



# ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR

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

Campagne 2021



**air** pays de  
la loire  
[www.airpl.org](http://www.airpl.org)

# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	<b>6</b>
<b>Dispositif</b> .....	<b>7</b>
<b>Mesures de retombées totales</b> .....	<b>12</b>
Dépôts de dioxines et furanes .....	12
Dépôts de métaux lourds .....	14
<b>Mesures de concentrations atmosphériques ...</b>	<b>16</b>
Acide chlorhydrique en phase gazeuse .....	16
Acide fluorhydrique dans l'air .....	18
Métaux lourds dans l'air .....	19
<b>Résultats des mesures automatiques</b> .....	<b>23</b>
Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub> .....	23
Particules fines PM10 .....	26
Dioxyde de soufre SO <sub>2</sub> .....	28
Monoxyde de carbone CO .....	30
Mercure gazeux Hg .....	32
<b>Annexes</b> .....	<b>35</b>

## Contributions

Coordination de l'étude - Rédaction : Arnaud Tricoire et Kristan Cuny-Guirriec,  
Exploitation du matériel de mesure : Arnaud Tricoire et Sonia Cécile,  
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 de l'environnement, précisé par l'arrêté du 1<sup>er</sup> 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](http://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 de notre 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 (NO<sub>2</sub>), le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), 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 2021, la période de prélèvements s'est étendue du 31 mars au 28 avril 2021 pour la première phase et du 8 décembre 2021 au 6 janvier 2022 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 10µm** 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 ?
Dioxines et furanes	1,31 – 1,33 pgéq/m <sup>2</sup> /jour			Non
Métaux lourds (dans l'air)	0 – 10,8 ng/m <sup>3</sup> selon les métaux	☺	☺	Non
Métaux lourds (retombées totales)	0,1 – 98,8 µg/m <sup>2</sup> /jour	☺ (réglementation allemande et suisse)		Non
Acide chlorhydrique HCl	0,22 – 0,26 µg/m <sup>2</sup>			Non
Acide fluorhydrique HF	indéetectable			
PM10	16,7 µg/m <sup>3</sup>	☺	☺	Non
NO <sub>2</sub>	9,6 µg/m <sup>3</sup>	☺	☺	Non
SO <sub>2</sub>	1,2 µg/m <sup>3</sup>	☺	☺	Non
CO	0,2 mg/m <sup>3</sup>	☺	☺	Non
Mercure gazeux	0,8 ng/m <sup>3</sup>	☺ (OEHHA, 2008)		Pas à exclure, poursuite des mesures en 2022

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

Ce tableau de synthèse a été modifié le 14/10/2022, après publication du rapport.

Ce tableau dans la synthèse comportait une erreur par rapport aux conclusions du rapport.

## Conclusions

Les teneurs en polluants enregistrées dans l'environnement d'Arc-en-Ciel sont représentatives d'une zone périurbaine. L'ensemble des niveaux en polluants 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 sur les niveaux des différents polluants n'a été mise en évidence.

# Introduction

Situé sur la commune de Couëron, l'Unité de Valorisation des Déchets Arc-en-Ciel 2034 assure le traitement de plus de 240 000 tonnes de déchets produits annuellement par l'agglomération Nantaise. Parmi ceux-ci, près d'un tiers (entre 100 000 et 110 000 tonnes, représentant 98 % des seuls déchets ménagers) sont valorisés afin de produire de l'énergie (environ 21 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 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 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 : 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, 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  
En orange : site 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 :

- *Nantes – centre*, située au Cimetière de la Bouteillerie, et représentative du **fond urbain**. Les niveaux de PM10, NO<sub>2</sub> et CO y sont comparés ;
- *Saint-Etienne-de-Montluc*, représentative du **niveau rural**. Les concentrations de PM10, NO<sub>2</sub> et SO<sub>2</sub> y sont comparées ;
- la station *Léon Blum* à *Saint-Nazaire*, représentative du **fond urbain**. Les niveaux de SO<sub>2</sub> 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 NO<sub>2</sub>, le dioxyde de soufre SO<sub>2</sub>, les particules fines PM<sub>10</sub>, 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 modifié 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 <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , CO, Hg	dioxines et furanés	métaux	ions chlorures
<b>Durée d'exposition</b>		<b>Hebdomadaire (4 échantillons par site)</b>		<b>Quart- horaire</b>	<b>Mensuel ( 2 fois dans l'année )</b>		
<b>Gendarmerie</b>	industriel	X	X	X (4 semaines en hiver)	X	X	X
<b>Saint-Jean-de-Boiseau</b>	industriel	X	X		X	X	X
<b>Stade Hauray</b>	site témoin	X	X		X	X	X
<b>Basse-Indre</b>	site témoin				X		
<b>Cimetière de la Bouteillerie</b>	urbain	X (As, Ni, Cd, Pb)		X (NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> )			
<b>Saint-Etienne-de-Montluc</b>	rural			X (NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> )			
<b>Saint-Nazaire</b>	urbain			X (SO <sub>2</sub> )			

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 2021, en condition estivale
- du 8 décembre 2021 au 6 janvier 2022, 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	été 2021		hiver 2021	
	Date début	Date fin	Date début	Date fin
semaine 1	31/03/2021	07/04/2021	08/12/2021	15/12/2021
semaine 2	07/04/2021	14/04/2021	15/12/2021	22/12/2021
semaine 3	14/04/2021	21/04/2021	22/12/2021	29/12/2021
semaine 4	21/04/2021	28/04/2021	29/12/2021	06/01/2021

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	été 2021		hiver 2021	
	Date début	Date fin	Date début	Date fin
période	31/03/2021	28/04/2021	08/12/2021	06/01/2022

Les périodes de mesure par analyseurs automatiques (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, PM10 et Hg gazeux) ont été réalisées uniquement sur la période hivernale :

Site	hiver 2021	
	Date début	Date fin
période	08/12/2021	06/01/2022

# Taux de validité des mesures

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

	Campagne estivale	Campagne hivernale
PM10	-	97 %
NO <sub>2</sub>	-	97 %
SO <sub>2</sub>	-	96 %
CO	-	95 %
Mercurie gazeux	-	88 %
Dioxines et furanes (retombées atmosphériques)	100 %	100 %
Métaux (retombées atmosphériques)	100 %	100 %
HCl gazeux	100 %	100 %
HF gazeux	100 %	100 %
Métaux (concentrations atmosphériques)	100 %	100 %

Le taux de fonctionnement pendant les deux campagnes sont conformes aux exigences réglementaires, qui stipulent une disponibilité de 85 % au minimum des données pour considérer les mesures comme représentatives<sup>1</sup>.

## Conditions météorologiques

### Été 2021

La campagne estivale a été marquée par un ensoleillement exceptionnel et une faible pluviométrie, favorisant de fortes amplitudes de températures journalières. Ce type de situation météorologique est favorable à l'accumulation des polluants, notamment par des phénomènes de couches d'inversion thermique.

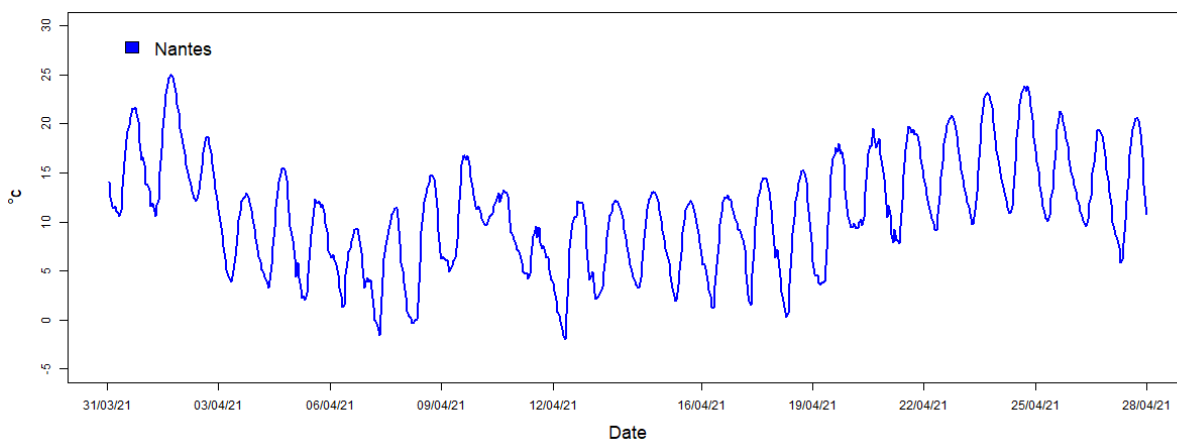


Figure 2 : évolution des températures au cours de la campagne estivale, du 31 mars au 28 avril 2021 (source des données : station Météo-France de Nantes-Atlantique)

Les vents ont été uniformes tout au long de la campagne de mesure, avec une unique composante nord-est, comprise entre 330°N et 90°N. C'est ce qui explique la persistance de conditions sèches et les fortes amplitudes thermiques au cours du mois de mesure.

