07 (34 %)	0,37 (1 %)	0,18 (6 %)
Semaine 1	0,16 (5 %)	0,50 (1 %)	0,06 (24 %)
Semaine 2	0,01 (53 %)	0,17 (1 %)	0,46 (1 %)
Semaine 3	/	0,15 (0 %)	0,10 (0 %)
Semaine 4	0,09 (44 %)	0,65 (0 %)	0,09 (0 %)
Semaine 5	0,04 (34 %)	/	/

Tableau 9 : évolution des concentrations atmosphériques en acide chlorhydrique, au cours de la phase printanière (en haut) et de la phase hivernale (en bas) de la campagne de mesure de 2022. Le pourcentage de temps où chaque site était sous les vents de l'UVE par semaine est indiqué entre parenthèses

Les concentrations relevées au printemps sont supérieures à celles relevées en hiver, de l'ordre de + 0,39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site de la Gendarmerie, de + 0,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site d'Hauray, et de + 0,29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à Saint-Jean-de-Boiseau. Ce constat est similaire à celui posé en 2021. Cette différence peut s'expliquer par les conditions plus sèches en avril 2022 (26 mm de pluie) par rapport à décembre 2022 (70 mm de pluie), qui ont empêché un lessivage efficace du HCl contenu dans l'air au cours de la campagne printanière. Les concentrations relevées sur les sites le plus souvent sous influence de l'UVE sont du même ordre de grandeur, voire inférieures à celles relevées sur les sites non-influencés. Cela suggère l'absence d'impact des émissions d'Arc-en-Ciel 2034 sur les concentrations mesurées en HCl sur l'ensemble des sites de mesure.

Par ailleurs, les concentrations sont faibles au regard de la valeur toxicologique de référence de l'OEHHA (2000), fixée à 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

Influence de l'UVE sur les concentrations en HCl

Le graphique ci-dessous montre la relation entre les concentrations hebdomadaires relevées en acide chlorhydrique sur les 3 sites, et le pourcentage de temps où chacun des sites a été sous les vents de l'UVE. Il en ressort qu'aucune corrélation ne se distingue entre les concentrations et le temps passé sous influence de l'industrie. Cela indique l'absence d'influence décelable des émissions de l'UVE sur les teneurs en HCl mesurées à proximité.

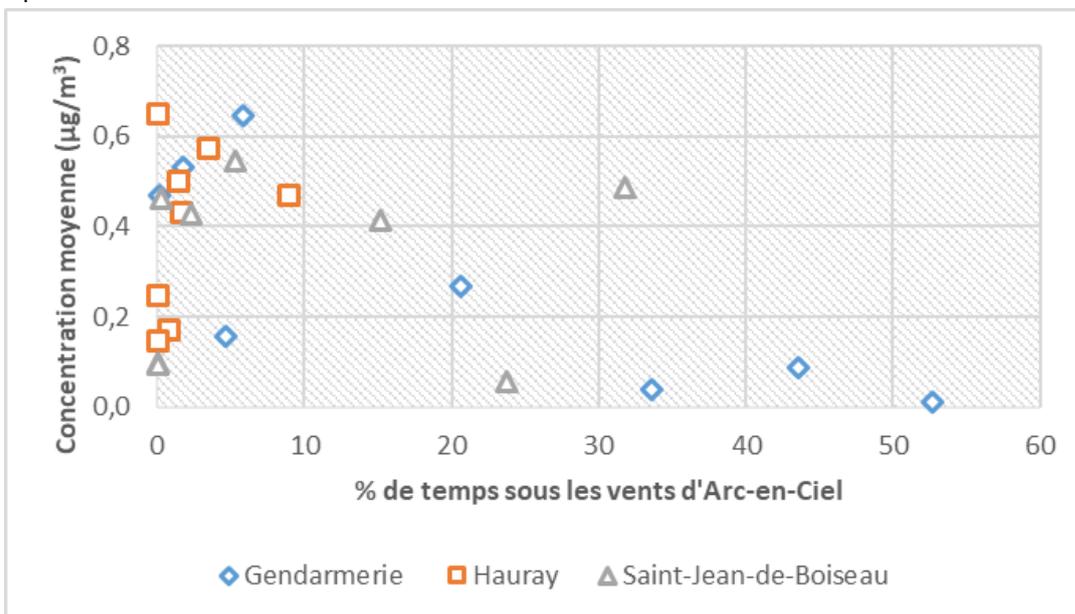


Figure 9 : corrélation entre les concentrations moyennes en acide chlorhydrique en phase gazeuse et le pourcentage de temps passé sous les vents d'Arc-en-Ciel 2034 pour chacun des sites, sur les 8 semaines de mesure

Historique

Les niveaux d'acide chlorhydrique en moyenne en 2022 (entre 0,28 et 0,40 µg/m³ en moyenne selon les sites) s'inscrivent dans les mêmes niveaux que ceux relevés en 2018, et sont légèrement supérieurs à ceux relevés en 2021. Cela peut s'expliquer par une pluviométrie plus faible qu'en 2021. L'influence de l'UVE ayant été écartée les années précédentes, cela conforte la conclusion qu'Arc-en-Ciel 2034 n'aurait pas d'incidence sur les teneurs en acide chlorhydrique relevé à Couëron.

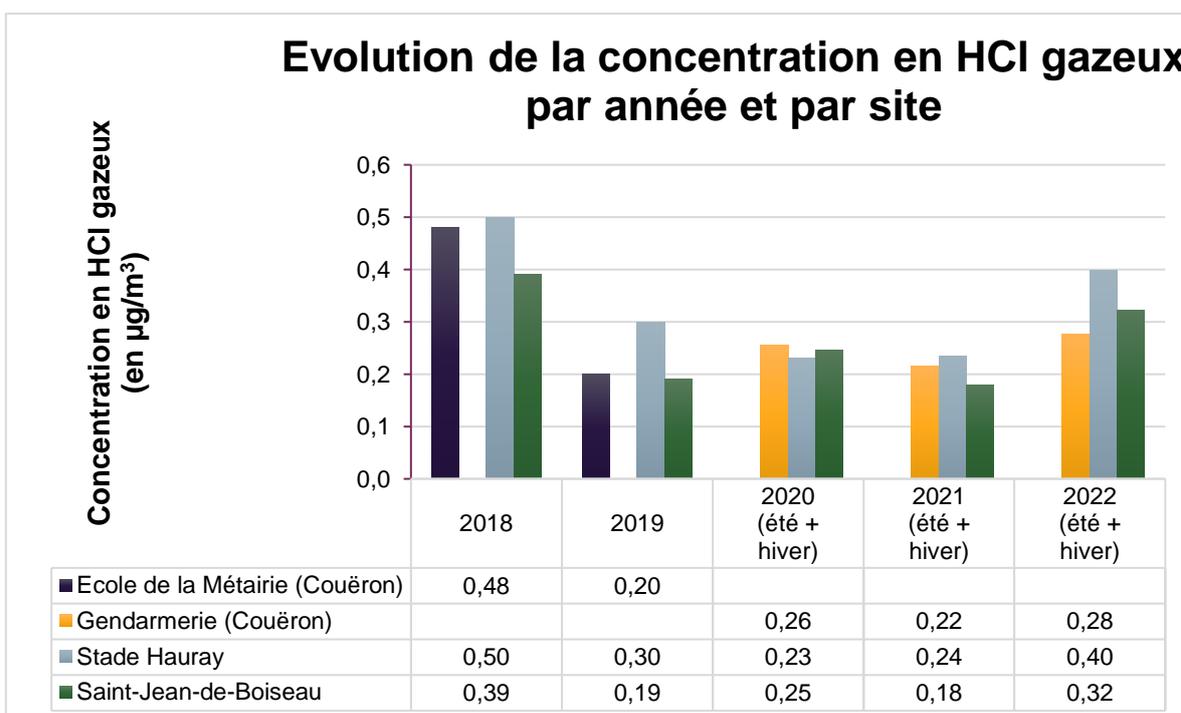


Figure 10 : historique des concentrations en acide chlorhydrique gazeux depuis 2018, sur 3 sites autour d'Arc-en-Ciel 2034. Le site de la Gendarmerie à Couëron a remplacé, depuis 2020, le site de l'école de la Métairie

Acide fluorhydrique dans l'air

Méthodologie

L'acide fluorhydrique a été prélevé à l'aide de tubes à diffusion passive Radiello code 166, avec une fréquence hebdomadaire, puis envoyé en laboratoire pour l'analyse chimique. Chaque mesure est donc une concentration moyenne sur 7 jours.

Pour chacun des sites étudiés (2 sous influence de l'UVE, et 2 hors-influence utilisés comme sites témoins), les tubes sont installés en doublon afin d'attester de la représentativité des mesures, et un blanc de terrain est réalisé.

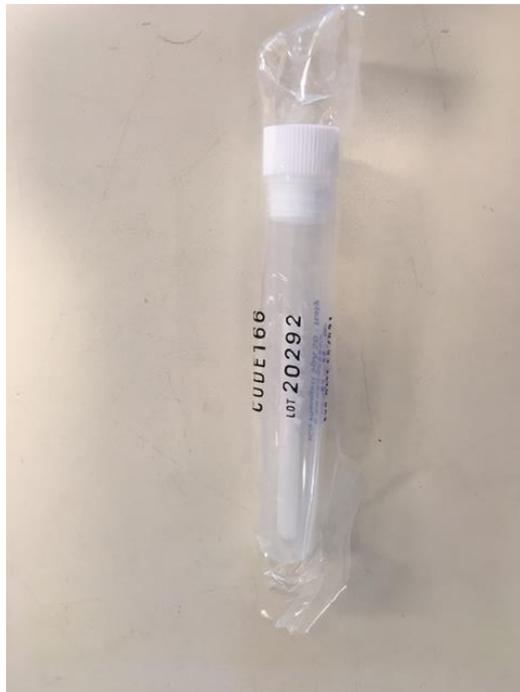


Figure 11 : boîte d'exposition des tubes, placé dans un corps diffusif bleu Radiello à l'aide d'un support triangulaire (à gauche). Tubes Radiello code 166 à usage unique (à droite)

Résultats

L'ensemble des mesures de concentrations en acide fluorhydrique, au printemps comme en hiver, sont inférieures aux limites de détection de l'appareil ($< 0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$) quel que soit le site considéré, qu'il soit exposé aux vents en provenance d'Arc-en-Ciel 2034 ou non. De ce fait, l'influence de l'UVE ne peut être établie pour ce polluant. Ce constat avait déjà été fait en 2020 et en 2021. De ce fait, **Air Pays de la Loire ne préconise pas la reconduction de ces mesures à l'avenir.**

Métaux lourds dans l'air

Parmi les métaux mesurés, seuls le plomb, l'arsenic, le cadmium et le nickel sont réglementés dans l'air ambiant

- **Pour le plomb** : une **valeur limite** de 500 ng/m³ et un **objectif de qualité** de 250 ng/m³ en moyenne annuelle ;
- **Pour l'arsenic**, une **valeur cible** de 6 ng/m³ en moyenne annuelle ;
- **Pour le cadmium**, une **valeur cible** de 5 ng/m³ en moyenne annuelle ;
- **Pour le nickel**, une **valeur cible** de 20 ng/m³ en moyenne annuelle.

Méthodologie

La concentration de l'air en métaux lourds est déterminée en aspirant un volume d'air donné au travers d'un filtre qui est ensuite analysé en laboratoire (voir annexe 8 pour les coordonnées du laboratoire) pour y déterminer la quantité d'arsenic, de cadmium, de plomb, de nickel, de chrome, de cuivre et de manganèse. À cette quantité est soustrait un blanc, mesuré sur un filtre non exposé.

Les mesures seront mises en perspectives avec les valeurs réglementaires présentées ci-dessous. Les valeurs réglementaires étant calculées sur une année civile, une comparaison stricte des niveaux enregistrés sur les 8 semaines ne peut être établie.

Métal	Valeur réglementaire Moyenne annuelle (ng/m ³)	Réglementation
arsenic As	6	Décret 2010-1250
cadmium Cd	5	Décret 2010-1250
nickel Ni	20	Décret 2010-1250
plomb Pb	250 (objectif de qualité)	Décret 2010-1250
cadmium Cd	5	Recommandation OMS
manganèse Mn	150	Recommandation OMS

Tableau 10 : Valeurs réglementaires et cibles pour les métaux dans l'air

Résultats

Les graphiques ci-dessous présentent les résultats des concentrations mesurées dans l'air pour chaque métal, par site, au cours de la campagne printanière puis de la campagne hivernale.

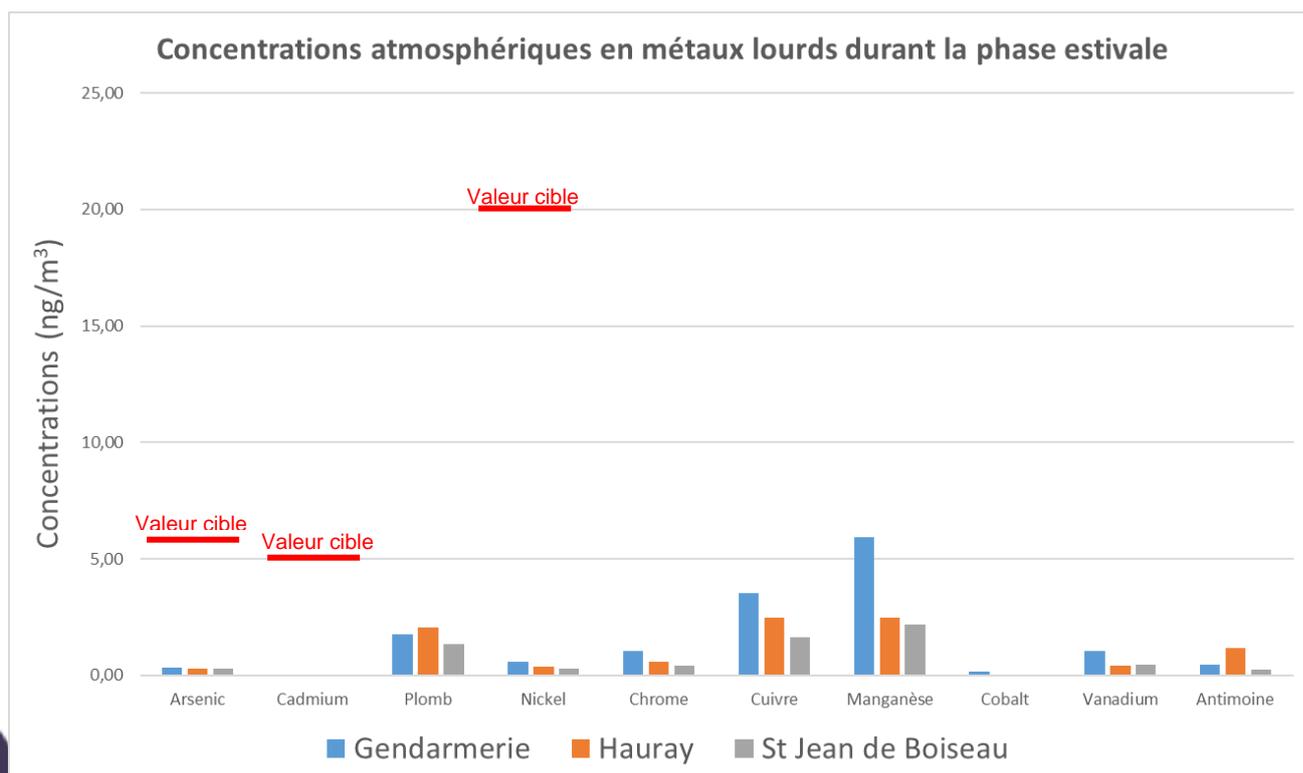


Figure 12 : concentrations moyennes (sur 4 semaines) en métaux lourds mesurées pendant la phase printanière

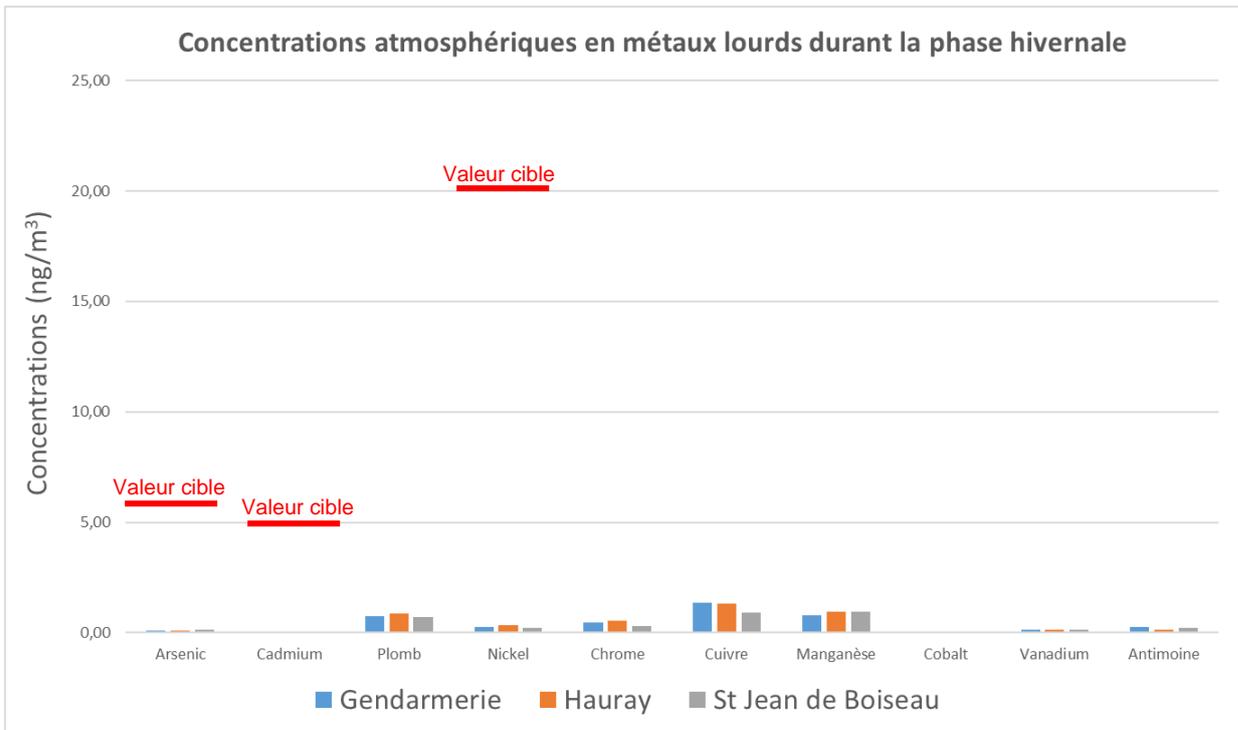
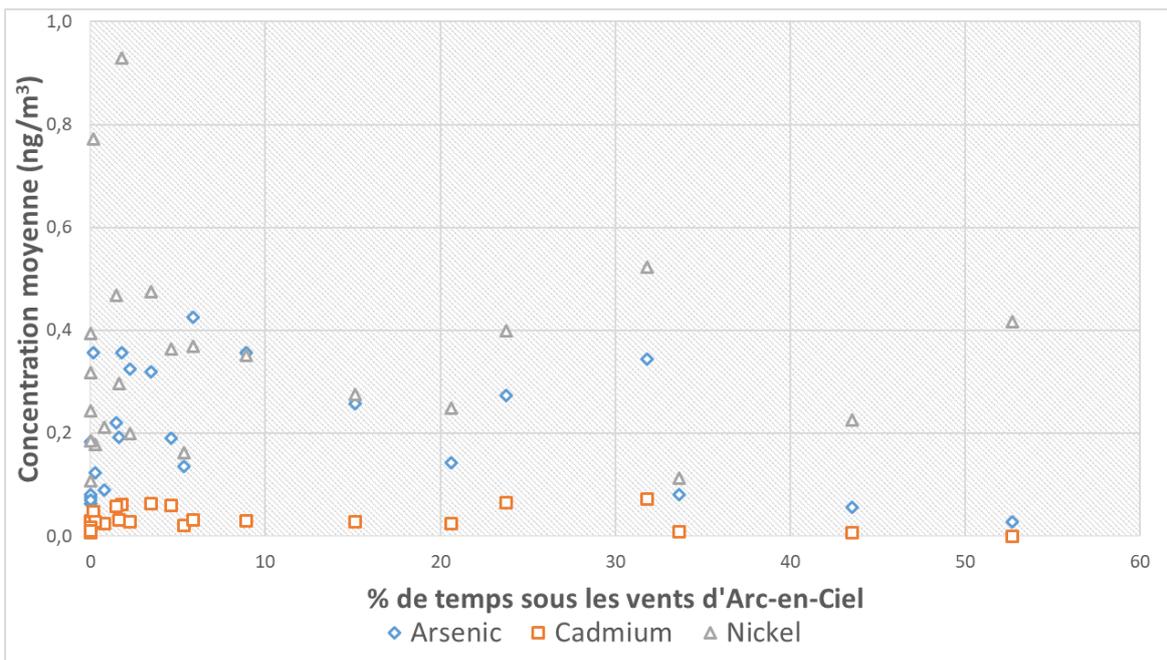


Figure 13 : concentrations moyennes (sur 4 semaines) en métaux lourds mesurées pendant la phase hivernale

Les polluants réglementés (As, Cd, Pb et Ni) enregistrent des concentrations très inférieures aux valeurs cibles (en moyenne entre 30 et 200 fois inférieures aux valeurs cibles selon les polluants), au printemps comme en hiver, sur les 8 semaines de mesure au total. Il est donc considéré comme probable que ces valeurs réglementaires soient respectées sur une année entière. Le manganèse est également inférieur à la valeur guide recommandée par l’OMS.