<sup>1</sup> Guide méthodologique « Calcul des statistiques relatives à la qualité de l'air », LCSQA, juin 2016

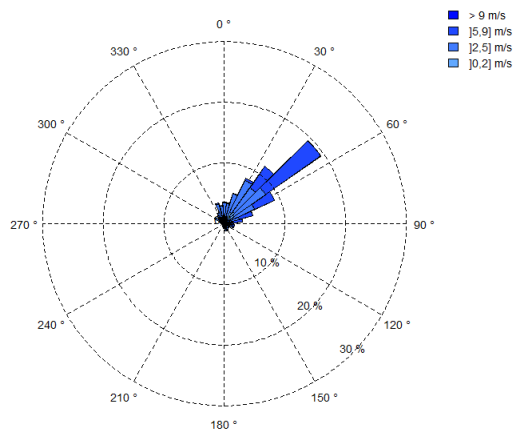


Figure 3 : rose des vents au cours de la campagne estivale, du 31 mars au 28 avril 2021 (source des données : station Météo-France de Nantes-Atlantique)

Du fait de la stabilité des vents au cours de la campagne, les 2 sites sous influence de l'UVE sont exposés de manière très différente. Le site de la gendarmerie de Couëron, sous les vents de l'UVE pour des directions de vents compris entre 210 et 240°N, n'est exposé aux émissions de l'UVE que 1,5 % du temps de la campagne estivale. Il peut donc être assimilé à un **site témoin**. A l'inverse, 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 représentés 31 % du temps de la campagne estivale.

## Hiver 2021-2022

La campagne hivernale a connu une situation météorologique assez contrastée, avec des conditions sèches et calmes en début de période, favorables à l'accumulation des polluants, puis une deuxième phase perturbée à partir de la dernière semaine de décembre avec des températures douces et un vent orienté au sud puis au sud-ouest, plaçant le site de la gendarmerie favorablement sous les vents de provenance de l'UVE.

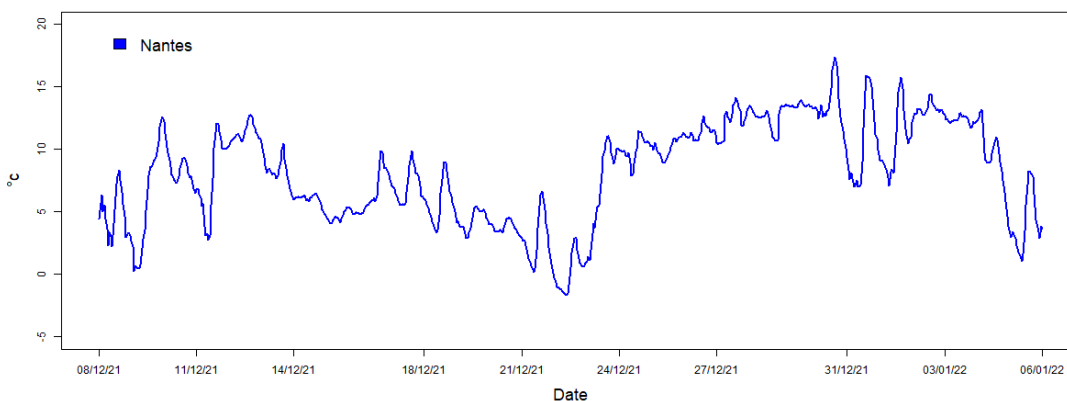


Figure 4 : évolution des températures au cours de la campagne hivernale, du 8 décembre 2021 au 6 janvier 2022 (source des données : station Météo-France de Nantes-Atlantique)

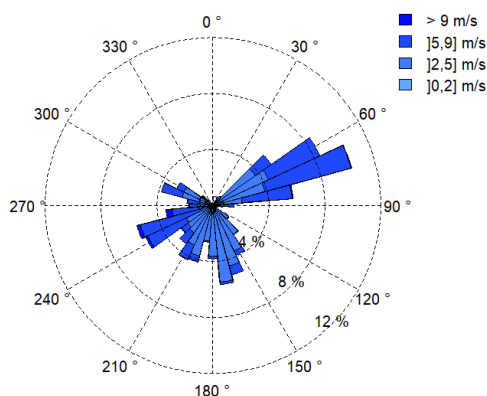


Figure 5 : rose des vents au cours de la campagne hivernale, du 8 décembre 2021 au 6 janvier 2022 (source des données : station Météo-France de Nantes-Atlantique)

Le site de la Gendarmerie à Couëron a été sous les vents de l'UVE (compris entre 210°N et 240°N) durant 16 % du temps de la campagne hivernale. Le site de Saint-Jean-de-Boiseau a été sous les vents de l'UVE (compris entre 40°N et 50°N) durant 5 % du temps de la campagne hivernale.

Les roses de 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 l'OTAN et l'OMS ont défini des facteurs de toxicité équivalente, 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
<b>Toxicité équivalente totale (I-TEQ) en pgéq/m<sup>2</sup>/jour (été)</b>	1,31	1,33	1,28	1,53
<b>Toxicité équivalente totale (I-TEQ) en pgéq/m<sup>2</sup>/jour (hiver)</b>	1,33	1,31	1,44	1,63

Tableau 3 : toxicité équivalente totale (OTAN) pour chaque site de la campagne 2021

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 :

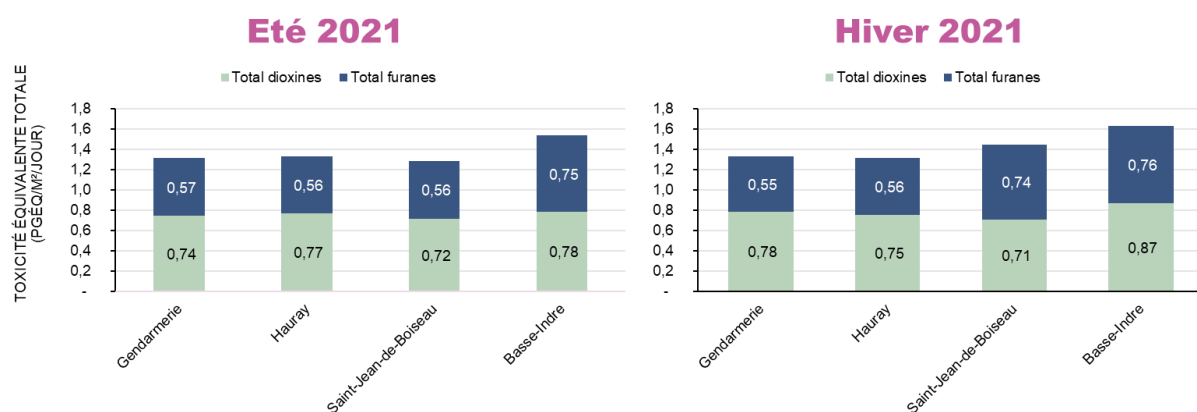


Figure 6 : toxicité équivalente des dioxines et furanes mesurées sur chaque site, au cours des 2 phases de la campagne 2021

Les résultats montrent :

- des niveaux compris entre 1,28 et 1,53 pgéq/m<sup>2</sup>/jour pour la campagne estivale, et entre 1,31 et 1,63 pgéq/m<sup>2</sup>/jour pour la campagne hivernale, selon les sites ;
- des niveaux homogènes sur les sites localisés dans les retombées maximales d'Arc-en-Ciel et les sites témoins.

Les niveaux de dioxines sont supérieurs aux niveaux de furanes sur l'ensemble des sites. 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 2021 sont légèrement supérieures à celles relevées en 2020, mais restent dans le même ordre de grandeur que celles relevées depuis 2014.

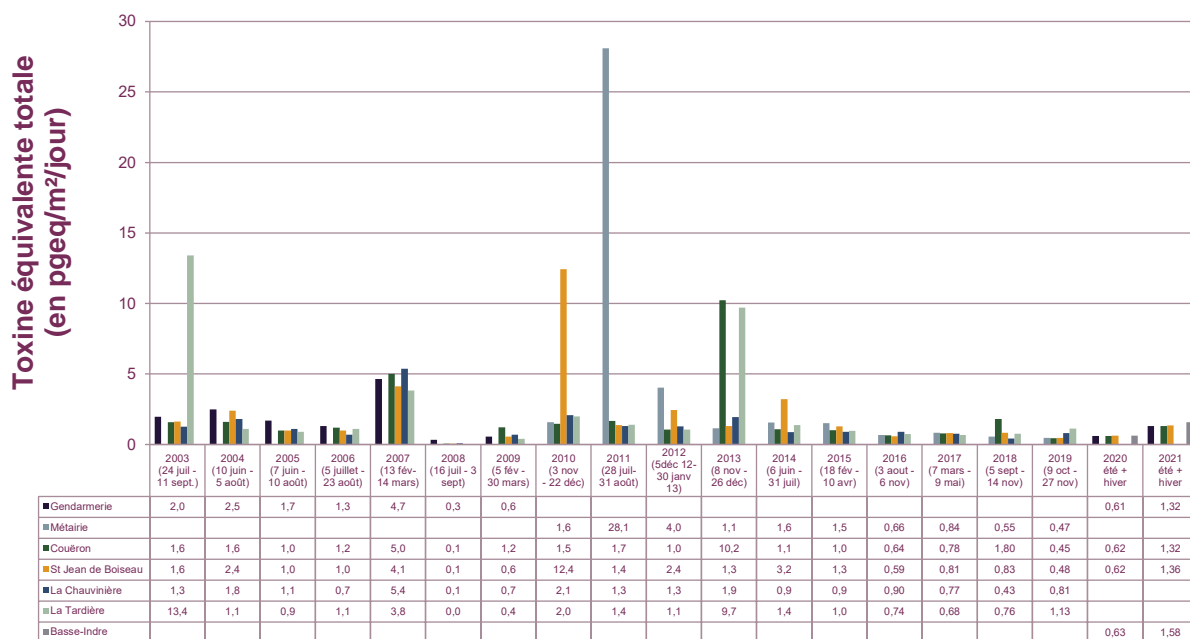


Figure 7 : évolution des retombées en dioxines et furanes autour d'Arc-en-Ciel depuis 2003

Dans la mesure où aucune influence de l'UVE n'avait été établie les années précédentes sur les retombées de dioxines et furanes, les mesures 2021 s'inscrivent dans cet historique et confortent cette conclusion.