Influence de l’UVE sur les concentrations en métaux

Les graphiques ci-dessous montrent la relation entre les concentrations hebdomadaires relevées en métaux lourds sur l’ensemble des sites et le pourcentage de temps où les sites ont été sous les vents de l’UVE. Il en ressort qu’aucune corrélation ne se distingue entre les concentrations et le temps passé sous influence de l’industrie, pour l’ensemble des métaux, démontrant l’absence d’influence des émissions d’Arc-en-Ciel 2034 sur les teneurs atmosphériques mesurées à proximité.



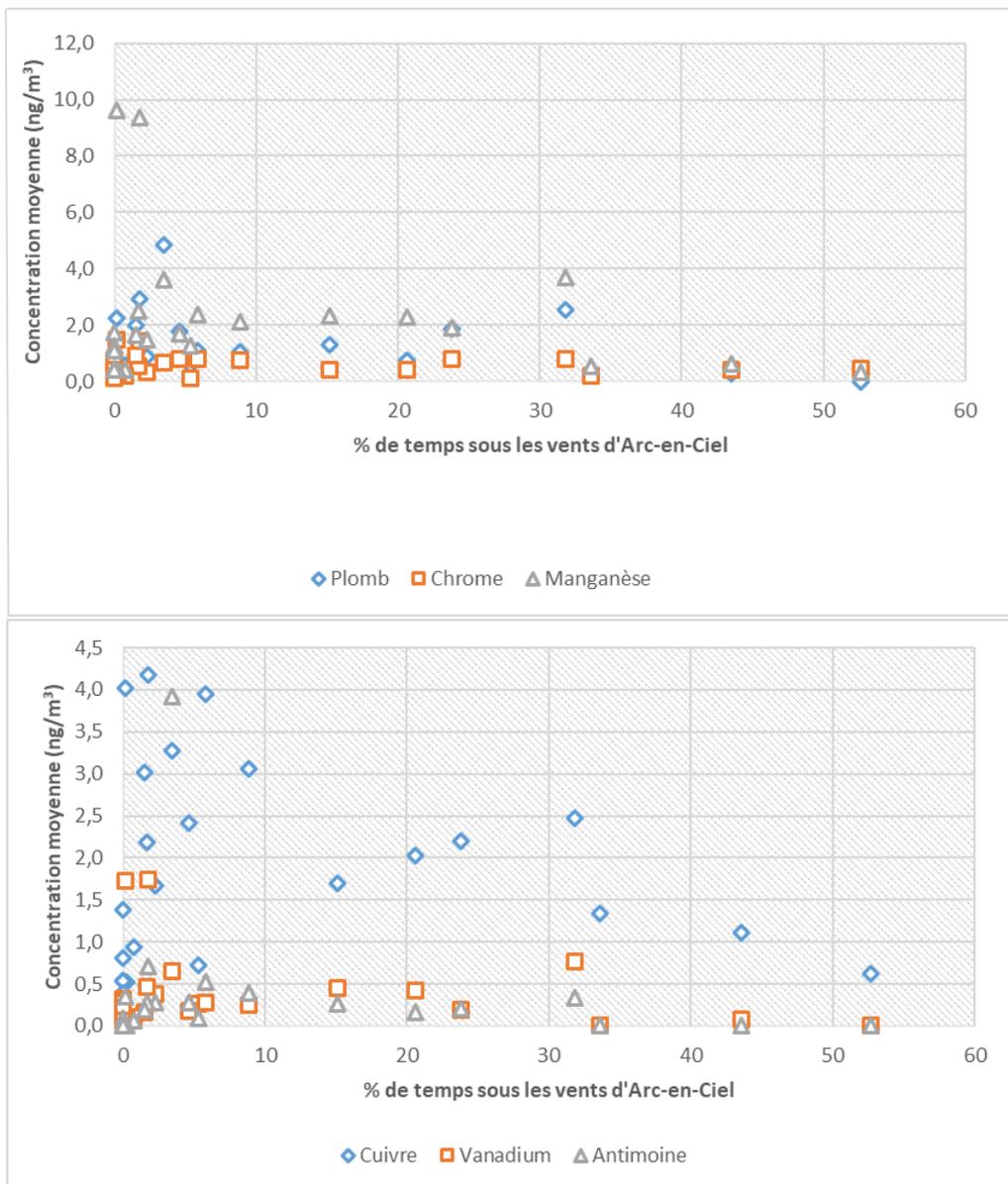


Figure 14 : corrélation entre la concentration moyenne hebdomadaire en métaux lourds sur l'ensemble des sites, et le pourcentage de temps passé sous les vents d'Arc-en-Ciel 2034. En haut : pour l'arsenic, le cadmium et le nickel ; au milieu : pour le plomb, le chrome et le manganèse ; en bas à droite : pour le cuivre, le vanadium et l'antimoine

Toutefois, une étude statistique approfondie (test ANOVA, cf. annexe 9) permet de mettre en évidence une différence significative sur la teneur en cuivre relevée à la Gendarmerie par rapport aux 2 autres sites pour la phase printanière. Dans la mesure où aucune corrélation n'a été démontrée entre la concentration en cuivre et le pourcentage de temps où la Gendarmerie est sous les vents de l'UVE, il en ressort que la différence significative sur cette concentration entre la Gendarmerie et les 2 autres sites relève plutôt d'une influence locale, indépendante d'Arc-en-Ciel 2034. Cette constatation avait également été faite lors de la précédente campagne, en 2021.

Historique

Les mesures de 2022, sur les trois sites, s'inscrivent dans la continuité de l'historique des mesures des dix dernières années, avec des valeurs de même ordre ou inférieures à celles relevées en 2021.

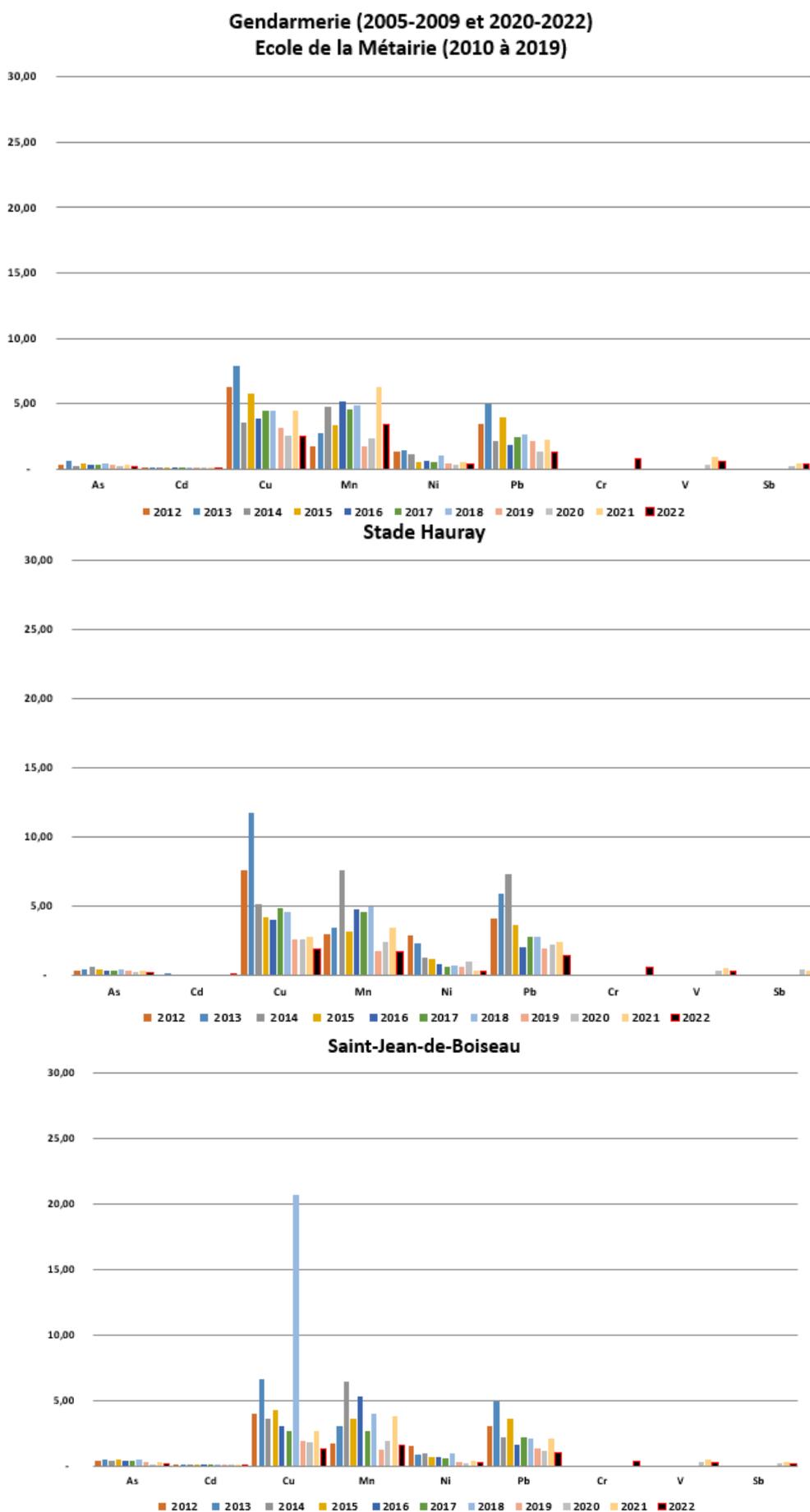


Figure 15 : évolution des concentrations en métaux lourds depuis 2012, pour chaque site autour d'Arc-en-Ciel 2034

Résultats des mesures automatiques

Dioxyde d'azote NO₂

Les concentrations en dioxyde d'azote sont réglementées à 3 niveaux :

- Une **valeur limite en moyenne annuelle** fixée à 40 µg/m³
- Une **valeur limite en moyenne horaire** fixée à 200 µg/m³, à ne pas dépasser plus de 18 heures par an
- Un **seuil d'information et de recommandation** fixée à 200 µg/m³ en moyenne horaire
- À titre d'information, l'OMS (2021) préconise une valeur guide de 25 µg/m³ en moyenne journalière, et 10 µg/m³ en moyenne annuelle

Le tableau ci-dessous résume les principaux résultats des concentrations mesurées au cours de la campagne de mesure hivernale :

	Moyenne (µg/m ³)	Maximum-horaire (µg/m ³)	Maximum journalier (µg/m ³)
Gendarmerie, Couëron	8,9	80,2	30,9
Nantes, Centre	10,0	57,1	32,0
Saint-Etienne-de-Montluc	3,8	18,6	10,4

Les concentrations relevées à Couëron se situent entre celles représentatives du fond urbain (cimetière de la Bouteillerie à Nantes) et celles représentatives du fond rural (Saint-Étienne-de-Montluc). Cette configuration est caractéristique de la localisation du site localisé dans la zone urbanisée de la ville de Couëron.

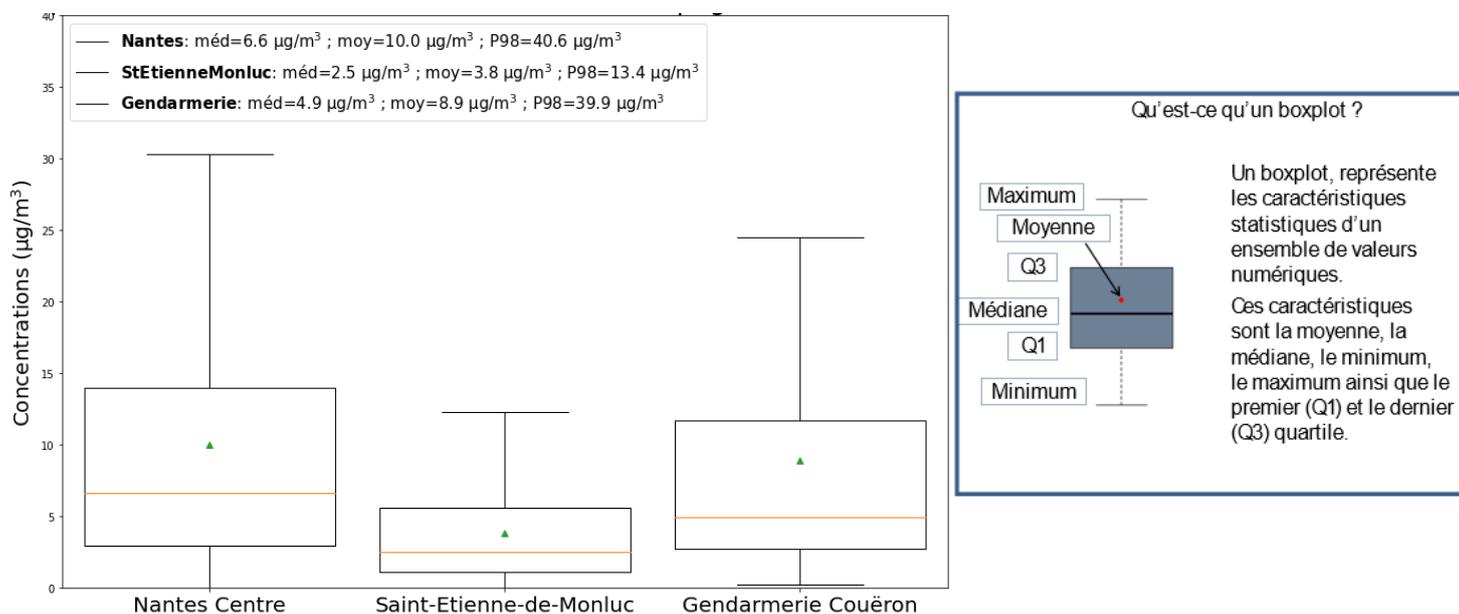


Figure 16 : boxplot des concentrations horaires de NO₂ sur la campagne hivernale 2022, pour chaque site

Avec une concentration horaire maximale de 80,2 µg/m³ relevée à Couëron le 20 janvier 2023, aucune des valeurs maximum-horaires relevées quotidiennement au cours de la campagne sur l'ensemble des sites considérés ne dépasse la valeur limite, fixé à 200 µg/m³ en moyenne horaire.

La valeur guide de l'OMS en moyenne journalière est également respectée à Couëron au cours de la campagne, avec un maximum journalier établi à 30,9 µg/m³ le 20 janvier 2023.

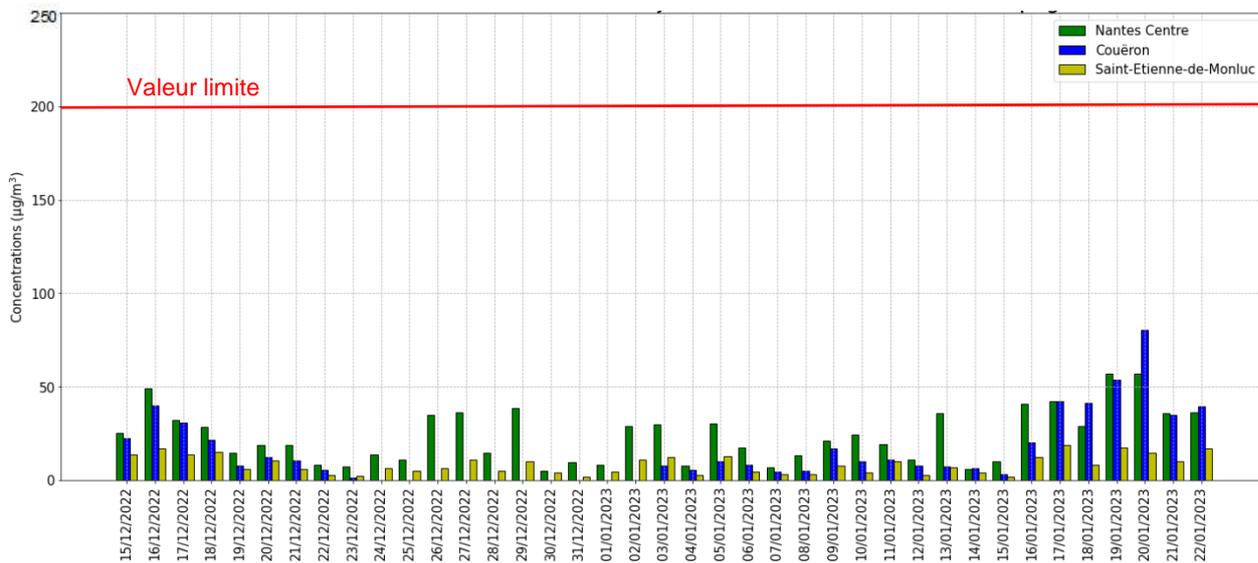


Figure 17 : évolution de la concentration maximum-horaire journalière en NO₂ durant la campagne 2022, pour chaque site, dont 2 non influencés par l'UVE

L'évolution des concentrations de NO₂ à Couëron au cours d'une journée moyenne se comporte de manière similaire à celle relevée en site urbain et en site rural non exposés aux émissions de l'UVE, avec deux pics de concentrations relevés aux heures de maximum de trafic le matin et en fin d'après-midi. Ce comportement traduit donc une incidence du trafic routier sur les teneurs en NO₂ relevées à Couëron. Le profil journalier confirme par ailleurs la situation intermédiaire de Couëron entre un profil de type urbain (Nantes, centre) et un profil de type rural (Saint-Etienne-de-Monluc).

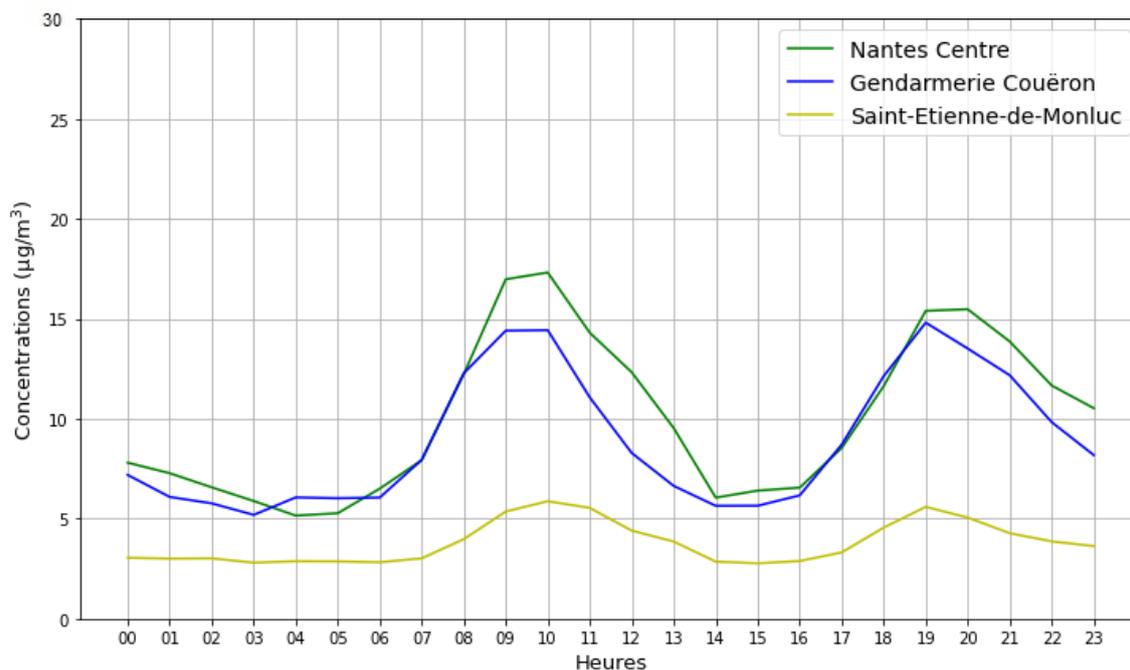


Figure 18 : profil journalier type en concentration horaire de NO₂, pour chaque site

La rose de pollution ne fait apparaître aucune influence de l'UVE sur les concentrations en NO₂ mesurées sur le site de la Gendarmerie.

Méthodologie

La localisation des zones d'émission se base sur l'étude des roses de concentration (roses de pollution) enregistrées sur le site de Couëron.

Ce type de graphique indique les niveaux de polluant en fonction de la direction des vents enregistrés par Météo-France à l'aéroport Nantes-Atlantique. Sur un site donné, il permet de savoir sous quelle direction de vent les niveaux sont les plus élevés et ainsi de localiser les zones d'émissions prépondérantes.

La manière de lire une rose de pollution est la suivante : dans une direction donnée, la longueur de la pale correspond aux niveaux de concentrations relevés lorsque le capteur est exposé à des vents de cette direction.

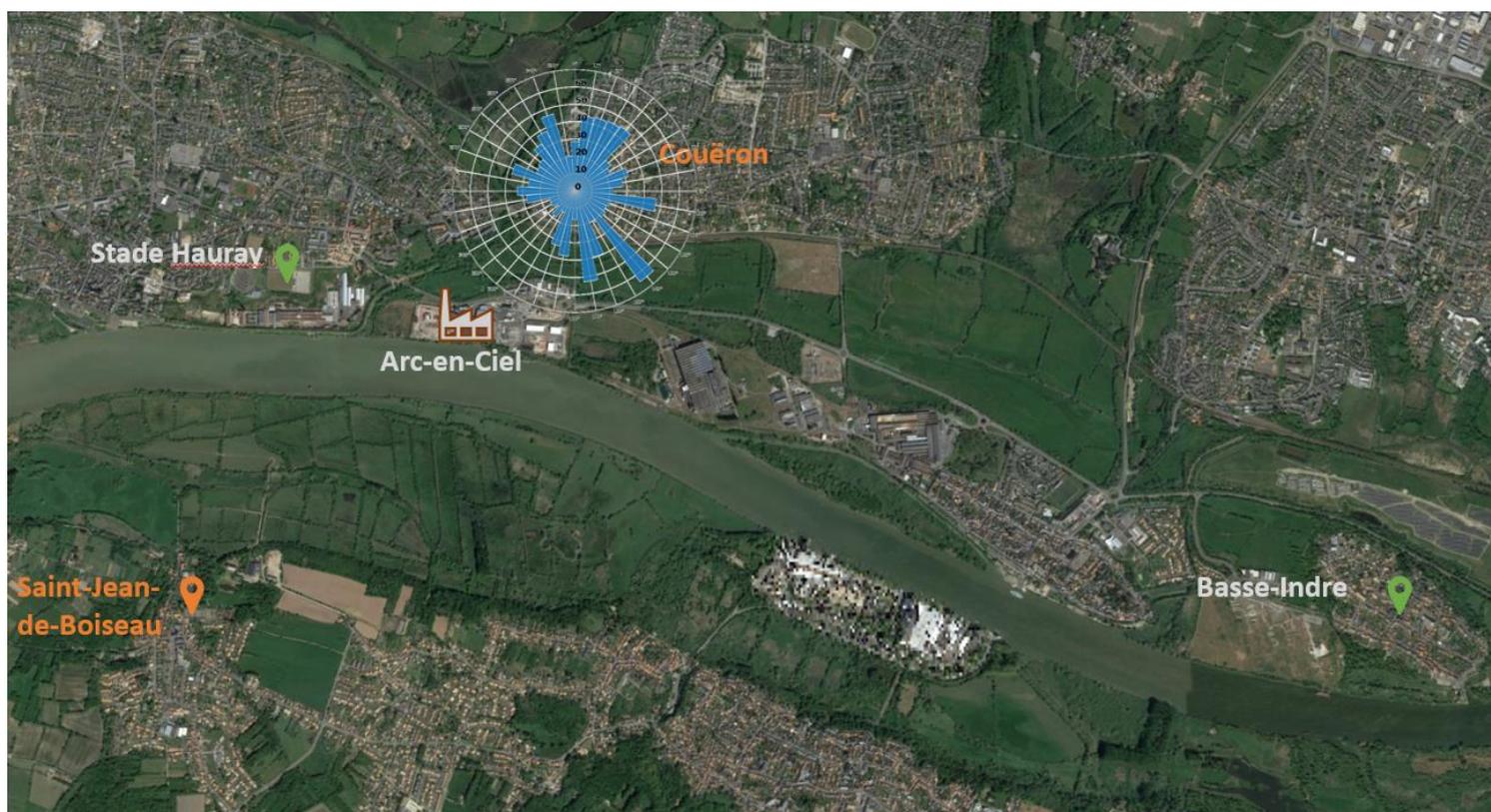
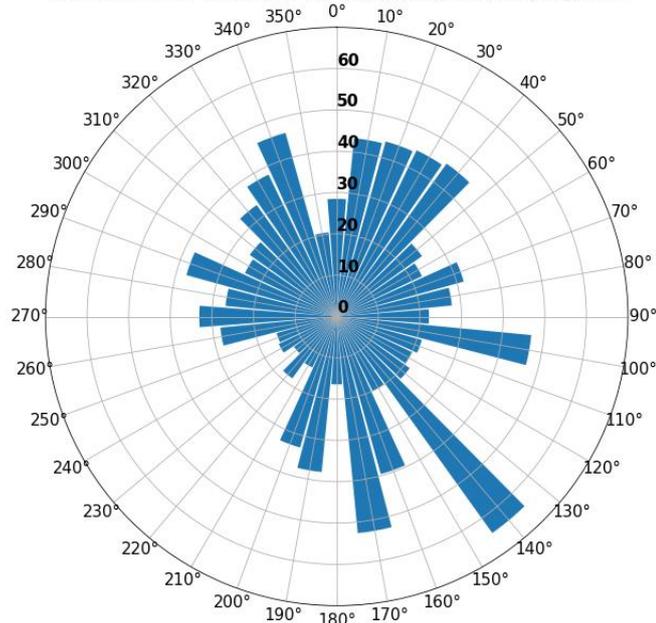


Figure 19 : rose de pollution des concentrations de pointe (P98) en NO₂ mesurées sur le site de la Gendarmerie, à Couëron

Rose de pollution en percentile (P98) du Dioxyde d'azote (NO₂)
Gendarmerie Couëron, du 14/12/2022 au 23/01/2023



Particules fines PM10

Les concentrations en particules fines PM10 sont réglementées en France à 4 niveaux :

- Un **seuil d'information et de recommandation** fixé à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière et d'un **seuil d'alerte** fixé à $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière,
- Cette valeur journalière de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ne doit pas être dépassée plus de 35 jours par an (valeur limite en moyenne journalière),
- La moyenne annuelle de la concentration est elle aussi l'objet d'une **valeur limite**, fixée à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
- Un **objectif de qualité** fixé à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
- À titre d'information, l'OMS (2021) indique une valeur guide de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière, et $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

Le tableau ci-dessous résume les principaux résultats des concentrations en PM10 relevées au cours des 29 jours de la campagne hivernale :

	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum-horaire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum journalier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Gendarmerie, Couëron	15,6	88,7	28,9
Nantes, Centre	14,8	94,9	29,8
Saint-Etienne-de-Montluc	12,6	41,2	24,6

Les concentrations moyennes en PM10 à Couëron sont du même ordre de grandeur que celles relevées au niveau du site urbain (cimetière de la Bouteillerie, Nantes), et supérieures à celles relevées à Saint-Etienne-de-Montluc (fond rural).

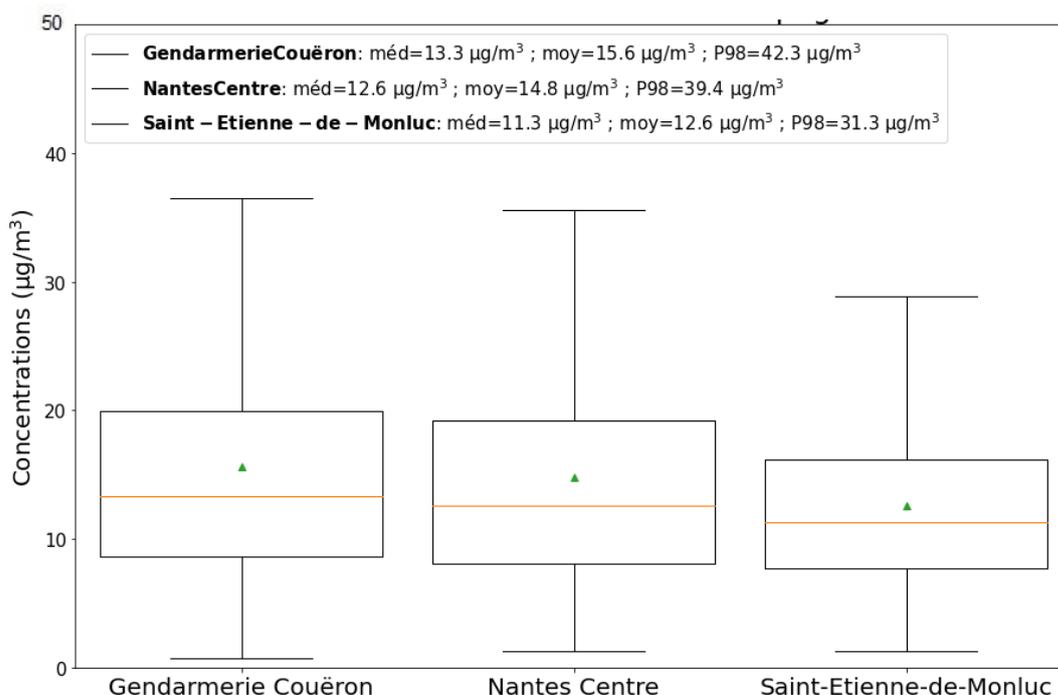


Figure 20 : boxplot des concentrations horaires en particules PM10 durant la campagne de l'hiver 2022, pour chaque site

Avec une valeur maximum journalière de $28,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ relevée à Couëron pour la journée du 17 décembre 2022, aucune des journées au cours de la campagne ne montre un dépassement du seuil d'information et de recommandation, quel que soit le site considéré. La valeur guide de l'OMS en moyenne journalière est également respectée.

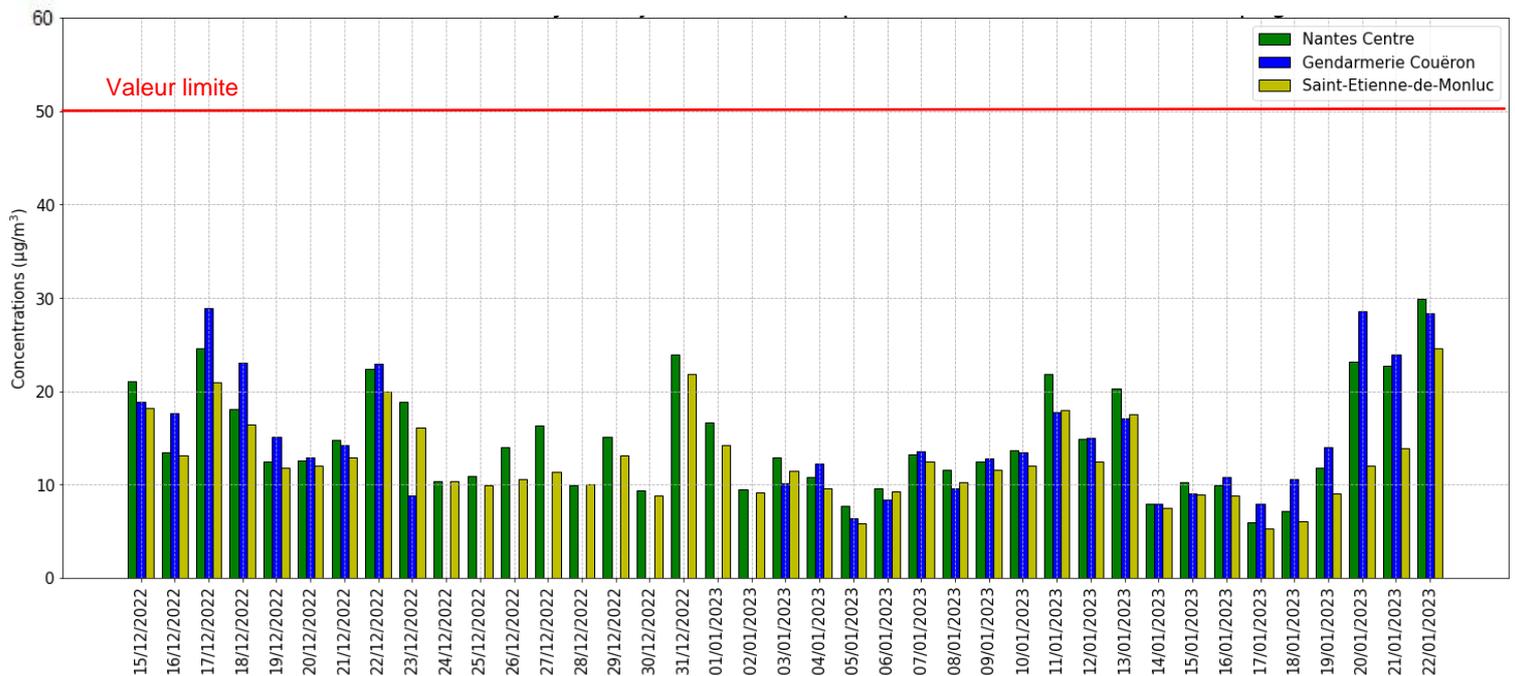


Figure 21 : évolution de la concentration journalière en particules fines PM10 pendant la campagne hivernale, pour chaque site

Les concentrations en particules PM10 évoluent de manière synchrone sur les 3 sites, traduisant plutôt une influence régionale dans les variations en particules PM10.

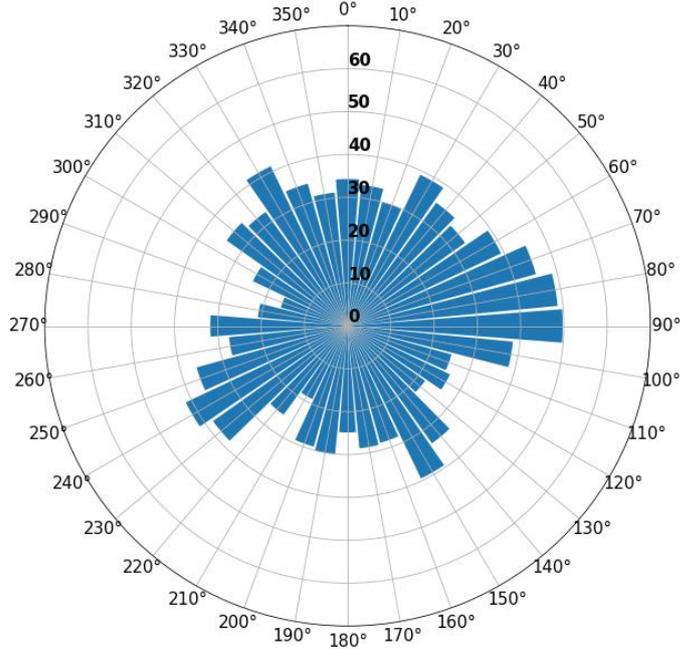
Le site du cimetière de la Bouteillerie au centre de Nantes n'a pas dépassé l'objectif de qualité de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle, ni a fortiori la valeur limite de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur un an. Compte tenu de la proximité des niveaux enregistrés entre le site de la Gendarmerie à Couëron et le site de Nantes, Centre, il est considéré comme probable que la valeur limite et l'objectif de qualité soit également respecté à Couëron au cours de l'année.