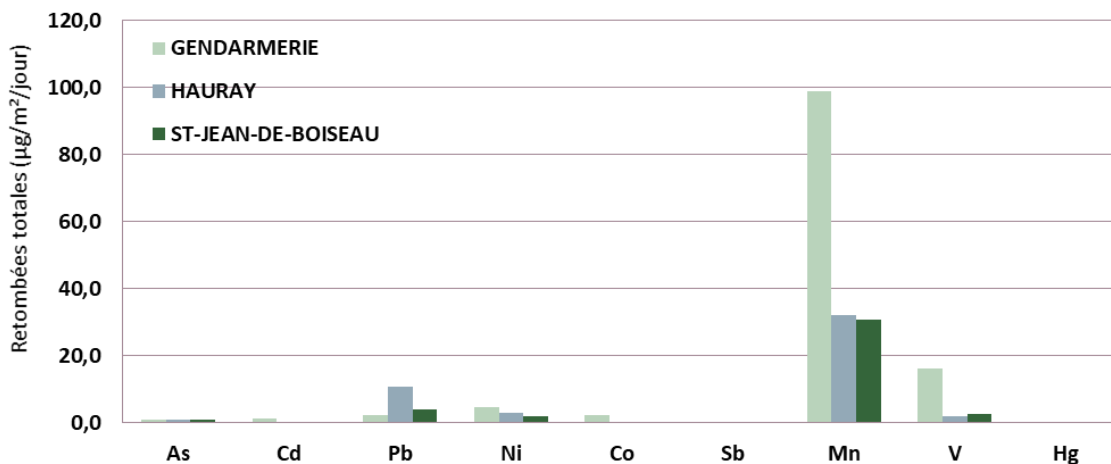


# Dépôts de métaux lourds

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, sur la campagne de l'été 2021 et de l'hiver 2021.

## Eté 2021



## Hiver 2021

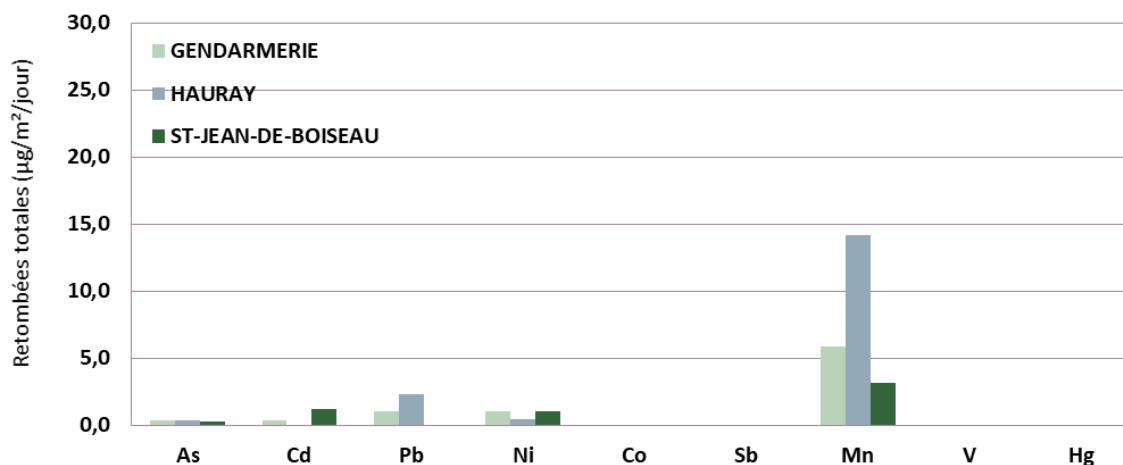


Figure 8 : dépôts des métaux lourds arsenic (As), cadmium (Cd), plomb (Pb), nickel (Ni), cobalt (Co), antimoine (Sb), manganèse (Mn), vanadium (V) et mercure (Hg), au cours des 2 phases de la campagne 2021

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) sont de même ordre de grandeur entre les sites ;
- les mesures de manganèse effectuées à Saint-Jean-de-Boiseau et à Hauray sont du même ordre de grandeur en été, or le site de Saint-Jean-de-Boiseau est sous l'influence de l'UVE durant 31 % du temps (contre 3 % du temps à Hauray). Cela suggère que l'UVE n'a pas d'impact sur les teneurs en manganèse ;
- les mesures de manganèse en été sur le site de la Gendarmerie sont supérieures aux autres sites de mesure, or ce site n'est sous l'influence de l'UVE que pendant 1,5 % du temps, suggérant une activité parasite locale indépendante de l'activité d'Arc-en-Ciel ;
- 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 2021 sont légèrement supérieurs à ceux relevés en 2020, notamment pour le manganèse et le vanadium. Les flux relevés sont toutefois dans les mêmes ordres de grandeurs que ceux observés en zone rurale.

Les niveaux relevés à proximité d’Arc-en-Ciel 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 (µg/m²/j)	Zone rurale*	Zone urbaine*	Arc-en-Ciel hiver 2019	Arc-en-Ciel 2020 (été + hiver)	Arc-en-Ciel 2021 (été + hiver)	Valeurs réglementaires allemandes et suisses
<b>Arsenic</b>	0,6 – 0,7	0,05 – 1,3	0,4 – 0,5	0,1 – 0,7	0,1 – 0,7	4
<b>Cadmium</b>	0,2 – 0,9	0,3 – 3,0	0,3 – 0,5	0,05 – 0,13	0,05 – 1,2	2
<b>Cobalt</b>				0,1 – 0,6	0,1 – 2,2	
<b>Manganèse</b>	7,2 - 14,7	8,5 – 24,6	8,1 – 12,6	2,2 – 18,2	3,2 – 98,8	
<b>Nickel</b>	1,6 – 3,7	1,0 – 22,9	1,6	0,9 – 1,8	0,5 – 4,5	15
<b>Plomb</b>	3,3 – 10,3	0,4 – 106	1,2 – 1,4	0,1 – 8,2	0,1 – 10,5	100
<b>Vanadium</b>				0,6 – 1,6	0,1 – 16,2	
<b>Antimoine</b>				0,1 – 1,4	< LQ	
<b>Mercur</b>				< LQ	< LQ	

Tableau 4 : flux moyen de dépôt total de métaux recensés dans la littérature<sup>2 à 13</sup>, et valeurs de référence en Allemagne et en Suisse (définies en moyennes annuelles)

\* études menées en France et dans d’autres pays

<sup>2</sup> 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,

<sup>3</sup> 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,

<sup>4</sup> 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,

<sup>5</sup> 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,

<sup>6</sup> 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,

<sup>7</sup> 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,

<sup>8</sup> 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,

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

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

<sup>11</sup> 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,

<sup>12</sup> 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,

<sup>13</sup> 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 estivale, puis hivernale, sur les 3 sites de mesures.

ÉTÉ 2021	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)
<b>Moyenne</b>	<b>0,28 (2 %)</b>	<b>0,32 (3 %)</b>	<b>0,25 (31 %)</b>
Semaine 1	0,26 (0 %)	0,33 (4 %)	0,27 (38 %)
Semaine 2	0,36 (6 %)	0,42 (3 %)	0,27 (14 %)
Semaine 3	0,28 (0 %)	0,29 (2 %)	0,26 (34 %)
Semaine 4	0,22 (0 %)	0,24 (3 %)	0,20 (39 %)

HIVER 2021	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)
<b>Moyenne</b>	<b>0,15 (15%)</b>	<b>0,15 (1 %)</b>	<b>0,11 (6 %)</b>
Semaine 1	0,04 (10 %)	0,07 (2 %)	0,04 (5 %)
Semaine 2	0,03 (0 %)	0,05 (0 %)	0,03 (19 %)
Semaine 3	0,32 (22 %)	0,42 (1 %)	0,28 (1 %)
Semaine 4	0,20 (26 %)	0,07 (0 %)	0,08 (0 %)

Tableau 5 : évolution des concentrations atmosphériques en acide chlorhydrique, au cours de la phase estivale (en haut) et de la phase hivernale (en bas) de la campagne de mesure 2021. Le pourcentage de temps où chaque site était sous les vents de l'UVE par semaine est indiqué entre parenthèse

Les concentrations relevées en été sont supérieures à celles relevées en hiver, de l'ordre de + 0,13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur le site de la Gendarmerie, de + 0,17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur le site d'Hauray, et de + 0,14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à Saint-Jean-de-Boiseau. Ce constat est similaire à celui posé en 2020. Cette différence peut s'expliquer par les conditions particulièrement sèches relevées en avril 2021 (7 mm de pluie) par rapport à décembre 2021 (97,4 mm de pluie), qui ont empêché un lessivage efficace du HCl contenu dans l'air au cours de la campagne estivale. Les concentrations relevées sur les sites le plus souvent sous influence de l'UVE sont du même ordre de grandeur que celles relevées sur les sites non-influencés. Cela suggère l'absence d'impact des émissions d'Arc-en-Ciel sur les concentrations mesurées en HCl sur l'ensemble des sites de mesure.