La rose de pollution au niveau du site de mesure de la Gendarmerie à Couëron montre des niveaux de PM10 plus élevés dans les directions est-nord-est et sud-ouest, cette direction incluant la localisation d'Arc-en-Ciel 2034. Toutefois ces deux directions préférentielles se retrouvent également au niveau des sites de comparaison à Nantes (cimetière de la Bouteillerie) et Saint-Etienne-de-Montluc (cf. annexe 4). Ces 2 sites n'étant pas sous l'influence des émissions d'Arc-en-Ciel 2034, cela traduit une influence régionale plutôt que locale.



Figure 22 : rose de pollution des concentrations de pointe (P98) en PM10 mesurées sur le site de la Gendarmerie à Couëron

Rose de pollution en percentile (P98) en PM10
Gendarmerie Couëron, du 14/12/2022 au 23/01/2023



Dioxyde de soufre SO₂

Les concentrations en dioxyde de soufre sont réglementées à 4 niveaux :

- Une **valeur limite en moyenne journalière** fixée à 125 µg/m³
- Une **valeur limite horaire fixée** à 350 µg/m³
- Un **seuil d'information et de recommandation** fixé à 300 µg/m³ en moyenne horaire
- Un **seuil d'alerte** fixé à 500 µg/m³ en moyenne horaire sur 3 heures consécutives
- À titre d'information, l'OMS (2021) préconise une valeur guide de 40 µg/m³ en moyenne journalière

Le tableau ci-dessous résume les principaux résultats des concentrations en SO₂ relevées au cours de la campagne :

	Moyenne (µg/m ³)	Maximum-horaire (µg/m ³)	Maximum journalier (µg/m ³)
Gendarmerie, Couëron	1,8	9,6	5,2
Saint-Etienne-de-Montluc (fond rural)	0,4	3,1	1,0
Saint-Nazaire (fond urbain)	1,2	5,6	2,1

Les niveaux moyens relevés à Couëron sont du même ordre de grandeur que ceux relevés en environnement urbain, à Saint-Nazaire, et supérieurs à ceux relevés en environnement rural à Saint-Etienne-de-Montluc. Les valeurs moyennes sur ces 3 sites sont proches des limites de détection de l'appareil.

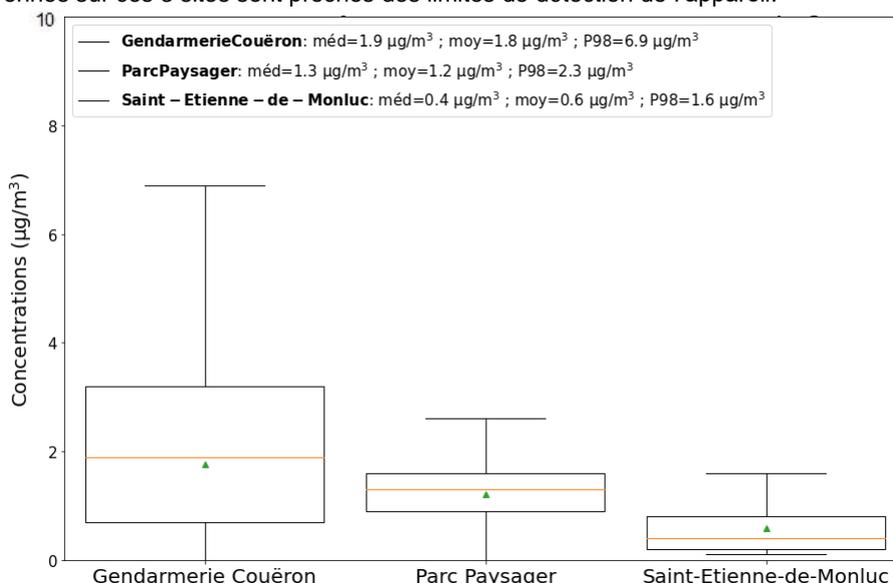


Figure 23 : boxplot des concentrations horaires en SO₂ sur les 3 sites de mesure, dont 2 non influencés par l'UVE

Les concentrations maximum horaires sur l'ensemble des sites sont très inférieures à la valeur limite horaire de 350 µg/m³ et au seuil d'information et de recommandation fixé à 300 µg/m³ en moyenne horaire, sur l'ensemble de la campagne. En effet, le maximum horaire à la Gendarmerie est 31 fois inférieur au seuil d'information et de recommandation tandis que le maximum journalier est 24 fois inférieur à la valeur limite. Les niveaux relevés sont proches des limites de détection de l'appareil.

Avec un maximum journalier de 5,2 µg/m³ à la Gendarmerie de Couëron, relevé le 16 janvier 2023, la valeur guide de l'OMS en moyenne journalière est également respectée.

La concentration maximum horaire relevée à Couëron, de 9,6 µg/m³, est proche à celle relevée en 2021 (14,3 µg/m³). La concentration moyenne sur l'ensemble de la campagne (1,8 µg/m³) est de même ordre que celle calculée en 2021 (1,2 µg/m³).

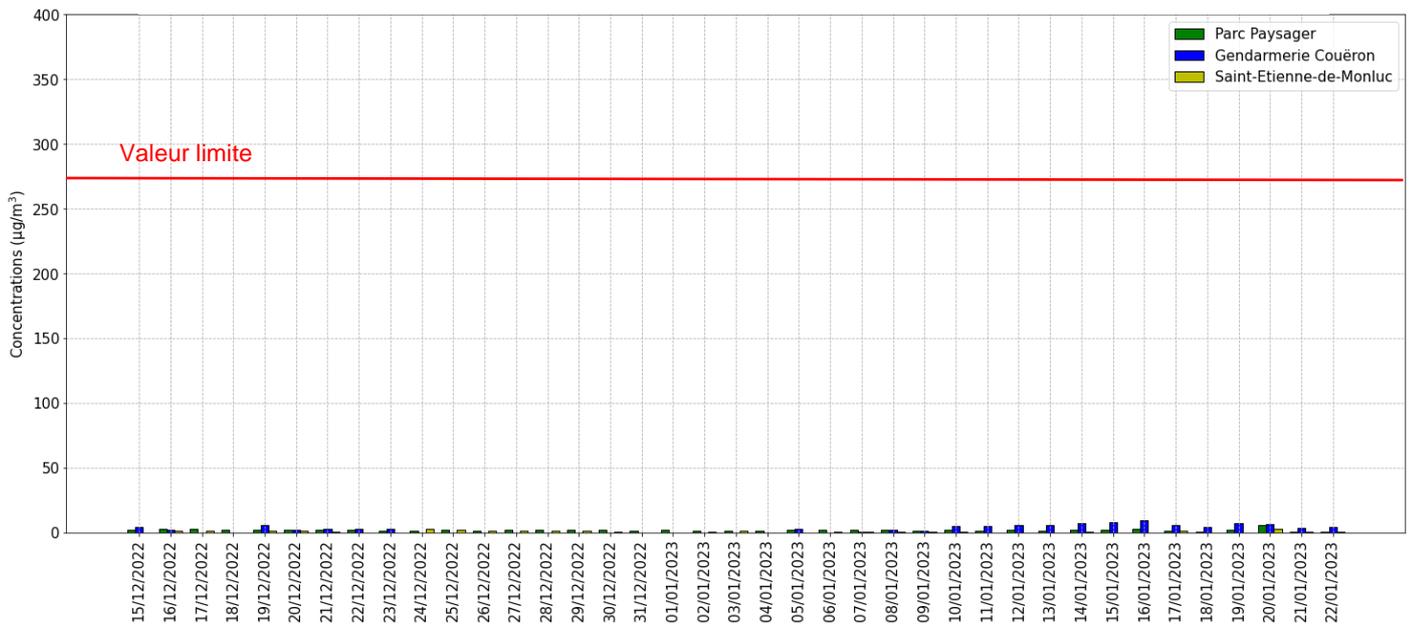


Figure 24 : évolution des concentrations maximum-horaires journalières en SO₂ sur les 3 sites de mesure, dont 2 non-influencés par l'UVE

La rose de pollution sur le site de la Gendarmerie de Couëron montre des niveaux faibles et homogènes sur l'ensemble des directions de vent, suggérant une absence d'influence significative des émissions de l'UVE sur les teneurs atmosphériques mesurées à la Gendarmerie.

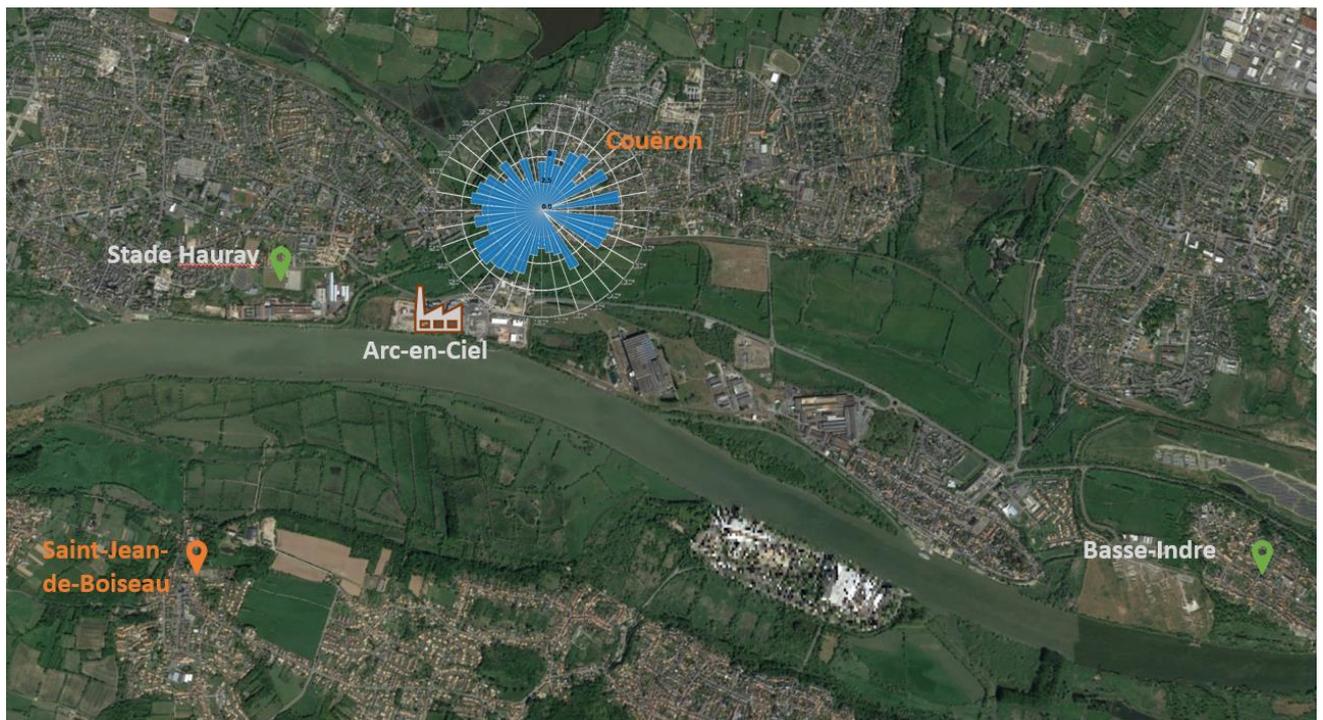
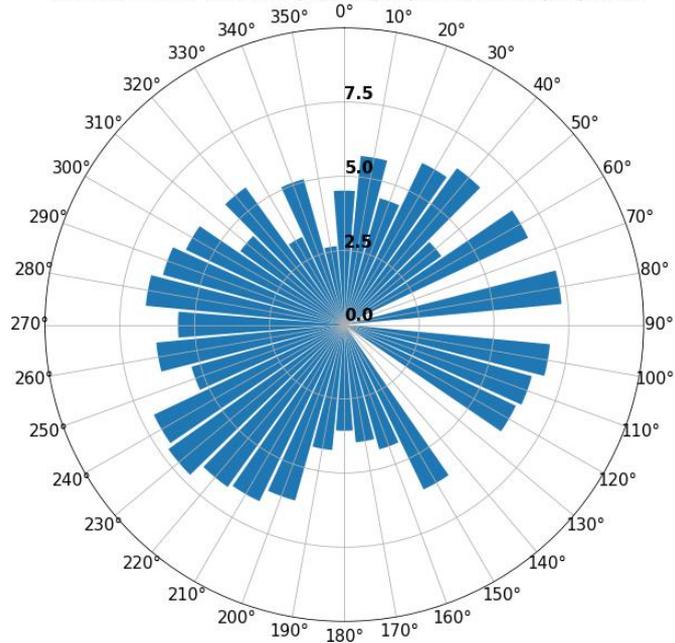


Figure 25 : rose de pollution des concentrations de pointe (P98) en SO₂ sur le site de la Gendarmerie à Couëron

Rose de pollution en percentile (P98) du Dioxyde de soufre (SO2)
Gendarmerie Couëron, du 14/12/2022 au 23/01/2023



Monoxyde de carbone CO

Les concentrations en monoxyde de carbone sont exprimées en mg/m^3 , et sont réglementées en moyenne glissante sur 8 heures selon :

- Une **valeur limite en moyenne 8-horaire** de $10 \text{ mg}/\text{m}^3$, soit $10\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- À titre d'information, l'OMS (2021) préconise une valeur guide de $4 \text{ mg}/\text{m}^3$ en moyenne journalière

Le tableau ci-dessous résume les principaux résultats des concentrations en CO relevées au cours de la campagne :

	Moyenne (mg/m^3)	Maximum 8-horaire (mg/m^3)	Maximum journalier (mg/m^3)
Gendarmerie, Couëron	0,3	1,2	0,8
Nantes (prox. trafic)	0,3	1,9	0,9

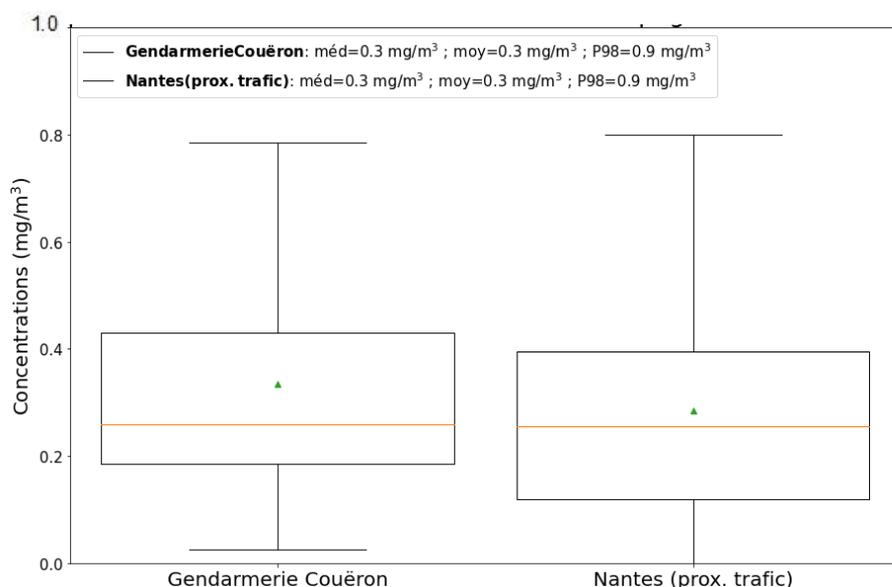


Figure 26 : boxplot des concentrations horaires en CO pendant la campagne hivernale de 2022, sur le site de la Gendarmerie à Couëron et de proximité trafic de Nantes

Les niveaux de monoxyde de carbone relevés à la Gendarmerie de Couëron sont, de la même manière que les années précédentes, proches des limites de détection de l'appareil. Elles sont par ailleurs de même ordre que celles mesurées en proximité trafic à Nantes. La valeur maximum 8-horaire, de $0,8 \text{ mg}/\text{m}^3$, est douze fois inférieure à la valeur limite de $10 \text{ mg}/\text{m}^3$. La valeur guide de l'OMS en moyenne journalière est également respectée.

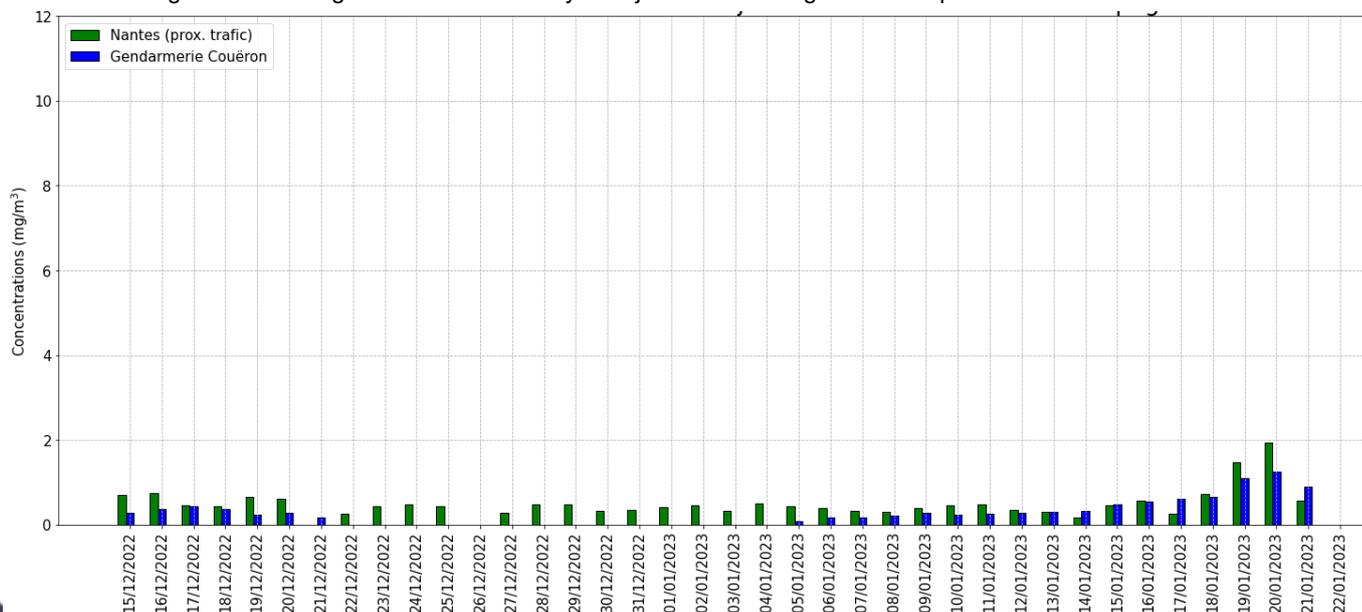


Figure 27 : évolution des concentrations maximales 8-horaires en CO, par jour, au cours de la campagne sur le site de la Gendarmerie à Couëron

Ces mesures sont similaires à celles observées en 2021, où une concentration moyenne de 0,2 mg/m³ avait été relevée à la Gendarmerie de Couëron. En 2020, la station de proximité trafic boulevard Victor Hugo avait relevé une moyenne de 0,3 mg/m³ contre 0,2 mg/m³ à la Gendarmerie de Couëron. Au vu des résultats similaires aux deux années précédentes, et étant donné que les concentrations maximales journalières restent très inférieures à la valeur limite, il est considéré comme fort probable que le seuil réglementaire de 10 mg/m³ en moyenne sur 8 heures ne soit jamais dépassé sur le site de la Gendarmerie au cours d'une année. Aucune influence des émissions d'Arc-en-Ciel 2034 n'est mise en évidence.

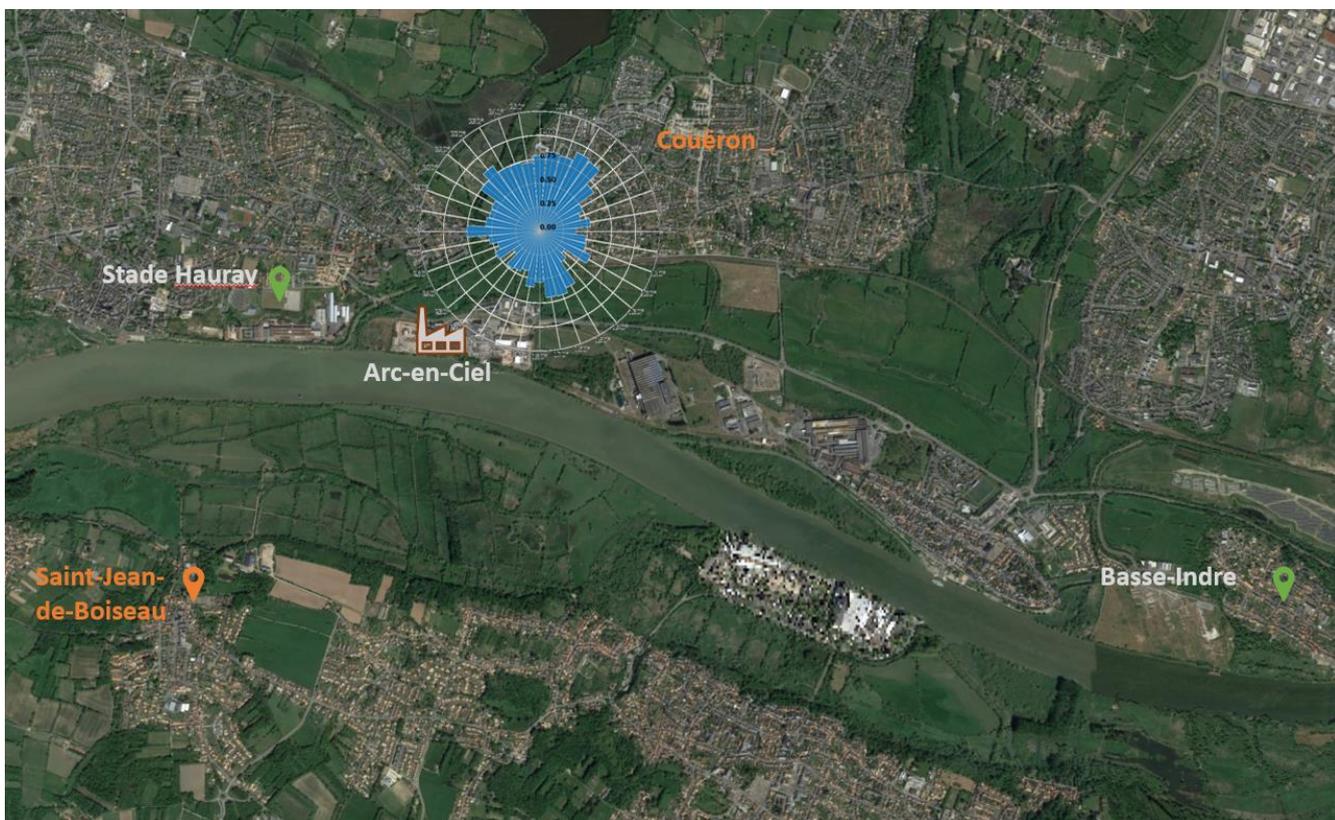
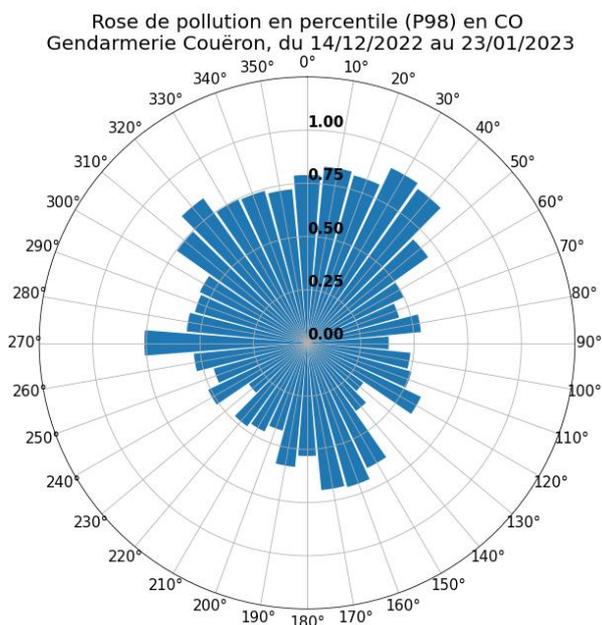


Figure 28 : rose de pollution des concentrations de pointe (P98) en CO sur le site de la Gendarmerie à Couëron



Mercure gazeux Hg

Dans la continuité de la campagne 2021, les mesures de mercure gazeux ont été poursuivies en 2022. Le mercure est un métal toxique pour la santé humaine, produisant des effets néfastes sur les reins et le système nerveux. Cette toxicité est liée à son extrême volatilité, le mercure pouvant être facilement inhalé et véhiculé par le corps humain. De même, il se mêle aisément à d'autres molécules et, chauffé, se transforme en vapeur.

L'analyseur de type LUMEX RA 915 AM a été installé dans le camion laboratoire sur le site de la Gendarmerie, pour déterminer les niveaux de mercure gazeux, durant les 4 semaines de prélèvement hivernale.

Compte tenu de sa toxicité et de sa capacité à s'accumuler dans les organismes et, en particulier, de se concentrer dans les organismes au bout de la chaîne alimentaire, le mercure fait l'objet de différentes valeurs de référence définies par plusieurs organismes (cf. tableau suivant).

Substance chimique	Voie d'exposition	Source	Facteur d'incertitude	Valeur de référence	Année de révision
Mercure élémentaire	Inhalation	US EPA	30	RfC: Reference concentration RfC=300 ng/m ³	1995
Mercure élémentaire	Inhalation (chronique)	ATSDR	30	MRL: Minimum Risk Level MRL = 200 ng/m ³	1999
Mercure inorganique	Inhalation (chronique)	OMS	20	VG: Valeur Guide VG _{annuelle} = 1000 ng/m ³	2000
Mercure élémentaire	Inhalation	RIVM	30	TCA: Tolerable Concentration In air TCA = 200 ng/m ³	2001
Mercure élémentaire et inorganique	Inhalation (chronique)	OEHHA	300	REL: Refence Exposure Level REL = 30 ng/m ³	2008
Mercure élémentaire et inorganique	Inhalation aigüe	OEHHA	3000	REL: Refence Exposure Level REL = 600 ng/m ³	2008

Tableau 11 : valeur de référence pour l'inhalation (INERIS : point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) – Rapport d'étude 17/03/2009)

Pour le mercure élémentaire gazeux libre, la VTR pour les effets à seuils actuellement considérée par l'INERIS parmi celles disponibles, est celle proposée par l'Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA) en 2008 soit 30 ng/m³ pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau ci-dessous résume les principaux résultats des mesures en mercure gazeux sur le site de la Gendarmerie à Couëron :

	Moyenne (ng/m ³)	Maximum-horaire (ng/m ³)	Maximum journalier (ng/m ³)
Gendarmerie, Couëron	0,6	1,6	0,9

Ces valeurs sont dans la lignée des concentrations relevées en 2021 et sont inférieures aux valeurs toxicologiques de référence, notamment la VTR de l'OEHHA (30 ng/m³).

L'évolution de la concentration horaire au cours de la campagne ne montre pas de pic de concentration significatif qui se démarquerait du niveau de fond lorsque les vents sont en provenance de l'UVE.

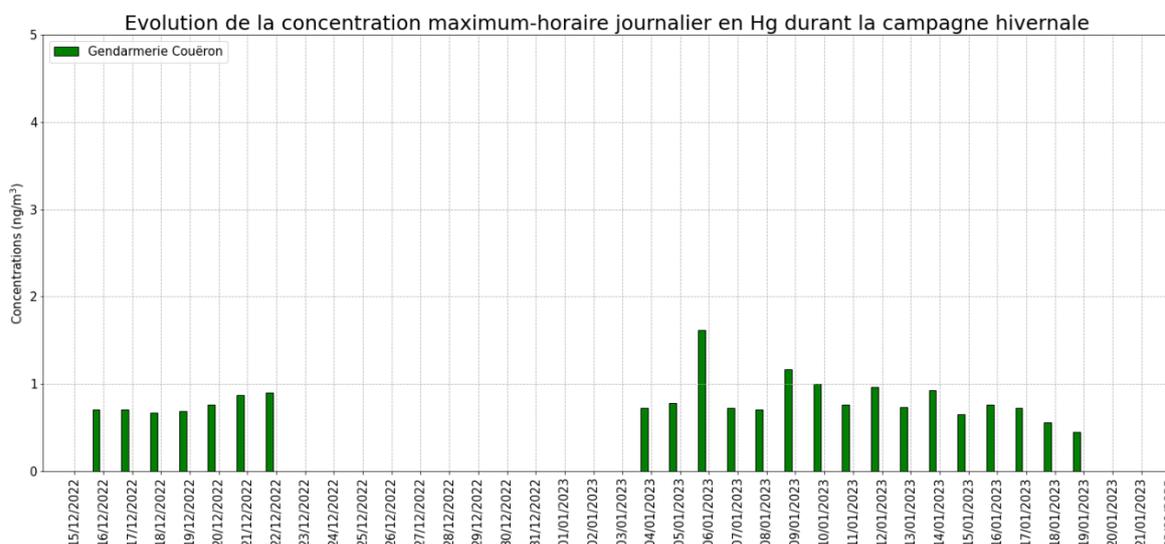
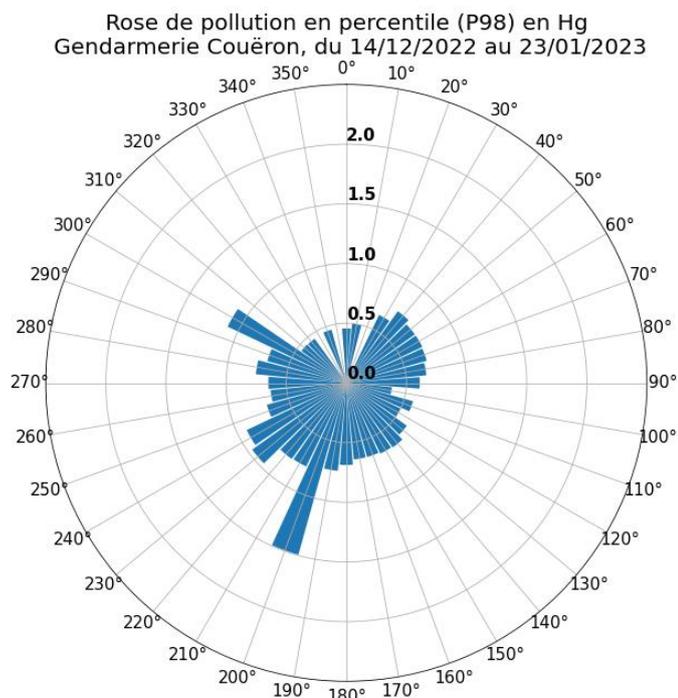


Figure 29 : évolution de la concentration du maximum-horaire journalier en mercure gazeux au cours de la campagne hivernale de 2022, sur le site de la Gendarmerie à Couëron

La rose de pollution montre des directions préférentielles à 200°N, 230-240°N, et 300°N. Les directions 200°N et 230-240°N étaient également présentes en 2021 et suggèrent donc un impact possible d’Arc-en-Ciel 2034 pour le mercure. Une surconcentration de l’ordre de 0,16 ng/m³ par rapport aux concentrations de fond, pour les directions 230-240°N a été relevée. Notons que ces concentrations sont de même ordre que celles relevées pour la direction 300°N, hors influence d’Arc-en-Ciel 2034.



Figure 30 : rose de pollution des concentrations de pointe (P98) en mercure gazeux sur le site de la Gendarmerie à Couëron



Conclusions

Depuis 1997, Air Pays de la Loire effectue une surveillance de la qualité de l'air dans l'environnement d'Arc-en-Ciel 2034. Cette surveillance, rendue obligatoire par les arrêtés préfectoraux du 2 juillet 1992 et du 14 avril 2003 et modifiés le 13 février 2018, consiste à réaliser des mesures des polluants atmosphériques dans l'air ambiant et les retombées atmosphériques.

Depuis 2009, ce dispositif a été complété par le suivi en continu des oxydes d'azote, du dioxyde de soufre, du monoxyde de carbone, des particules PM10.

En 2020, le site de la Métairie a été remplacé par celui de la Gendarmerie, l'étude a été complétée d'un nouveau site témoin à Basse-Indre pour les dioxines et furanes, et la surveillance de nouveaux métaux lourds.

Les résultats de la campagne de mesure 2022, menée du 31 mars au 4 mai 2022, puis du 15 décembre 2022 au 23 janvier 2023, montrent des résultats cohérents avec ceux relevés les années précédentes.

Ils permettent notamment d'évaluer la teneur des polluants mesurés dans l'environnement d'Arc-en-Ciel 2034 vis-à-vis de la réglementation. Les résultats montrent que :

- Les valeurs de référence pour les métaux lourds réglementés (Arsenic, Cadmium, Plomb, Nickel) ont de fortes probabilités d'être respectées, tant dans l'air ambiant que dans les retombées atmosphériques ;
- Les concentrations en acide fluorhydrique sont inférieures à la limite de détection au cours des 2 phases de la campagne 2022 ;
- La valeur limite horaire en NO₂ est respectée tout au long de la campagne ;
- La valeur limite journalière en PM10 est respectée tout au long de la campagne ;
- Les valeurs limites journalières et horaires en SO₂ sont respectées ;
- La valeur limite 8-horaire en CO est respectée ;
- Les valeurs guides OMS en moyenne journalière sont respectées pour l'ensemble de ces polluants ;
- Par comparaison aux mesures pérennes du dispositif de surveillance il est probable que les valeurs limites et objectif de qualité annuels de l'ensemble de ces polluants soient respectés au cours d'une année civile ;

L'analyse de ces résultats permet par ailleurs d'évaluer l'influence d'Arc-en-Ciel 2034 sur ces polluants, et montre que :

- L'influence de l'établissement sur les dépôts de métaux lourds (arsenic, cadmium, cobalt, manganèse, nickel, plomb, mercure, antimoine et vanadium) dans son environnement n'est pas significative ;
- Aucun lien de causalité n'a été établi entre les niveaux d'acide fluorhydrique, chlorhydrique et de métaux lourds dans l'air et les émissions de l'établissement ;
- Les niveaux de dioxines et furanes ne sont pas influencés par les émissions de l'établissement ;
- Aucune influence de l'établissement n'a été détectée dans les niveaux de dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, particules fines et monoxyde de carbone ;
- **Une influence des émissions d'Arc-en-Ciel 2034 sur les concentrations mesurées à la Gendarmerie est possible pour le mercure gazeux.** Les concentrations relevées dans la direction de l'UVE sont du même ordre de grandeur que celles relevées dans la direction 300°N, hors influence d'Arc-en-Ciel 2034 et sont similaires à celles relevées en 2021.

De fait, la campagne de mesure en 2022 (printemps et hiver) n'a pas montré d'influence notable des émissions d'Arc-en-Ciel 2034 sur les niveaux des différents polluants (métaux lourds, NO₂, PM10, SO₂, CO). Une influence des émissions d'Arc-en-Ciel 2034 est possible sur les concentrations de mercure gazeux.

Annexes

- annexe 1 : dispositif de mesure par site
- annexe 2 : techniques d'évaluation
- annexe 3 : roses de vent hebdomadaires
- annexe 4 : roses de pollution
- annexe 5 : Air Pays de la Loire
- annexe 6 : types des sites de mesure
- annexe 7 : polluants
- annexe 8 : laboratoires d'analyse
- annexe 9 : tests statistiques (ANOVA)
- annexe 10 : seuils de la qualité de l'air en 2022

Annexe 1 : dispositif de mesure par site

Matériel	Sites de mesure	Polluants mesurés
	Gendarmerie de Couëron	Camion laboratoire : mesures en hiver 2022 <ul style="list-style-type: none"> • PM10 • SO₂ • NO₂ • CO • Hg gazeux
	Gendarmerie de Couëron Hauray Saint-Jean-de-Boiseau	Tubes passifs : <ul style="list-style-type: none"> • Acide fluorhydrique
	Gendarmerie de Couëron	<ul style="list-style-type: none"> • Retombées de dioxines et furanes • Retombées de métaux
	Hauray	<ul style="list-style-type: none"> • Retombées de dioxines et furanes • Retombées de métaux
	Saint-Jean-de-Boiseau	<ul style="list-style-type: none"> • Retombées de dioxines et furanes • Retombées de métaux
	Basse-Indre	<ul style="list-style-type: none"> • Retombées de dioxines et furanes
	Gendarmerie de Couëron Hauray Saint-Jean-de-Boiseau	Collecteur atmosphérique : <ul style="list-style-type: none"> • Concentrations de métaux lourds • Concentration d'acide chlorhydrique

Annexe 2 : techniques d'évaluation

mesures des dépôts de dioxines et furanes

méthode

Collecte des précipitations atmosphériques (selon la norme **NF X43-014**) dans des flacons en verre préalablement nettoyés en laboratoire, abrités de la lumière par du papier d'aluminium et surmontés d'entonnoir en verre (surface de collecte de 3,14 dm²). L'ensemble flacon et entonnoir est protégé dans un tube en inox fixé au sol.



Collecteur installé sur site

mise en œuvre

En début de campagne, installation sur le site d'un système de collecte et retrait en fin de campagne.

analyses et normes d'analyse

Détermination des 17 dioxines et furanes toxiques dans les retombées totales par le laboratoire μpolluants Technologie SA (accrédité COFRAC 1-1151 section « Mesures dans les retombées atmosphériques, détermination de la concentration massique en PCDD et PCDF »).

Les échantillons sont tout d'abord filtrés à travers un tamis de 1 mm d'ouverture de maille. L'extraction de l'échantillon d'eau consiste en une extraction liquide-liquide avec du dichlorométhane. Les particules sont séchées puis marquées avant extraction solide-liquide au toluène. Les extraits obtenus sont combinés, puis purifiés sur colonnes chromatographiques contenant des adsorbants spécifiques.

L'extrait est concentré et des standards internes sont ajoutés. L'extrait est analysé par HRGC/HRMS à haute résolution (R=10 000). La filtration et le tamisage se réfère à la norme **NF X43-014**.