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.

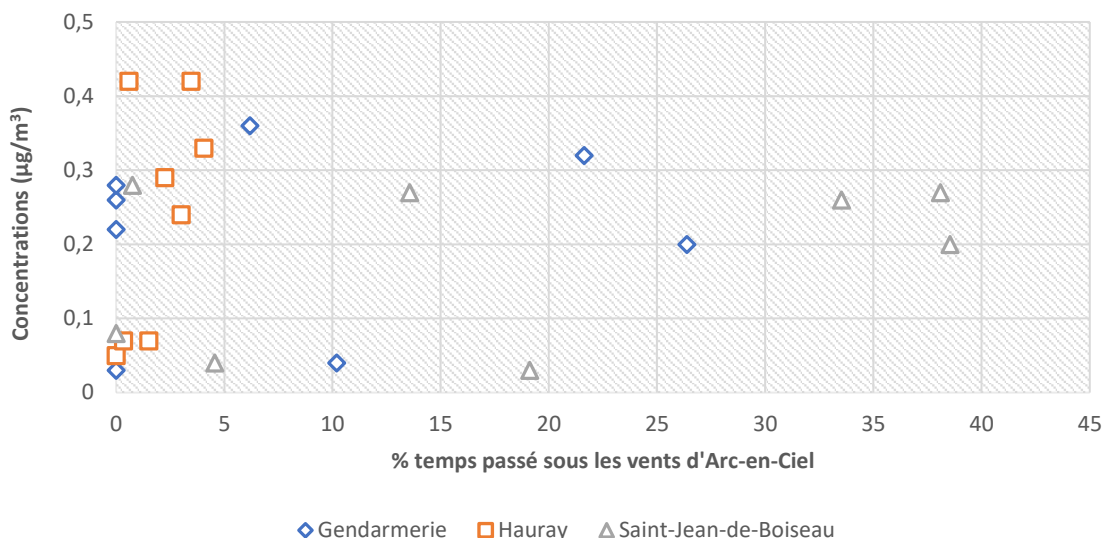


Figure 9 : corrélation entre les concentrations moyennes en acide chlorhydrique en phase gazeuse et le pourcentage de temps passé sous les vents d'Arc-en-Ciel pour chacun des sites, sur les 8 semaines de mesure

## Historique

Les niveaux d'acide chlorhydrique en moyenne en 2021 (entre 0,18 et 0,24 µg/m³ en moyenne selon les sites) s'inscrivent dans les mêmes niveaux que ceux relevés en 2019 et en 2020, et sont légèrement inférieurs à ceux relevés en 2018 (entre 0,39 et 0,50 µg/m³ en moyenne selon les sites). L'influence de l'UVE ayant été écartée ces années précédentes, cela conforte la conclusion qu'Arc-en-Ciel n'aurait pas d'incidence sur les teneurs en acide chlorhydrique relevé à Couëron.

## Evolution de la concentration en HCl gazeux par année et par site

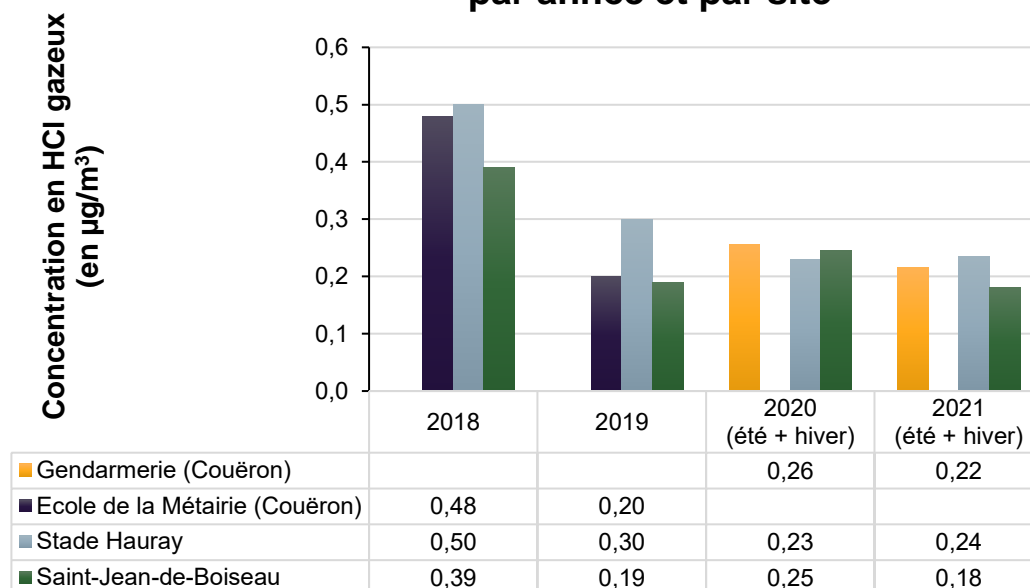


Figure 10 : historique des concentrations en acide chlorhydrique gazeux depuis 2018, sur 3 sites autour d'Arc-en-Ciel. Le site de la Gendarmerie à Couëron a remplacé, depuis 2020, le site de l'école de la Métairie

# 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.

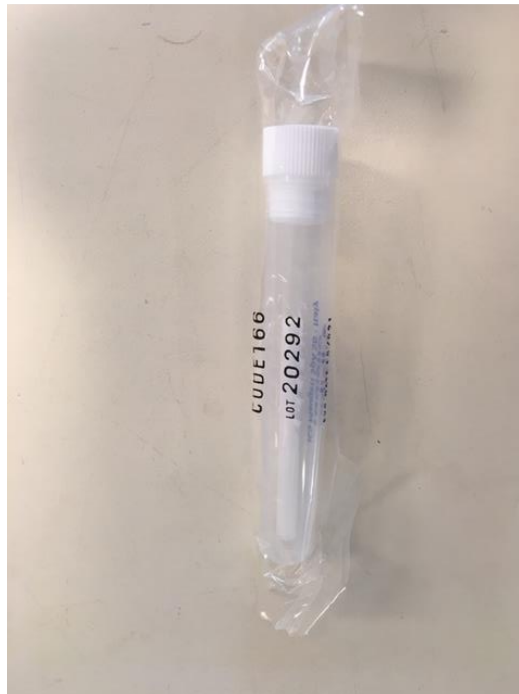


Figure 11 : (à gauche) boîte d'exposition des tubes, placé dans un corps diffusif bleu Radiello à l'aide d'un support triangulaire. (à droite) tubes Radiello code 166 à usage unique.

## Résultats

L'ensemble des mesures de concentrations en acide fluorhydrique, en été 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 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.

Les mesures ont été reconduites pour 2021 ; dans le cas où les concentrations sont à nouveau inférieures aux limites de détection, **Air Pays de la Loire ne préconise pas la reconduction de ces mesures les années suivantes.**



# 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/m<sup>3</sup> et un **objectif de qualité** de 250 ng/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle
- **Pour l'arsenic**, une **valeur cible** de 6 ng/m<sup>3</sup> ;
- **Pour le cadmium**, une **valeur cible** de 5 ng/m<sup>3</sup> ;
- **Pour le nickel**, une **valeur cible** de 20 ng/m<sup>3</sup> ;

## 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, de manganèse et de zinc. À cette quantité est soustrait un blanc, mesuré sur un filtre non exposé.

Les mesures seront par ailleurs comparées aux valeurs réglementaires présentées ci-dessous. Attention toutefois ces valeurs réglementaires sont des moyennes annuelles, et les mesures sur huit semaines ne permettant pas de vérifier explicitement le respect de ces valeurs.

Métal	Valeur réglementaire Moyenne annuelle (ng/m <sup>3</sup> )	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

Valeurs cibles pour les métaux dans l'air

## Résultats

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

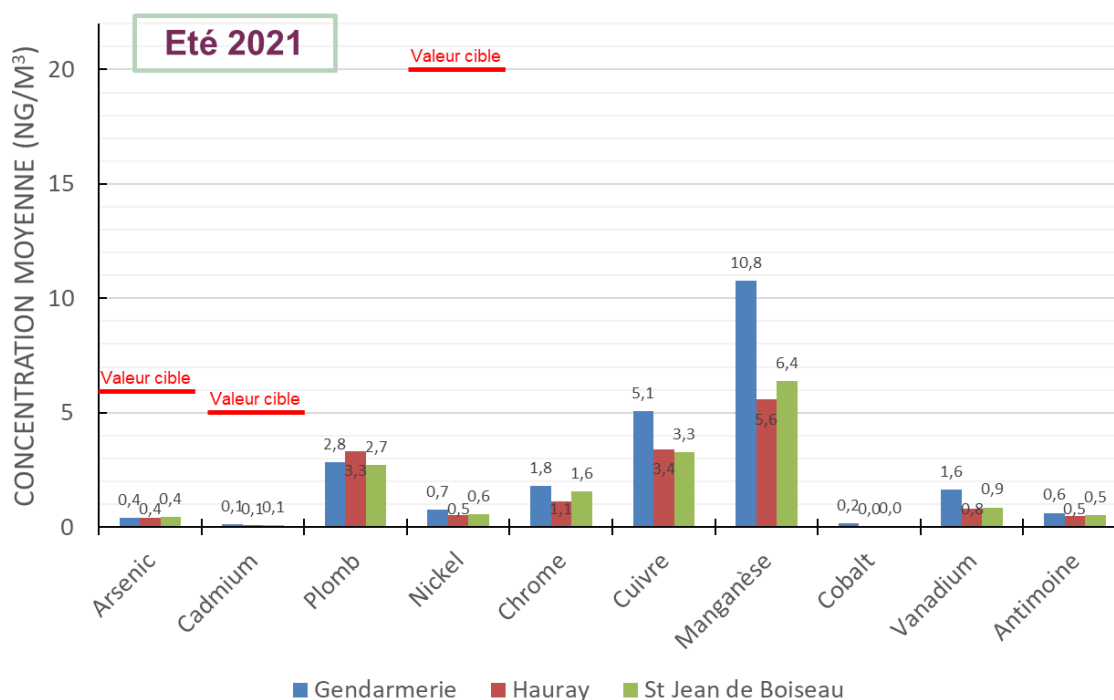


Figure 12 : concentration moyenne (sur 4 semaines) en métaux lourds mesurée pendant la phase estivale