La mesure de ces retombées atmosphériques est exprimée en pg I-TEQ /m²/jour.

prise en compte d'éventuelles contaminations

Un collecteur témoin nettoyé dans les mêmes conditions que celles utilisées pour les collecteurs de terrain a été analysé selon le même protocole que les échantillons. Si les concentrations obtenues pour les 17 congénères toxiques étaient supérieures à la limite de détection analytique alors elles étaient soustraites aux concentrations mesurées lorsque celles-ci étaient supérieures à la limite de quantification.

Par ailleurs, si un congénère n'est pas présent en quantité dépassant la limite de détection, la valeur de cette limite est retenue dans le calcul de la toxicité équivalent totale.

mesures de dépôts de métaux lourds

méthode

Collecte des précipitations atmosphériques (norme **NF X43-014**) dans des jauges Owen (surface d'exposition de 6,6 dm²).



Vue d'une jauge Owen

mise en œuvre

Installation d'une jauge Owen sur chaque site en début de campagne et retrait en fin de campagne.

analyse des eaux de pluie par le laboratoire IANESCO

Détermination de la masse en chlorure et sodium selon les normes **NF ISO 15923-1**, de la masse en métaux lourds selon la norme **NF EN ISO 17294-2**. La mesure de ces retombées atmosphériques est exprimée en mg/m²/jour pour les chlorures, le sodium et en µg/m²/jour pour les métaux lourds.

Limites de quantification :

Mercuré (Hg) : 0,015 µg/L
Arsenic (As) : 0,1 µg/L
Cadmium (Cd) : 0,1 µg/L
Plomb (Pb) : 0,1 µg/L
Nickel (Ni) : 0,1 µg/L
Manganèse (Mn) : 0,1 µg/L
Cobalt (Co) : 0,1 µg/L
Antimoine(Sb) : 0,1 µg/L
Vanadium(V) : 0,1 µg/L

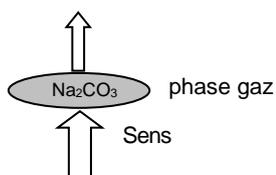
mesures des concentrations atmosphériques en acide chlorhydrique gazeux



Vue du préleveur d'acide chlorhydrique gazeux

principe de collecte

Collecte de la phase aérosol sur filtre en fibre de quartz issue du prélèvement de la phase gazeuse (HCl) sur filtre en fibre de quartz imprégné de NO_2CO_3 (5 %).



pas de temps

Prélèvement hebdomadaire.

analyse des filtres

Par chromatographie ionique (norme **NF ISO 10304-2**). La limite de quantification (plus petite quantité mesurée et quantifiée) par les chlorures est de 6 $\mu\text{g}/\text{filtre}$ soit pour un prélèvement hebdomadaire à 2.3 m^3/h de 0,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

analyse des filtres

Chaque semaine, Air Pays de la Loire a adressé au Laboratoire IANESCO pour analyse deux filtres témoins (filtres aérosol et filtre gaz).

Les concentrations en acide chlorhydrique des filtres témoins sont déduites des concentrations calculées pour les échantillons réels.

mesures des concentrations atmosphériques de métaux



Vue d'un système de prélèvement par filtre

méthode

Collecte des particules en suspension de diamètre inférieur à 10 μm (PM10) sur des filtres en fibre de quartz avec un débit de 2,3 m^3/h .

pas de temps

Prélèvement hebdomadaire.

mise en œuvre

Au début de chaque période d'une semaine, installation sur le site d'un Leckel (cf, photo ci-dessus).

analyse de chaque filtre par le laboratoire IANESCO - normes d'analyses

Détermination de la masse en métaux lourds selon la norme **NF EN 14902** pour As, Cd, Ni et Pb, selon la norme **NF EN ISO 11-885** pour Mn.

Les niveaux moyens hebdomadaires en métaux lourds (en ng/m^3) sont ensuite obtenus à partir du volume d'air prélevé par les pompes.

Les limites de quantification (plus petite quantité mesurée et quantifiée) de chacun des 9 métaux lourds sont données dans le tableau suivant en $\mu\text{g}/\text{filtre}$ et dans les conditions de prélèvement décrites ci-dessus, en ng/m^3 :

	LQ filtre ($\mu\text{g}/\text{filtre}$)	LQ air (ng/m^3)
As	0,005	0,013
Cd	0,005	0,013
Co	0,05	0,13
Cu	0,005	0,013
Mn	0,05	0,13
Ni	0,005	0,013
Pb	0,05	0,13
Sb	0,05	0,13
V	0,05	0,13

Limites de quantification

prise en compte des éventuelles contaminations

Chaque semaine, Air Pays de la Loire a également adressé au laboratoire IANESCO, un filtre témoin servant à quantifier les contaminations éventuelles des filtres ou lors des opérations de fabrication, de conditionnement et d'analyse.

Aux concentrations fournies par le laboratoire, est soustraite la valeur moyenne des filtres témoins pour chaque composé.

mesures des concentrations atmosphériques en dioxyde d'azote

méthode - normes

Le dioxyde d'azote est détecté par la technique de chimiluminescence - norme **NF EN 14211**.

pas de temps

Tous les quarts d'heure.

étalonnage

Ces mesures sont étalonnées par des étalons de transfert raccordés au laboratoire d'étalonnage airpl, lab certifié COFRAC 17025 dans le domaine "chimie et matériaux de référence – mélanges de gaz".

mesures des concentrations atmosphériques en dioxyde de soufre

méthode - normes

Le dioxyde de soufre est détecté par la technique de fluorescence UV - norme **NF EN 14212**.

pas de temps

Tous les quarts d'heure.

étalonnage

Ces mesures sont étalonnées par des étalons de transfert raccordés au laboratoire d'étalonnage airpl, lab certifié COFRAC 17025 dans le domaine "chimie et matériaux de référence – mélanges de gaz".

mesures des concentrations atmosphériques en monoxyde de carbone

méthode - normes

Le monoxyde de carbone est détecté par la technique d'absorption infrarouge – norme **NF EN 14626**.

pas de temps

Tous les quarts d'heure.

étalonnage

Ces mesures sont étalonnées par des étalons de transfert raccordés au laboratoire d'étalonnage airpl, lab certifié COFRAC 17025 dans le domaine "chimie et matériaux de référence – mélanges de gaz".

mesures des concentrations atmosphériques en particules PM10

méthode – normes

Les mesures de poussières fines sont effectuées à l'aide du système TEOM-FDMS, Cette technique est équivalente à la méthode gravimétrique de référence de la norme **NF EN 12341**. Elle prend en compte la fraction volatile de l'aérosol et est utilisée depuis le 1^{er} janvier 2007 par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air pour le suivi réglementaire des teneurs en poussières fines en milieu urbain. Elle s'est substituée aux mesures par TEOM seul qui ne prenaient pas en compte les aérosols semi volatils.

pas de temps

Tous les quarts d'heure.

mesures des concentrations atmosphériques en mercure gazeux Hg

méthode – normes

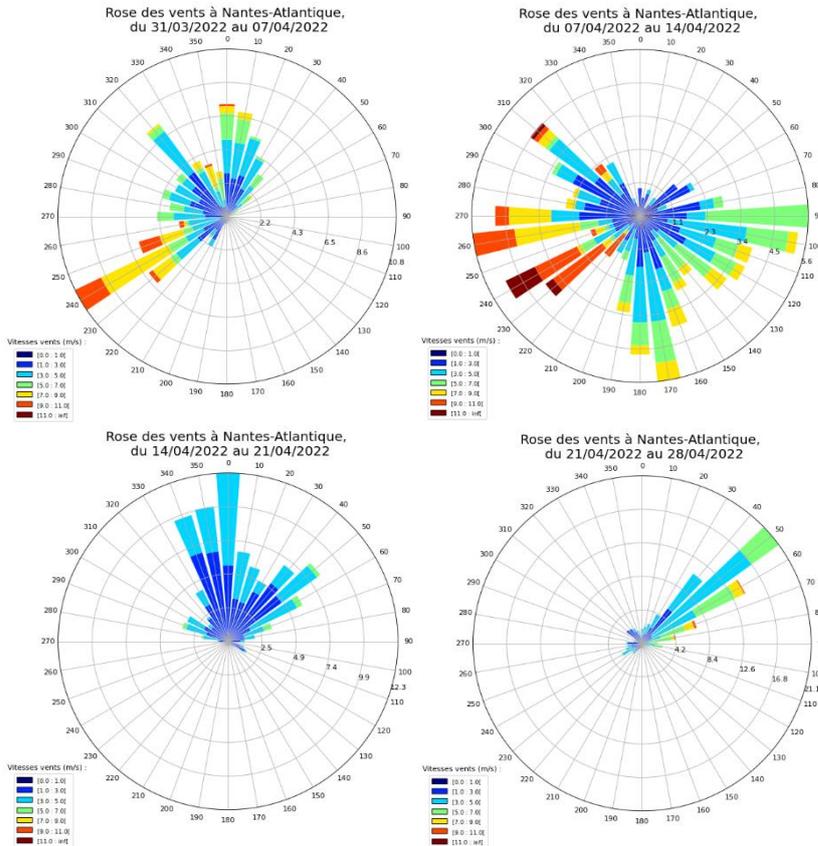
Les mesures de mercure gazeux sont effectuées à l'aide d'un analyseur Lumex RA-915 AM. La technique de mesure repose sur une mesure optique selon le principe d'absorption atomique à effet Zeeman – norme **NF EN 15852**.

pas de temps

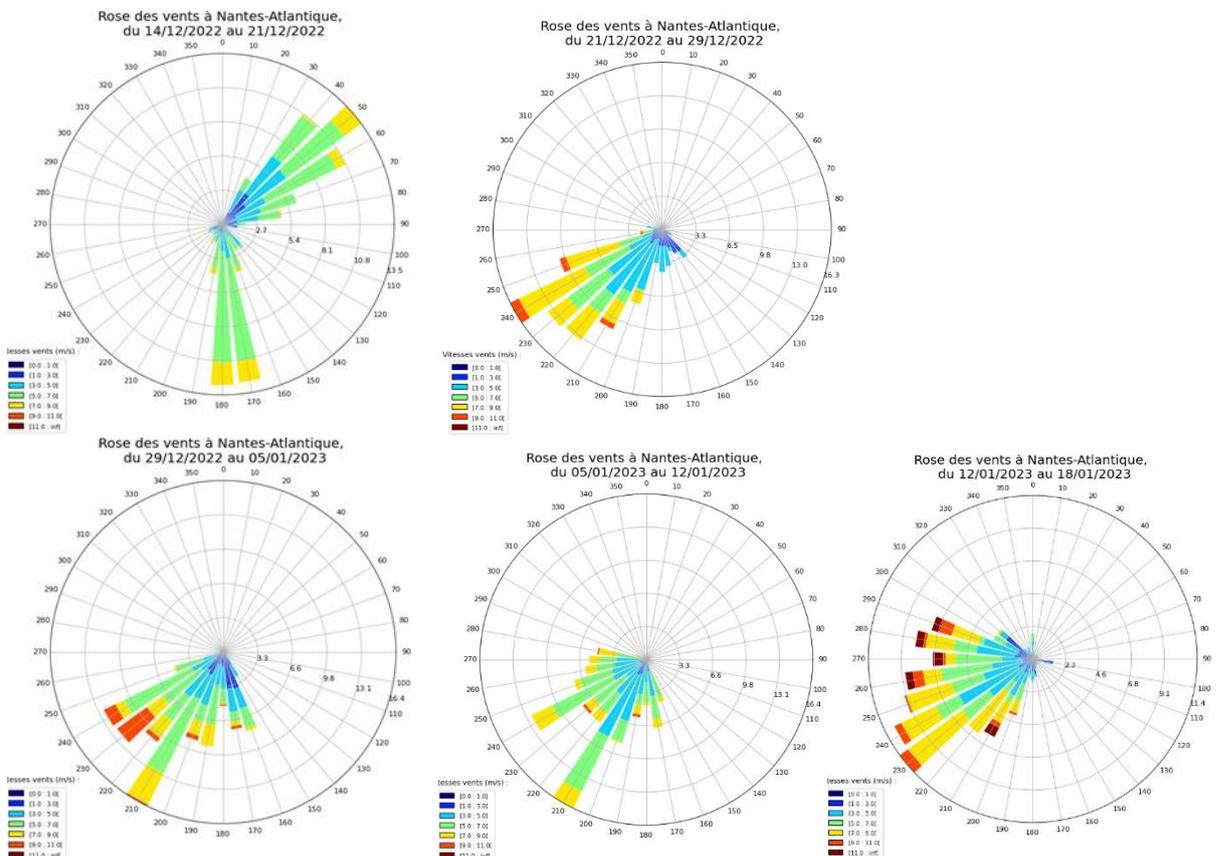
Tous les quarts d'heure.

Annexe 3 : roses des vents hebdomadaires

Ci-dessous sont présentées les roses des vents hebdomadaires pour la campagne printanière.



Ci-dessous sont représentées les roses de vent hebdomadaire pour la campagne hivernale.

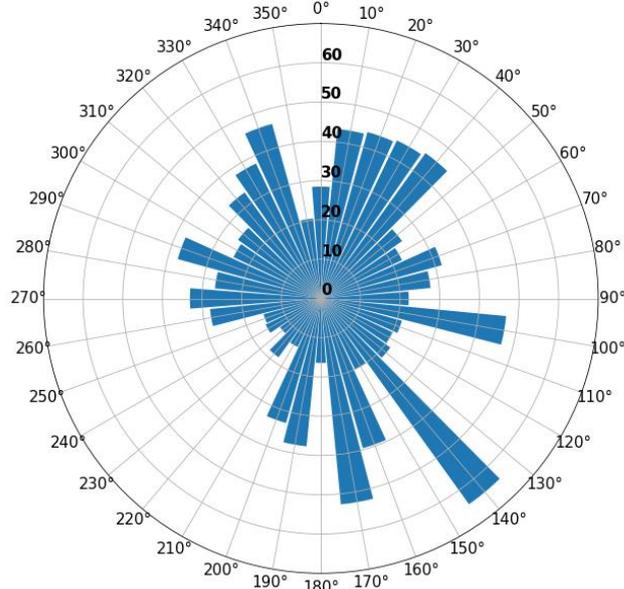


Annexe 4 : roses de pollution

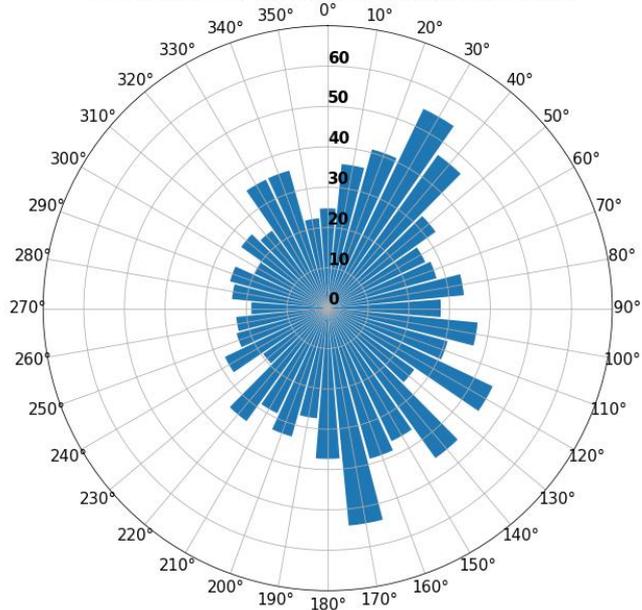
Ci-dessous sont représentées les roses de pollution de niveaux de pointe (P-98) des polluants mesurés sur le site de la Gendarmerie de Couëron (influencé par l'UVE), en comparaison avec d'autres sites de mesure non influencés.

Roses de pollution en NO₂

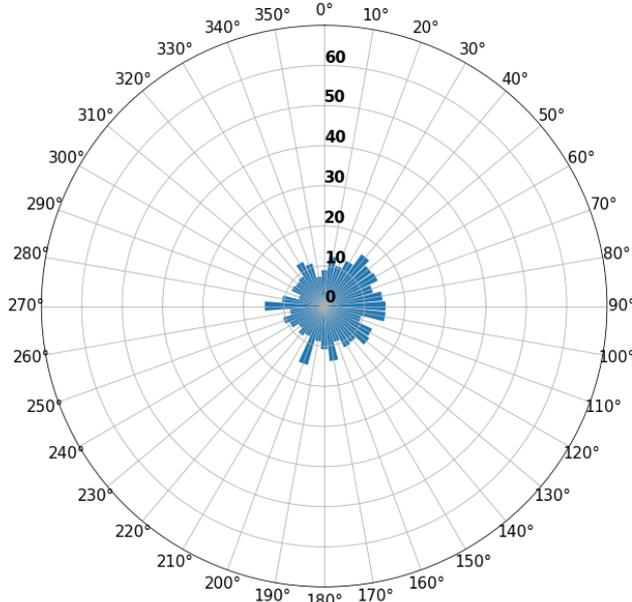
Rose de pollution en percentile (P98) du Dioxyde d'azote (NO₂)
Gendarmerie Couëron, du 14/12/2022 au 23/01/2023



Rose de pollution en percentile (P98) du Dioxyde d'azote (NO₂)
Nantes Centre, du 14/12/2022 au 23/01/2023

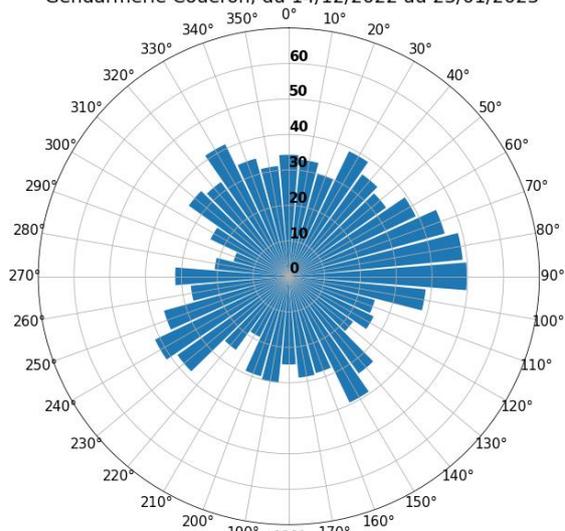


Rose de pollution en percentile (P98) du Dioxyde d'azote (NO₂)
Saint-Etienne-de-Monluc, du 14/12/2022 au 23/01/2023