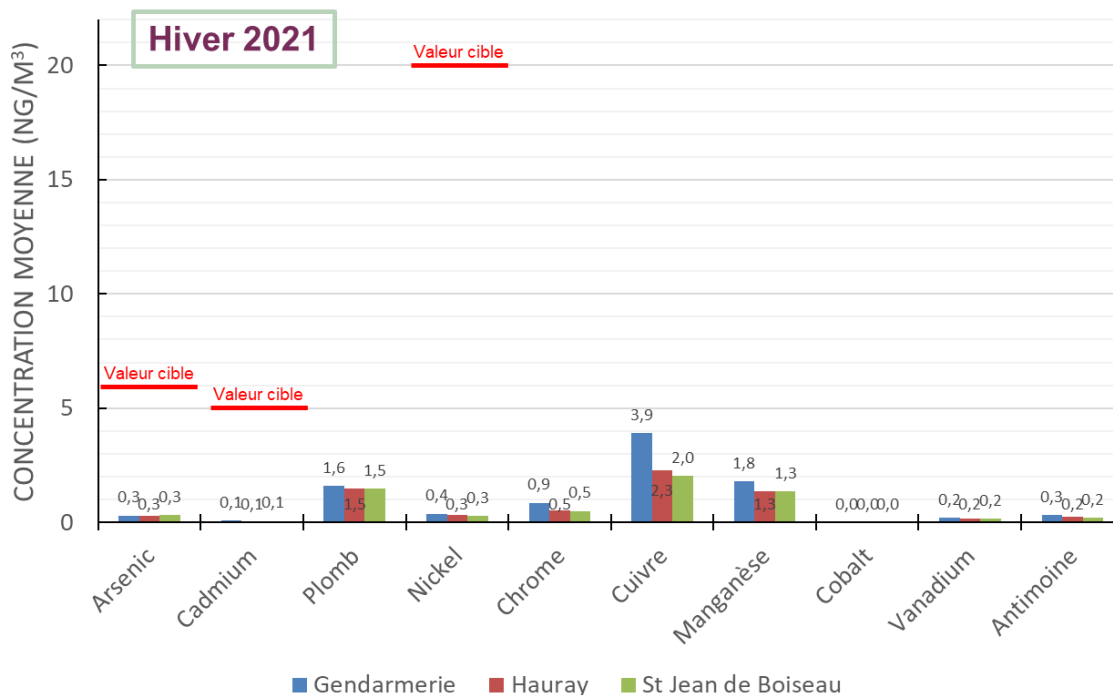
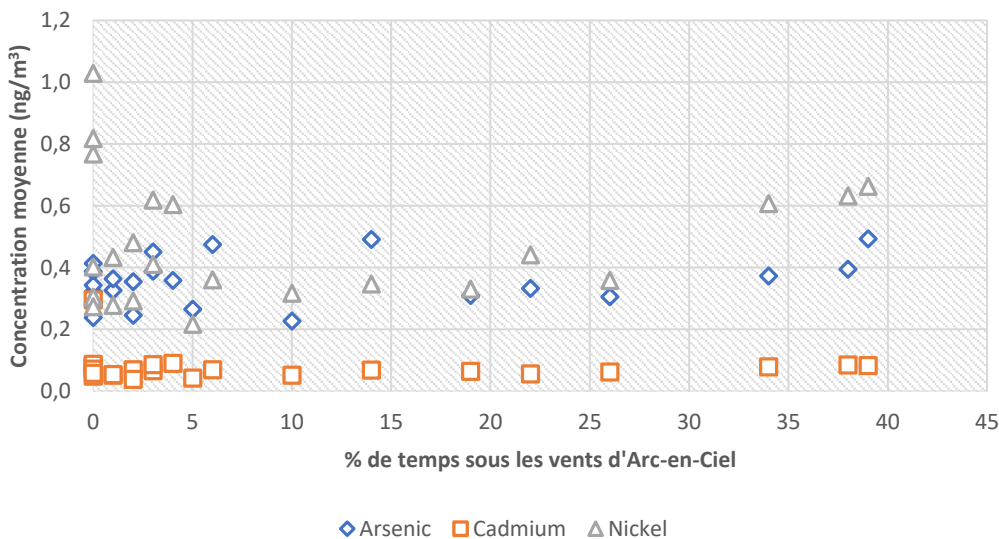


Figure 13 : concentration moyenne (sur 4 semaines) en métaux lourds mesurée pendant la phase hivernale

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

### 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 sur les teneurs atmosphériques mesurées à proximité.



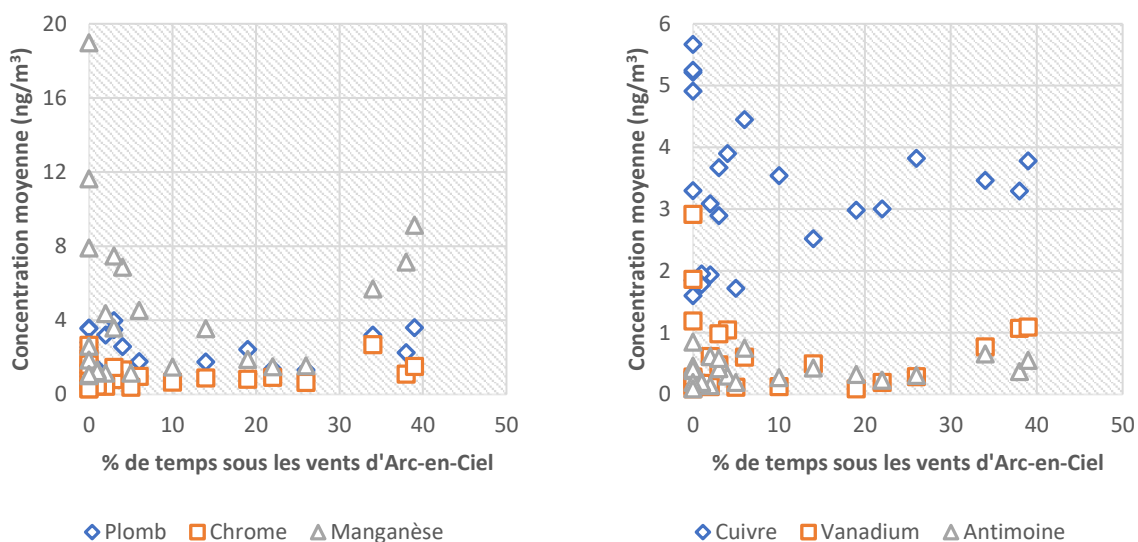


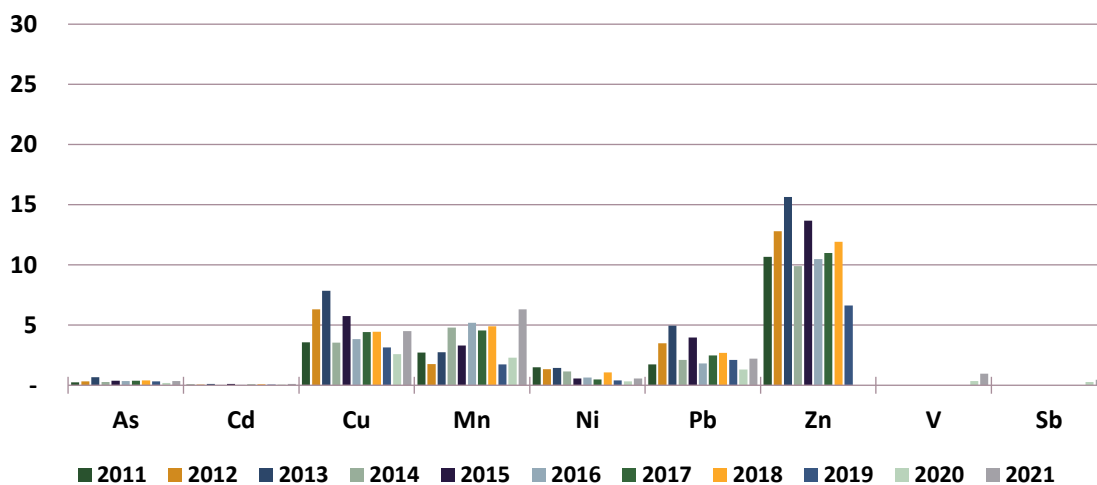
Figure 14 : corrélation entre la concentration moyenne hebdomadaire en métaux lourds sur l'ensemble des sites, et le pourcentage de temps passé sous les vents d'Arc-en-Ciel. En haut : pour l'arsenic, le cadmium et le nickel ; en bas à gauche : pour le plomb, le chrome et le manganèse ; en bas à droite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

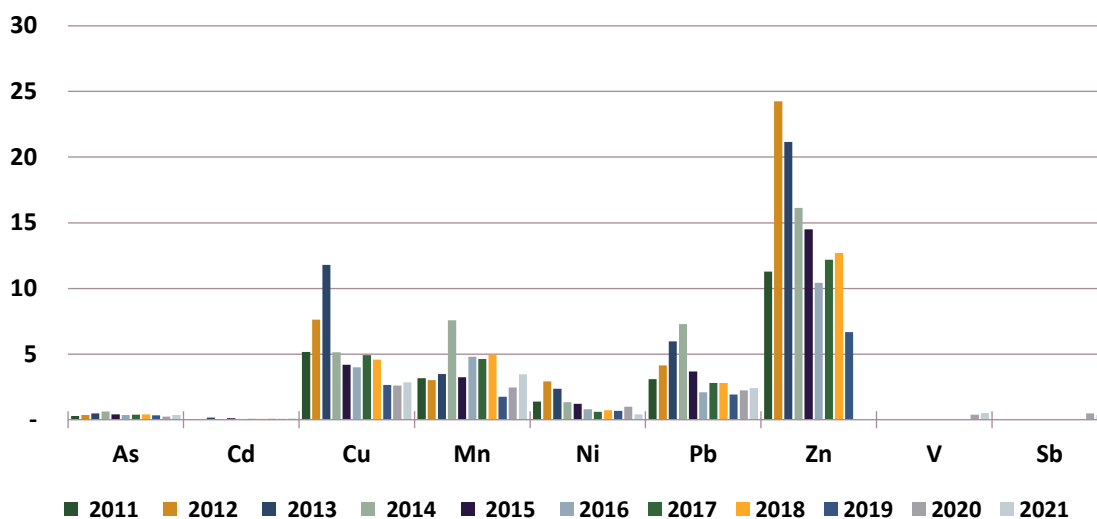
## Historique

Les mesures 2021 s'inscrivent dans la continuité de l'historique des mesures des dix dernières années, avec des valeurs supérieures à celles relevées en 2020 (notamment pour le Cuivre et le Manganèse), mais qui restent dans la gamme des valeurs relevées depuis 2011.

### Gendarmerie (2005-2009 et 2020-2021) Ecole de la Métairie (2010 à 2019)



### Stade Hauray



### Saint-Jean-de-Boiseau

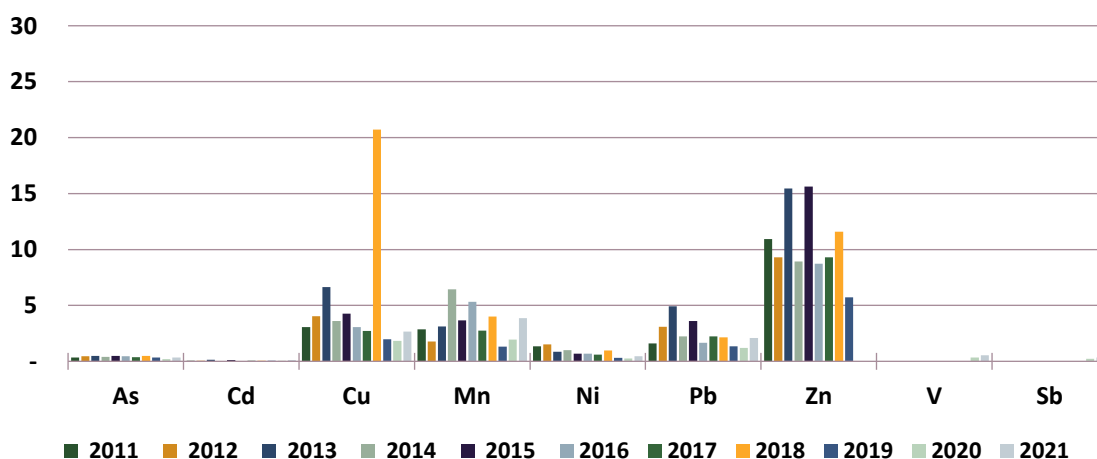


Figure 15 : évolution des concentrations en métaux lourds depuis 2011, pour chaque site autour d'Arc-en-Ciel

# Résultats des mesures automatiques

## Dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>

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

- Une **valeur limite en moyenne annuelle** fixée à 40 µg/m<sup>3</sup>
- Une **valeur limite en moyenne horaire** fixée à 200 µg/m<sup>3</sup>, à ne pas dépasser plus de 18 heures par an
- Un **seuil d'information et de recommandation** fixée à 200 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire
- À titre d'information, l'OMS (2021) préconise une valeur guide de 25 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière, et 10 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle

Le tableau ci-dessous résume les principaux résultats des concentrations mesurées au cours des 29 jours de campagne de mesure hivernale :

	Moyenne (µg/m <sup>3</sup> )	Maximum-horaire (µg/m <sup>3</sup> )	Maximum journalier (µg/m <sup>3</sup> )
<b>Gendarmerie, Couëron</b>	9,6	49,5	20,8
<b>Nantes, Centre</b>	13,4	66,1	27,3
<b>Saint-Etienne-de-Montluc</b>	4,9	20,1	11,3

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.

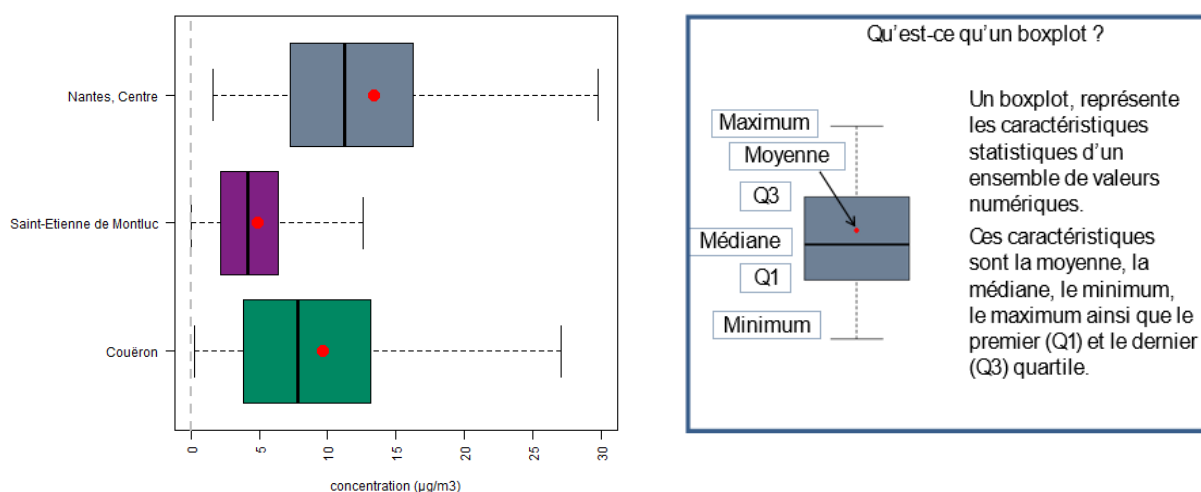


Figure 16 : boxplot des concentrations horaires de NO<sub>2</sub> sur la campagne hivernale 2021, pour chaque site

Avec une concentration horaire maximale de 49,5 µg/m<sup>3</sup> relevée à Couëron le 9 décembre 2021, 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/m<sup>3</sup> 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 20,8 µg/m<sup>3</sup> le 8 décembre 2021.



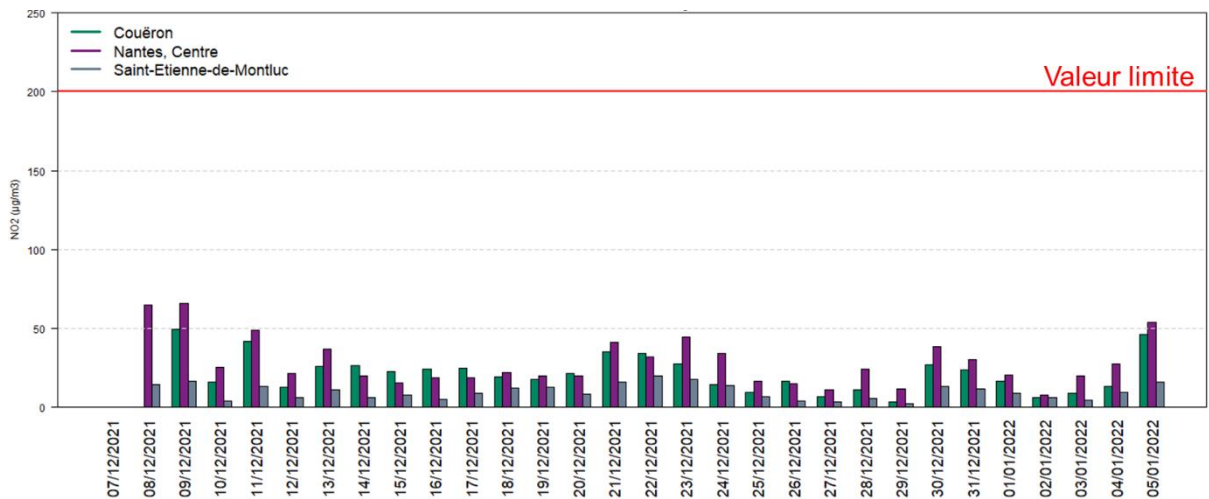


Figure 17 : évolution de la concentration maximum-horaire journalière en NO<sub>2</sub> durant la campagne 2021, pour chaque site, dont 2 non influencés par l'UVE

L'évolution des concentrations de NO<sub>2</sub> 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 NO<sub>2</sub> 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-Montluc).