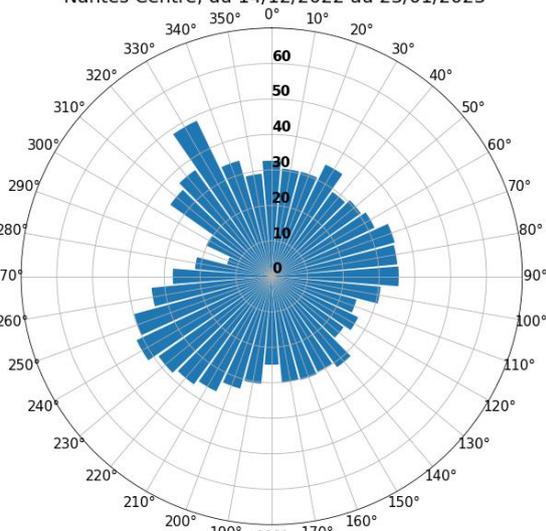


Roses de pollution en PM10

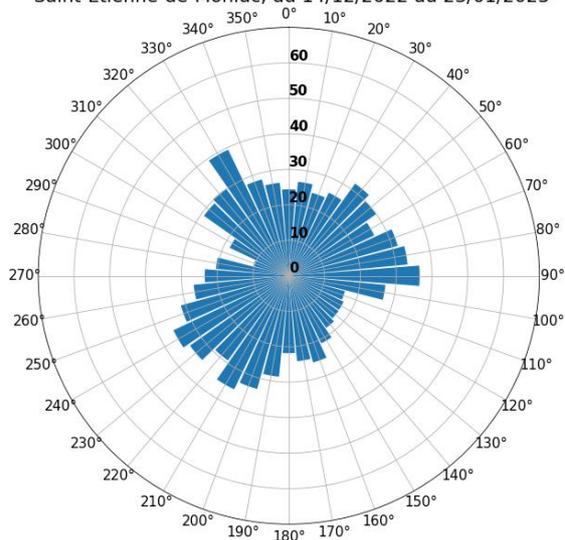
Rose de pollution en percentile (P98) en PM10
Gendarmerie Couëron, du 14/12/2022 au 23/01/2023



Rose de pollution en percentile (P98) en PM10
Nantes Centre, du 14/12/2022 au 23/01/2023

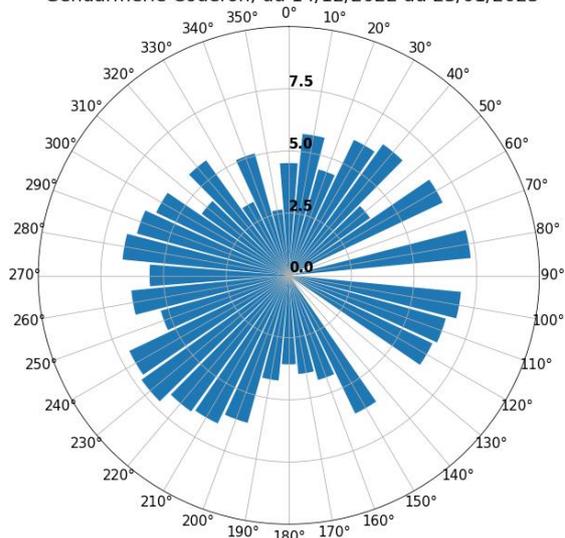


Rose de pollution en percentile (P98) en PM10
Saint-Etienne-de-Monluc, du 14/12/2022 au 23/01/2023

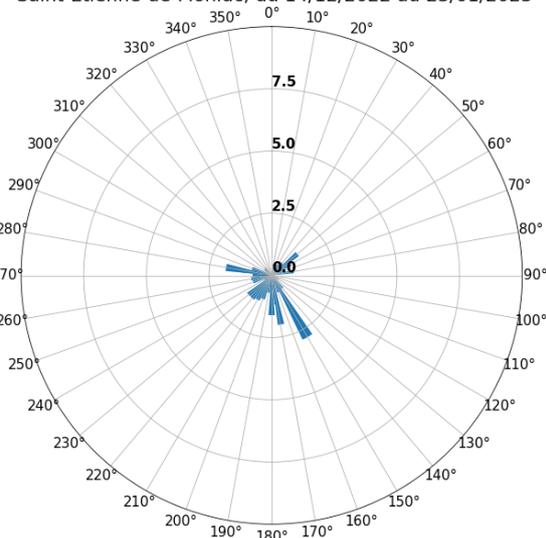


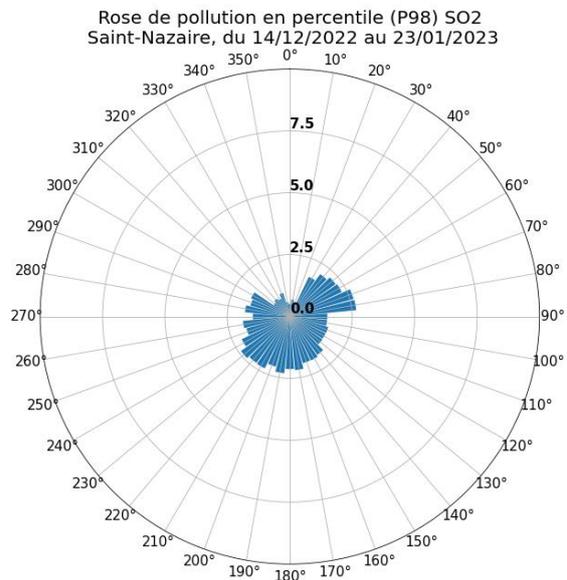
Roses de pollution en SO₂

Rose de pollution en percentile (P98) SO₂
Gendarmerie Couëron, du 14/12/2022 au 23/01/2023

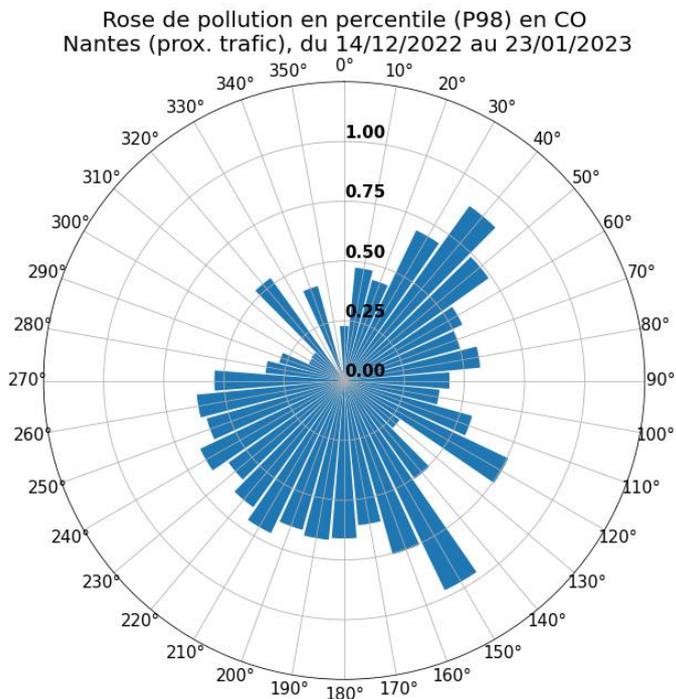
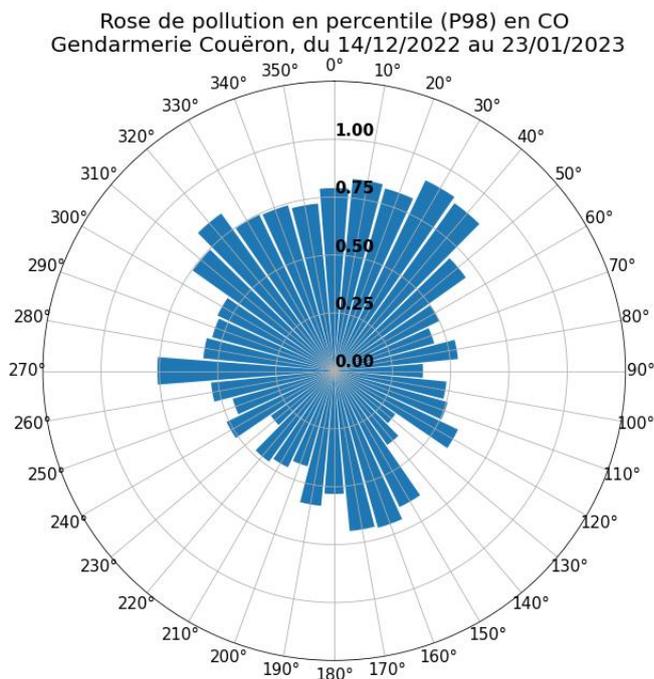


Rose de pollution en percentile (P98) SO₂
Saint-Etienne-de-Monluc, du 14/12/2022 au 23/01/2023

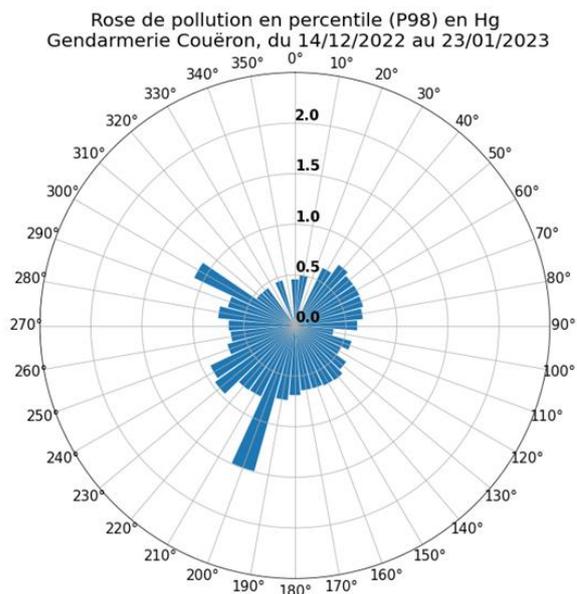




Rose de pollution en CO



Rose de pollution en Hg gazeux



Annexe 5 : Air Pays de la Loire

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé par le Ministère de l'Environnement pour assurer la **surveillance de la qualité de l'air de la région des Pays de la Loire** 24h/24 et 7j/7.

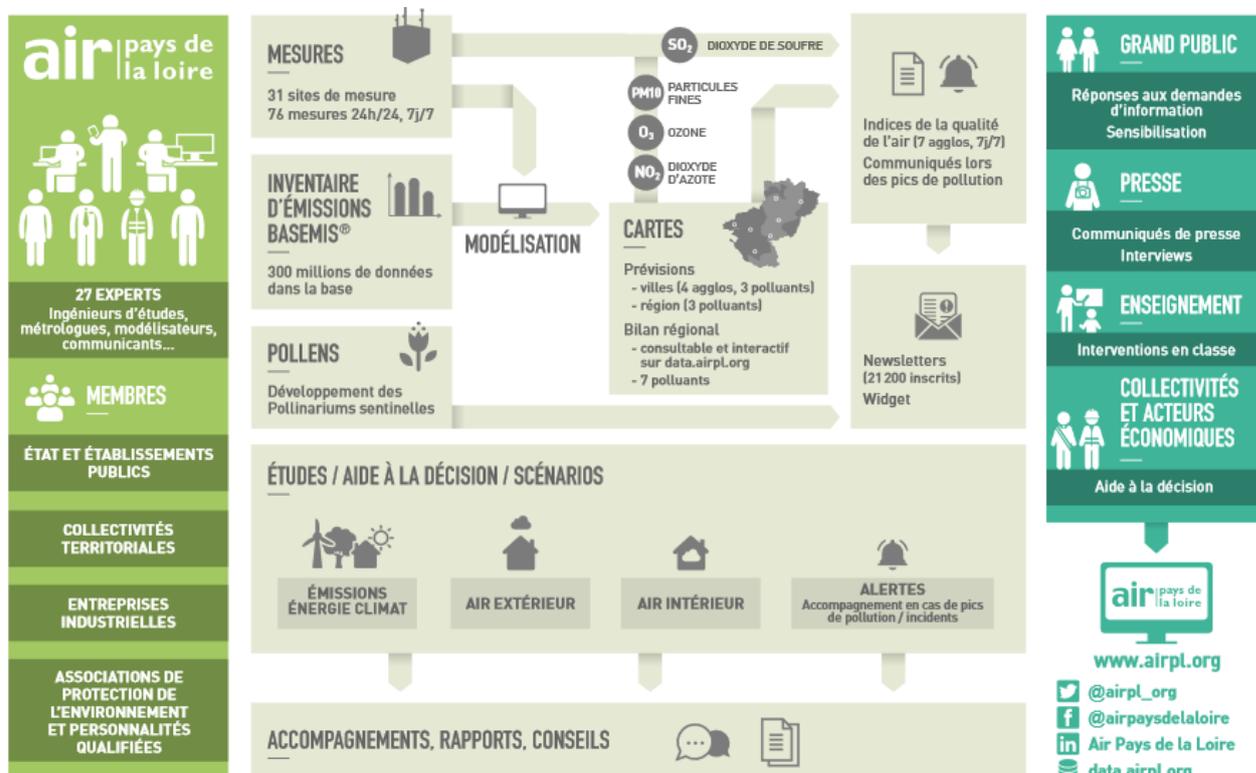
Air Pays de la Loire met quotidiennement à disposition de tous des informations sur la qualité de l'air :

- sur www.airpl.org : mesures en temps réel, prévisions régionales et urbaines, rapports d'études, actualités...
- via des newsletters gratuites : indices de qualité de l'air du jour et du lendemain, alertes pollution et alertes pollens ;
- sur Twitter (@airpl_org) et Facebook (Air Pays de la Loire)

Ses domaines d'expertise portent sur :

- **qualité de l'air extérieur** : mesures en temps réel, prévisions de qualité de l'air, cartographies, études autour d'industries, dans des zones agricoles...
- **qualité de l'air intérieur** : mesures dans des établissements recevant du public, appui aux collectivités dans les constructions de bâtiments, études spécifiques...
- **émissions, énergie, climat** : inventaire régional des émissions de polluants, gaz à effet de serre et des données énergétiques (BASEMIS®), aide à la décision pour les collectivités (plans climat air énergie territoriaux)...
- **pollens** : diffusion en temps réel des résultats sur la région.

Organisé sous forme pluri-partenaire, Air Pays de la Loire réunit quatre groupes de partenaires : l'Etat, des collectivités territoriales, des industriels et des associations de protection de l'environnement et de défense des consommateurs.



Annexe 6 : types des sites de mesure

Les sites de mesure sont localisés selon des objectifs précis de surveillance de la qualité de l'air, définis au plan national.



sites urbains

Les sites urbains sont localisés dans une zone densément peuplée en milieu urbain et de façon à ne pas être soumis à une source déterminée de pollution ; ils caractérisent la pollution moyenne de cette zone.



sites périurbains

Les sites périurbains sont localisés dans une zone peuplée en milieu périurbain, de façon à ne pas être soumis à une source déterminée de pollution et à caractériser la pollution moyenne de cette zone.



sites de trafic

Les sites de trafic sont localisés près d'axes de circulation importants, souvent fréquentés par les piétons ; ils caractérisent la pollution maximale liée au trafic automobile.



sites industriels

Les sites industriels sont localisés de façon à être soumis aux rejets atmosphériques des établissements industriels ; ils caractérisent la pollution maximale due à ces sources fixes.



sites ruraux

Les sites ruraux participent à la surveillance de l'exposition des écosystèmes et de la population à la pollution atmosphérique de fond (notamment photochimique).

Annexe 7 : polluants

Les oxydes d'azote (NOx)

Les NOx comprennent essentiellement le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Ils résultent de la combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air à haute température. Environ 95 % de ces oxydes sont la conséquence de l'utilisation des combustibles fossiles (pétrole, charbon et gaz naturel). Le trafic routier (53 %) en est la source principale. Ils participent à la formation des retombées acides. Sous l'action de la lumière, ils contribuent à la formation d'ozone au niveau du sol (ozone troposphérique).

Le monoxyde d'azote présent dans l'air inspiré passe à travers les alvéoles pulmonaires, se dissout dans le sang où il limite la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine. Les organes sont alors moins bien oxygénés.

Le dioxyde d'azote pénètre dans les voies respiratoires profondes. Il fragilise la muqueuse pulmonaire face aux agressions infectieuses, notamment chez les enfants. Aux concentrations rencontrées habituellement, le dioxyde d'azote provoque une hyperréactivité bronchique chez les asthmatiques.

Les particules

Les particules constituent en partie la fraction la plus visible de la pollution atmosphérique (fumées). Elles ont pour origine les différentes combustions, le trafic routier et les industries. Elles sont de nature très diverse et peuvent véhiculer d'autres polluants comme des métaux lourds ou des hydrocarbures. De diamètre inférieur à 10 µm (PM10), elles restent plutôt en suspension dans l'air. Supérieures à 10 µm, elles se déposent, plus ou moins vite, au voisinage de leurs sources d'émission. Les particules fines, appelées PM2.5 (diamètre inférieur à 2.5 µm) pénètrent plus profondément dans les poumons. Celles-ci peuvent rester en suspension pendant des jours, voire pendant plusieurs semaines et parcourir de longues distances.

La profondeur de pénétration des particules dans l'arbre pulmonaire est directement liée à leurs dimensions, les plus grosses étant arrêtées puis éliminées au niveau du nez et des voies respiratoires supérieures. Le rôle des particules en suspension a été montré dans certaines atteintes fonctionnelles respiratoires, le déclenchement de crises d'asthme et la hausse du nombre de décès pour cause cardio-vasculaire ou respiratoire, notamment chez les sujets sensibles (enfants, bronchitiques chroniques, asthmatiques...).

Le monoxyde de carbone (CO)

Ce gaz provient des combustions incomplètes. Il est émis en grande partie (60 %) par le chauffage urbain, collectif ou individuel. Le trafic routier, vient en deuxième position avec 31 % des émissions. Dans l'atmosphère, il se combine en partie et à moyen terme avec l'oxygène pour former du dioxyde de carbone (CO₂). On le rencontre essentiellement au niveau du sol à proximité des sources d'émission. Il participe avec les oxydes d'azote et les composés organiques volatils, à la formation d'ozone troposphérique.

Le CO est dangereux car non décelable. Son effet toxique se manifeste à de très faibles concentrations en exposition prolongée. Le CO est principalement un poison sanguin. Il se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang conduisant à un manque d'oxygénation du système nerveux, du cœur et des vaisseaux sanguins. Les premiers symptômes de l'intoxication sont les seuls signaux d'alarme : maux de tête, une vision floue, des malaises légers, des palpitations. Si les concentrations de CO sont élevées, l'intoxication se traduit par des nausées, des vomissements, des vertiges ou, plus grave, un évanouissement puis la mort. La gravité de l'intoxication dépend de la quantité de CO fixé par l'hémoglobine. Elle est donc liée à plusieurs facteurs : la concentration de CO dans l'air, la durée d'exposition et le volume respiré.

Le dioxyde de soufre (SO₂)

C'est le principal composant de la pollution « acide ». Malgré une diminution de 60 % en France entre 1980 et 1990, du essentiellement à la réduction de la production électrique par les centrales thermiques, le SO₂ provient à plus de 80 % de l'utilisation des combustibles contenant du soufre (fuel et charbon).

Le dioxyde de soufre est un gaz irritant, notamment pour l'appareil respiratoire. Les fortes pointes de pollution peuvent déclencher une gêne respiratoire chez les personnes sensibles (asthmatiques, jeunes enfants...). Les efforts physiques intenses accroissent les effets du dioxyde de soufre. Aux concentrations habituellement observées dans l'environnement, une très grande proportion du dioxyde de soufre inhalé est arrêtée par les sécrétions muqueuses du nez et des voies respiratoires supérieures. Le dioxyde de soufre qui atteint le poumon profond, passe dans la circulation sanguine puis est éliminé par voie urinaire. Des études épidémiologiques ont montré qu'une hausse des taux de dioxyde de soufre s'accompagnait notamment d'une augmentation du nombre de décès pour cause cardio-vasculaire.