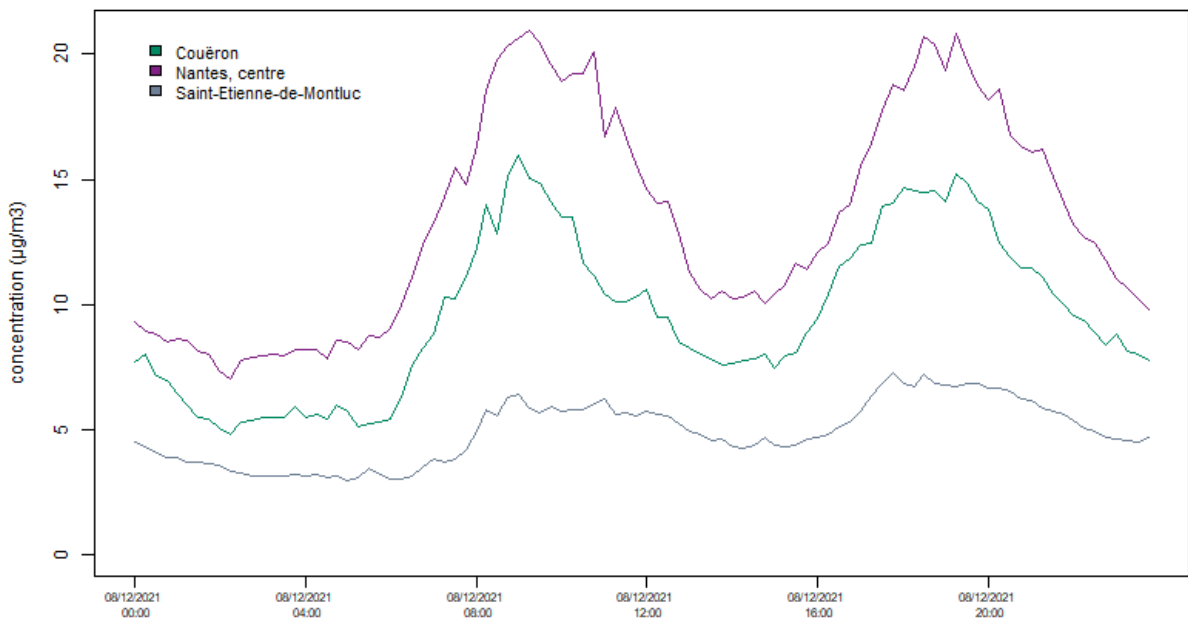


Figure 18 : profil journalier type en concentration horaire de NO<sub>2</sub>, pour chaque site

La rose de pollution appuie ces observations, avec des concentrations en NO<sub>2</sub> relevées à Couëron qui sont plus élevées lorsque les vents proviennent des environnements urbains, c'est-à-dire lorsque le vent provient du nord-est en direction de l'agglomération nantaise, ou provient de l'ouest en direction du bourg de Couëron, ou provient du sud en direction de La Montagne. L'influence de l'UVE située à 225-245°N du site de mesure n'est pas visible sur la rose de pollution, traduisant l'absence d'influence de cette dernière dans les niveaux relevés à Couëron.

## 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 polluants 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 à la moyenne de concentrations relevées lorsque le capteur est exposé à des vents de cette direction.



Figure 19 : rose de pollution des concentrations de pointe (P98) en NO<sub>2</sub> mesurées sur le site de la Gendarmerie, à Couëron

# 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 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>Gendarmerie, Couëron</b>	16,7	45,7	30,1
<b>Nantes, Centre</b>	16,0	130,6	29,3
<b>Saint-Etienne-de-Montluc</b>	13,6	40,0	26,9

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

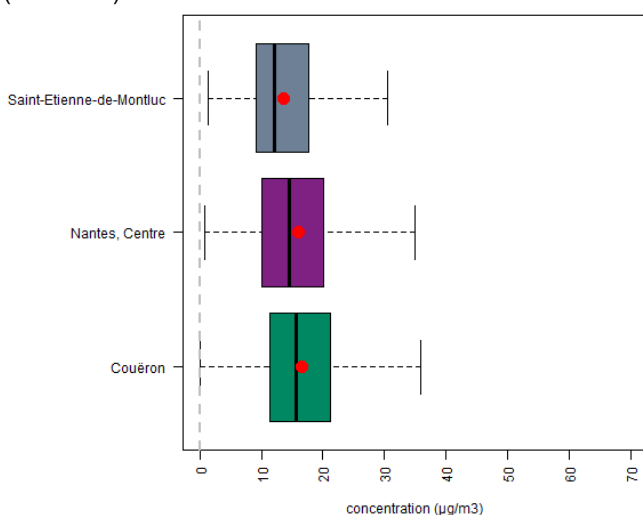


Figure 20 : boxplot des concentrations horaires en particules fines PM10 durant la campagne de l'hiver 2021, pour chaque site

Avec une valeur maximum journalière de  $30,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  relevée à Couëron pour la journée du 22 décembre 2021, 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.

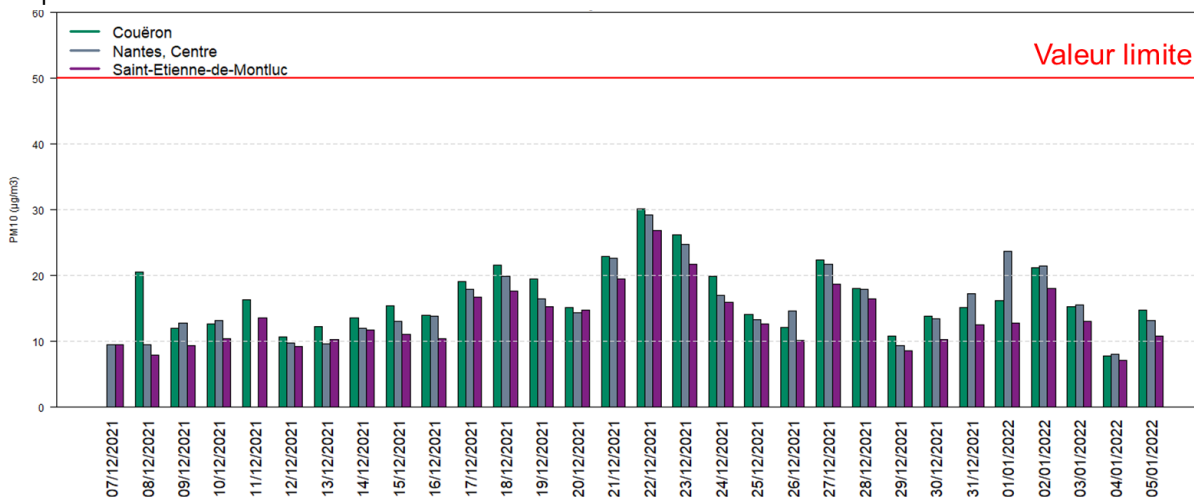


Figure 21 : évolution de la concentration journalière en particules fines PM10 pendant la campagne hivernale, pour chaque site



Les concentrations en particules PM10 évoluent de manière synchrone sur les 3 sites, dont 2 non influencés par l'UVE, traduisant plutôt une influence régionale dans les variations en particules fines.

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 nord-est et sud-ouest, cette direction incluant la localisation d'Arc-en-Ciel. Or, 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 potentielle des émissions d'Arc-en-Ciel, cela traduit une influence régionale plutôt que locale. Lors des périodes de mesure, **l'UVE n'a pas d'incidence particulière dans les niveaux en PM10 relevés à Couëron.**



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

# Dioxyde de soufre SO<sub>2</sub>

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

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

Le tableau ci-dessous résume les principaux résultats des concentrations en SO<sub>2</sub> relevées au cours de la campagne :

	Moyenne (µg/m <sup>3</sup> )	Maximum-horaire (µg/m <sup>3</sup> )	Maximum journalier (µg/m <sup>3</sup> )
<b>Gendarmerie, Couëron</b>	1,2	14,3	3,8
<b>Saint-Etienne-de-Montluc</b> (fond rural)	0,4	5,7	2,6
<b>Saint-Nazaire</b> (fond urbain)	1,4	6,9	6,1

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.