Les métaux lourds

Ils englobent l'ensemble des métaux présentant des caractères toxiques pour la santé et l'environnement. Ils proviennent essentiellement de la combustion du charbon, du pétrole ou des ordures ménagères ainsi que de procédés industriels (fonderies, usinage, ...). Parmi ces métaux, on peut citer, le plomb, l'arsenic, le cadmium, le nickel. Dans l'air, ils se retrouvent le plus souvent au niveau des particules. Le mercure est présent plutôt à l'état gazeux.

L'acide chlorhydrique (HCl)

Ce polluant participe à la formation des retombées acides. Il provient surtout de l'incinération des ordures ménagères et, notamment, des plastiques comme le PVC (polychlorovinyle).

Le mercure gazeux (Hg)

Le mercure gazeux est principalement émis par les activités humaines, notamment par le secteur industriel et la production d'énergie. Le mercure représente un risque sur la santé humaine en étant absorbé par voie pulmonaire, puis accumulé au niveau des reins, du foie et du cerveau, pouvant engendrer des irritations respiratoires et des troubles neurologiques graves.

Les dioxines et furanes

Les sources principales en sont la combustion (incinération des ordures ménagères en particulier) et la sidérurgie. Contrairement aux autres polluants, l'exposition de l'homme passe très peu par l'air : les dioxines et les furanes s'accumulent le long des chaînes alimentaires (poisson, viande, lait, ...) et l'ingestion d'aliments est responsable à 90 % de la contamination humaine.

Annexe 8 : laboratoires d'analyse

analyse des concentrations atmosphériques en métaux et HCl et
analyse des métaux dans les retombées totales

IANESCO

6, rue Carol Heitz

BP 90974

86038 POITIERS CEDEX

Accrédité par le COFRAC au titre de la norme NF EN ISO/CEI 17025 : 2005.

analyse des dioxines et furanes dans les retombées totales

Micropolluants Technologies SA

4, rue de Bort-les-Orgues

ZAC de Grimont

BP 40010

57070 SAINT-JULIEN-LES-METZ

Accrédité par le COFRAC au titre de la norme NF EN ISO/CEI 17025 : 2005 et par le ministère du développement durable pour la mesure des concentrations en dioxines et furanes.

analyse des tubes d'acide fluorhydrique

TERA

628 rue Charles de Gaulle

38920 CROLLES

Annexe 9 : tests statistiques (ANOVA)

Concentrations atmosphériques en métaux (phase printanière)

Arsenic	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-ArsenicP1
S1	0,142	0,184	0,136	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,426	0,356	0,324	
S3	0,357	0,192	0,257	
S4	0,356	0,319	0,344	
Moyenne	0,32	0,26	0,27	
Ecart-type	0,12	0,09	0,09	
Etendue	0,28	0,17	0,21	
ICinf	0,12	0,14	0,12	
ICsup	0,52	0,39	0,41	

Cadmium	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-CD1
S1	0,025	0,030	0,021	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,031	0,030	0,027	
S3	0,047	0,032	0,028	
S4	0,062	0,063	0,073	
Moyenne	0,04	0,04	0,04	
Ecart-type	0,02	0,02	0,02	
Etendue	0,04	0,03	0,05	
ICinf	0,01	0,01	0,00	
ICsup	0,07	0,06	0,07	

Plomb	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-PB1
S1	0,744	0,984	0,600	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	1,084	1,058	0,891	
S3	2,232	1,341	1,322	
S4	2,909	4,824	2,525	
Moyenne	1,74	2,05	1,33	
Ecart-type	1,01	1,85	0,85	
Etendue	2,17	3,84	1,93	
ICinf	0,20	0,68	0,03	
ICsup	3,28	4,78	2,70	

Nickel	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-NI1
S1	0,249	0,317	0,163	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,369	0,351	0,199	
S3	0,771	0,296	0,276	
S4	0,930	0,475	0,522	
Moyenne	0,58	0,36	0,29	
Ecart-type	0,32	0,08	0,16	
Etendue	0,68	0,18	0,36	
ICinf	0,10	0,23	0,03	
ICsup	1,06	0,49	0,54	

Chrome	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-CR1
S1	0,417	0,375	0,120	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,813	0,748	0,310	
S3	1,466	0,536	0,428	
S4	1,422	0,669	0,803	
Moyenne	1,03	0,58	0,42	
Ecart-type	0,51	0,16	0,29	
Etendue	1,05	0,37	0,68	
ICinf	0,28	0,32	0,07	
ICsup	1,77	0,85	0,90	

Cuivre	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-CU1
S1	2,033	1,382	0,729	L'analyse de la variance fait ressortir une différence significative de Gendarmerie par rapport aux 2 autres sites
S2	3,944	3,056	1,663	
S3	4,017	2,184	1,699	
S4	4,171	3,275	2,468	
Moyenne	3,54	2,47	1,64	
Ecart-type	1,01	0,87	0,71	
Etendue	2,14	1,89	1,74	
ICinf	2,02	1,13	0,41	
ICsup	5,06	3,82	2,87	

Manganèse	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-MG1
S1	2,283	1,747	1,267	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	2,386	2,129	1,485	
S3	9,627	2,490	2,328	
S4	9,374	3,589	3,691	
Moyenne	5,92	2,49	2,19	
Ecart-type	4,14	0,79	1,10	
Etendue	7,34	1,84	2,42	
ICinf	0,70	1,18	0,47	
ICsup	11,13	3,80	3,91	

Cobalt	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-CO1
S1	< LQ	< LQ	< LC	Pas de données
S2	< LQ	< LQ	< LC	
S3	0,153	< LQ	< LQ	
S4	0,142	< LQ	< LQ	
Moyenne	0,15	#DIV/0!	#DIV/0!	
Ecart-type	0,01	#DIV/0!	#DIV/0!	
Etendue	0,01	-	-	
ICinf	0,14	#DIV/0!	#DIV/0!	
ICsup	0,16	#DIV/0!	#DIV/0!	

Vanadium	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-V1
S1	0,417	0,324	0,267	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,284	0,245	0,374	
S3	1,721	0,460	0,453	
S4	1,746	0,656	0,764	
Moyenne	1,04	0,42	0,46	
Ecart-type	0,80	0,18	0,21	
Etendue	1,46	0,41	0,50	
ICinf	0,00	0,13	0,11	
ICsup	2,08	0,71	0,82	

Antimoine	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-SB1
S1	0,157	0,091	0,093	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,516	0,387	0,271	
S3	0,344	0,281	0,264	
S4	0,711	3,924	0,337	
Moyenne	0,43	1,17	0,24	
Ecart-type	0,24	1,84	0,10	
Etendue	0,55	3,83	0,24	
ICinf	0,04	1,55	0,07	
ICsup	0,83	3,89	0,41	

Concentrations atmosphériques en métaux (phase hivernale)

Arsenic	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-AS2
S1	0,190	0,219	0,274	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,027	0,090	0,122	
S3		0,075	0,080	
S4	0,081	0,063	0,070	
S5	0,056			
Moyenne	0,09	0,11	0,14	
Ecart-type	0,07	0,07	0,09	
Etendue	0,16	0,16	0,20	
ICinf	0,03	0,00	0,01	
ICsup	0,20	0,22	0,28	

Cadmium	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-CD2
S1	0,060	0,059	0,064	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2		0,024	0,027	
S3		0,013	0,018	
S4	0,007	0,007	0,010	
S5	0,009			
Moyenne	0,03	0,03	0,03	
Ecart-type	0,03	0,02	0,02	
Etendue	0,05	0,05	0,05	
ICinf	0,01	0,01	0,01	
ICsup	0,06	0,06	0,07	

Plomb	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-PB2
S1	1,758	1,995	1,843	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2		0,585	0,412	
S3		0,466	0,356	
S4	0,275	0,396	0,274	
S5	0,255			
Moyenne	0,76	0,86	0,72	
Ecart-type	0,86	0,76	0,75	
Etendue	1,50	1,60	1,57	
ICinf	0,30	0,28	0,39	
ICsup	1,83	2,00	1,83	

Nickel	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-NI2
S1	0,364	0,468	0,399	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,417	0,212	0,177	
S3		0,394	0,186	
S4	0,226	0,243	0,107	
S5	0,112			
Moyenne	0,28	0,33	0,22	
Ecart-type	0,14	0,12	0,13	
Etendue	0,30	0,26	0,29	
ICinf	0,06	0,15	0,01	
ICsup	0,50	0,51	0,42	

Chrome	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-CR2
S1	0,786	0,918	0,781	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,433	0,214	0,195	
S3		0,660	0,165	
S4	0,432	0,396	0,096	
S5	0,210			
Moyenne	0,47	0,55	0,31	
Ecart-type	0,24	0,31	0,32	
Etendue	0,58	0,70	0,68	
ICinf	0,06	0,05	0,18	
ICsup	0,87	1,05	0,80	

Cuivre	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-CU2
S1	2,416	3,012	2,206	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,618	0,937	0,525	
S3		0,813	0,533	
S4	1,109	0,539	0,398	
S5	1,345			
Moyenne	1,37	1,33	0,92	
Ecart-type	0,76	1,14	0,86	
Etendue	1,80	2,47	1,81	
ICinf	0,10	0,43	0,37	
ICsup	2,65	3,08	2,20	

Manganèse	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-MG2
S1	1,692	1,649	1,907	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,325	0,416	0,412	
S3		1,269	1,081	
S4	0,615	0,475	0,411	
S5	0,524			
Moyenne	0,79	0,95	0,95	
Ecart-type	0,61	0,61	0,71	
Etendue	1,37	1,23	1,50	
ICinf	0,18	0,08	0,11	
ICsup	1,76	1,83	2,01	

Cobalt	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-CO2
S1	< LQ	< LQ	< LC	Pas de données
S2	< LQ	< LQ	< LC	
S3		< LQ	< LQ	
S4	< LQ	< LQ	< LQ	
S5	< LQ			
Moyenne	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
Ecart-type	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
Etendue	-	-	-	
ICinf	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
ICsup	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	

Vanadium	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-V2
S1	0,173	0,160	0,192	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2		0,101	0,103	
S3		0,272	0,216	
S4	0,079	0,066	0,069	
S5	< LQ			
Moyenne	0,13	0,15	0,14	
Ecart-type	0,07	0,09	0,07	
Etendue	0,09	0,21	0,15	
ICinf	0,06	0,00	0,04	
ICsup	0,19	0,30	0,25	

Antimoine	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-SB2
S1	0,280	0,186	0,206	Pas de données
S2	< LQ	0,056	< LC	
S3		< LQ	< LQ	
S4	< LQ	< LQ	< LQ	
S5	< LQ			
Moyenne	0,28	0,12	0,20	
Ecart-type	#DIV/0!	0,09	#DIV/0!	
Etendue	-	0,13	-	
ICinf	0,28	0,03	0,20	
ICsup	0,28	0,21	0,20	

Concentrations atmosphériques en HCl (phase printanière)

HCL	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-HCL1
S1	0,266	0,248	0,544	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,645	0,470	0,428	
S3	0,470	0,429	0,413	
S4	0,530	0,574	0,487	
Moyenne	0,48	0,43	0,47	
Ecart-type	0,16	0,14	0,06	
Etendue	0,38	0,33	0,13	
ICinf	0,21	0,20	0,38	
ICsup	0,75	0,66	0,56	

Concentrations atmosphériques en HCl (phase hivernale)

HCL	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	ANOVA-HCL2
S1	0,157	0,500	0,056	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,011	0,169	0,463	
S3		0,146	0,097	
S4	0,089	0,648	0,093	
S5	0,039			
Moyenne	0,07	0,37	0,18	
Ecart-type	0,06	0,25	0,19	
Etendue	0,15	0,50	0,41	
ICinf	0,03	0,01	0,11	
ICsup	0,18	0,72	0,47	

Retombées en métaux lourds

Arsenic	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Cadmium	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Plomb	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau
Phase 1	1,997	0,484	0,298	Phase 1	< L.Q.	0,255	< L.Q.	Phase 1	2,380	3,907	1,700
Phase 2	< L.Q.	< L.Q.	< L.Q.	Phase 2	< L.Q.	< L.Q.	< L.Q.	Phase 2	0,380	-0,070	0,015
Moyenne				Moyenne				Moyenne	1,38	1,92	
Ecart-type				Ecart-type				Ecart-type	1,41	2,81	
Etendue				Etendue				Etendue	2,00	3,98	
ICinf				ICinf				ICinf	0,04	0,91	
ICsup				ICsup				ICsup	2,80	4,74	
Cobalt	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Nickel	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Mercur	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau
Phase 1	1,020	< L.Q.	< L.Q.	Phase 1	3,459	1,826	0,859	Phase 1	< L.Q.	< L.Q.	< L.Q.
Phase 2	< L.Q.	< L.Q.	< L.Q.	Phase 2	0,752	0,647	1,243	Phase 2	< L.Q.	< L.Q.	< L.Q.
Moyenne				Moyenne	2,11	1,24	1,05	Moyenne			
Ecart-type				Ecart-type	1,91	0,83	0,27	Ecart-type			
Etendue				Etendue	2,71	1,18	0,38	Etendue			
ICinf				ICinf	0,18	0,40	0,78	ICinf			
ICsup				ICsup	4,03	2,07	1,32	ICsup			
Manganèse	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Vanadium	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Antimoine	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau
Phase 1	67,564	24,204	17,429	Phase 1	10,623	1,189	0,765	Phase 1	-0,170	-0,255	-0,340
Phase 2	6,726	6,124	7,721	Phase 2	-0,017	0,274	0,443	Phase 2	< L.Q.	< L.Q.	< L.Q.
Moyenne	37,15	15,16	12,58	Moyenne	5,30	0,73	0,60	Moyenne			
Ecart-type	43,02	12,78	6,86	Ecart-type	7,52	0,65	0,23	Ecart-type			
Etendue	60,84	18,08	9,71	Etendue	10,64	0,91	0,32	Etendue			
ICinf	6,05	2,33	5,68	ICinf	2,25	0,08	0,38	ICinf			
ICsup	80,34	28,00	19,47	ICsup	12,86	1,38	0,83	ICsup			

Retombées en dioxines et furanes

dioxines	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Basse-Indre	furanes	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Basse-Indre
Phase 1	0,579	0,595	0,562	0,729	Phase 1	0,442	0,485	0,480	0,565
Phase 2	0,622	0,603	0,601	0,790	Phase 2	0,509	0,446	0,439	0,651
Moyenne	0,60	0,60	0,58	0,76	Moyenne	0,48	0,47	0,46	0,61
Ecart-type	0,03	0,01	0,03	0,04	Ecart-type	0,05	0,03	0,03	0,06
Etendue	0,04	0,01	0,04	0,06	Etendue	0,07	0,04	0,04	0,09
ICinf	0,57	0,59	0,55	0,72	ICinf	0,43	0,44	0,43	0,55
ICsup	0,63	0,60	0,61	0,80	ICsup	0,52	0,49	0,49	0,67

Annexe 10 : seuils de qualité de l'air 2022

SEUILS DE DÉCLENCHEMENT DES ÉPISODES DE POLLUTION

Décret 2010-1250 du 21/10/2010 – arrêté ministériel du 07/04/2016

TYPE DE SEUIL (µg/m³)	DURÉE CONSIDÉRÉE	POLLUANTS			
		OZONE (O ₃)	DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂)	PARTICULES FINES (PM10)	DIOXYDE DE SOUFRE (SO ₂)
Seuil de recommandation et d'information	Moyenne horaire	180	200	-	300
	Moyenne 24-horaire	-	-	50	-
Seuil d'alerte	Moyenne horaire	240 ⁽¹⁾ 1 ^{er} seuil : 240 ⁽²⁾ 2 ^{ème} seuil : 300 ⁽³⁾ 3 ^{ème} seuil : 360 ou à partir du 2 ^e jour de prévision de dépassement du seuil de recommandation et d'information (persistance)	400 ⁽²⁾ 200 ⁽³⁾	-	500 ⁽²⁾
	Moyenne 24-horaire	-	-	80 ou à partir du 2 ^e jour de dépassement du seuil de recommandation et d'information (persistance)	-

(1) pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire.
(2) dépassé pendant 3h consécutives.
(3) si la procédure de recommandation et d'information a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain.

Seuil de recommandation et d'information : niveau de pollution atmosphérique qui a des effets limités et transitoires sur la santé en cas d'exposition de courte durée et à partir duquel une information de la population est susceptible d'être diffusée.

Seuil d'alerte : niveau de pollution atmosphérique au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

AUTRES SEUILS RÉGLEMENTAIRES

Décret 2010-1250 du 21/10/2010

TYPE DE SEUIL (µg/m³)	DURÉE CONSIDÉRÉE	POLLUANTS												
		OZONE (O ₃)	DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂)	OXYDES D'AZOTE (NO _x)	PARTICULES FINES (PM10)	PARTICULES FINES (PM2.5)	BENZÈNE	MONOXYDE DE CARBONE (CO)	DIOXYDE DE SOUFRE (SO ₂)	PLOMB	ARSENIC	CADMIUM	NICKEL	BENZO(a) PYRÈNE
Valeur limite	Moyenne annuelle	-	40	30 ⁽¹⁾	40	25	5	-	20 ⁽¹⁾	0,5	-	-	-	-
	Moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	20 ⁽¹⁾	-	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	50 ⁽¹⁾	-	-	-	125 ⁽¹⁾	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	200 ⁽⁴⁾	-	-	-	-	-	350 ⁽¹⁾	-	-	-	-	-
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	-	40	-	30	10	2	-	50	0,25	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽⁹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	6 000 ⁽¹⁾⁽⁸⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valeur cible	AOT 40	18 000 ⁽¹⁾⁽⁸⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne annuelle	-	-	-	-	20	-	-	-	0,006	0,005	0,02	0,001	
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽⁹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

(1) pour la protection de la végétation
(2) à ne pas dépasser plus de 35 par an (percentile 90A annuel)
(3) à ne pas dépasser plus de 3 par an (percentile 99,2 annuel)
(4) à ne pas dépasser plus de 18h par an (percentile 99,79 annuel)
(5) à ne pas dépasser plus de 26h par an (percentile 99,73 annuel)
(6) en moyenne sur 5 ans, calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet
(7) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, à ne pas dépasser plus de 25 par an en moyenne sur 3 ans
(8) calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet
(9) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, calculé sur une année civile.

Valeur limite : niveau maximal de pollution atmosphérique, fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement.

Objectif de qualité : niveau de pollution atmosphérique fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

Valeur cible : niveau de pollution fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

Seuils de référence de l'OMS sur la qualité de l'air recommandés en 2022

Polluant	Seuil de référence sur 24 heures	Seuil de référence sur 1 an
PM10 (µg/m³)	45	15
NO2 (µg/m³)	25	10
SO2 (µg/m³)	40	-
CO (mg/m³)	4	-



AIR PAYS DE LA LOIRE

5 rue Édouard-Nignon
CS 70709 – 44307 Nantes cedex 3
Tél + 33 (0)2 28 22 02 02
Fax + 33 (0)2 40 68 95 29
contact@airpl.org

air | pays de
la loire
www.airpl.org