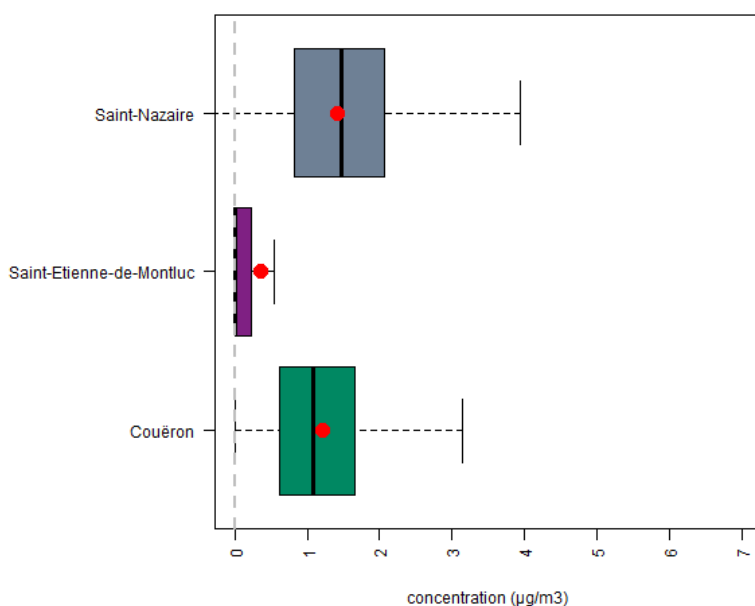


Figure 23 : boxplot des concentrations horaires en SO<sub>2</sub> sur les 3 sites de mesure, dont 2 non influencés par l'UVE

Les concentrations maximum horaires sur l'ensemble des sites sont très inférieures à la valeur limite horaire et au seuil d'information et de recommandation fixé à 300 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire, sur l'ensemble de la campagne. Les niveaux relevés sont proches des limites de détection de l'appareil.

Avec un maximum journalier de 3,8 µg/m<sup>3</sup> à la Gendarmerie de Couëron, relevé le 8 décembre 2021, la valeur guide de l'OMS en moyenne journalière est également respectée.

La concentration maximum horaire relevée à Couëron, de 14,3 µg/m<sup>3</sup>, est supérieure à celle relevée en 2020 (4,2 µg/m<sup>3</sup>). Toutefois, la concentration moyenne sur l'ensemble de la campagne (1,2 µg/m<sup>3</sup>) est similaire à celle mesurée en 2020 (1,1 µg/m<sup>3</sup>).



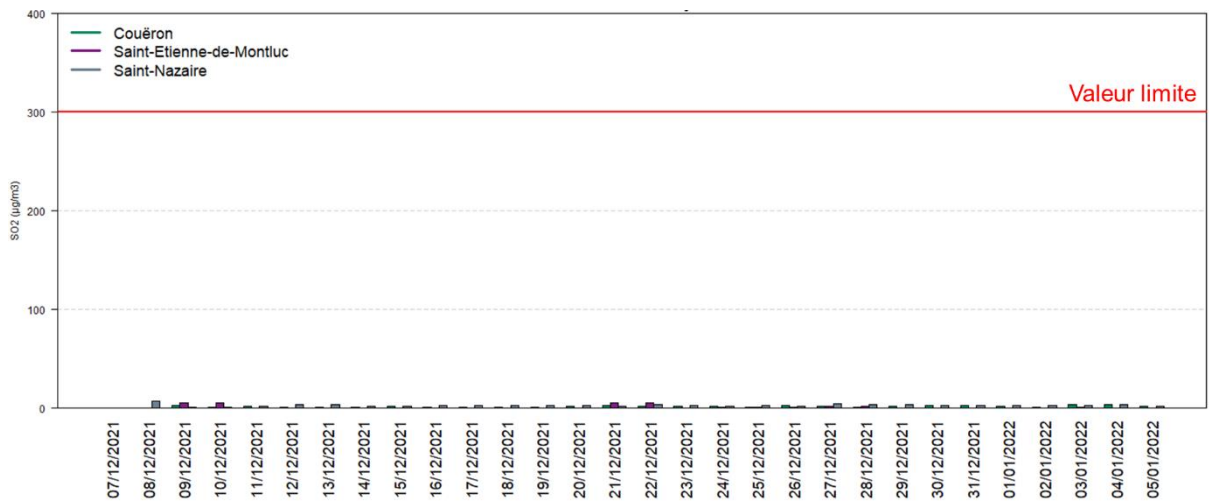


Figure 24 : évolution des concentrations maximum-horaires journalières en  $SO_2$  sur les 3 sites de mesure, dont 2 non-influencés par l'UVE

La rose de pollution sur le site de la Gendarmerie de Couéron montre des niveaux faibles et homogènes dans les directions ouest, sud et est, ne montrant pas d'incidence particulière de l'UVE sur les niveaux de  $SO_2$  relevés sur le site de mesure.

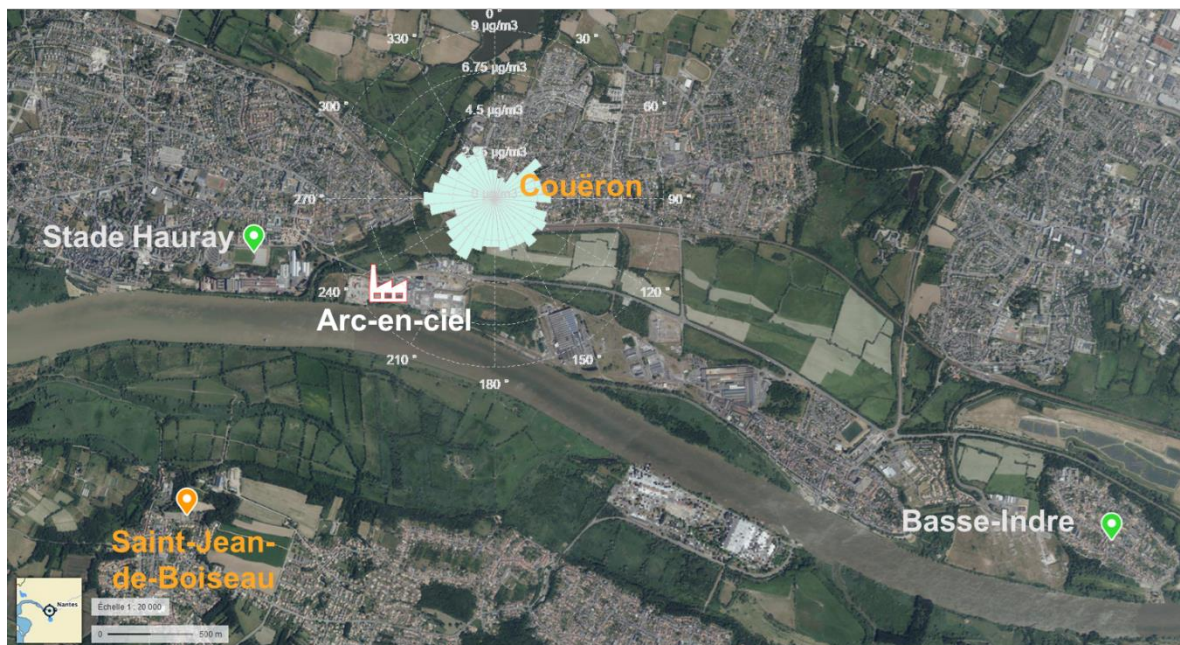


Figure 25 : rose de pollution des concentrations de pointe (P98) en  $SO_2$  sur le site de la Gendarmerie à Couéron

# Monoxyde de carbone CO

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

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

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

	Moyenne ( $\text{mg/m}^3$ )	Maximum 8-horaire ( $\text{mg/m}^3$ )	Maximum journalier ( $\text{mg/m}^3$ )
<b>Gendarmerie, Couëron</b>	0,2	0,5	0,4

*N.B. Contrairement aux années précédentes, les concentrations en CO mesurées à Couëron ne peuvent être comparées aux concentrations relevées sur le site de mesure permanente d'Air Pays de la Loire, la station de mesure représentative du trafic routier étant hors-service pour la mesure du CO au cours de cette campagne hivernale.*

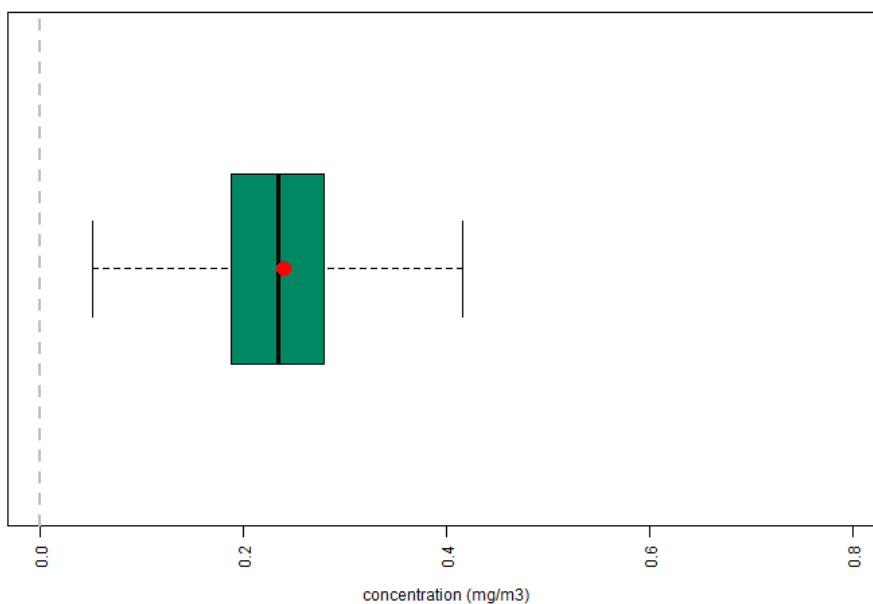


Figure 26 : boxplot des concentrations horaires en CO pendant la campagne de l'hiver 2021, sur le site de la Gendarmerie à Couëron

Les niveaux de monoxyde de carbone relevés à la Gendarmerie de Couëron sont, à l'instar des années précédentes, proches des limites de détection de l'appareil. La valeur maximum 8-horaire, de  $0,5 \text{ mg/m}^3$ , est vingt fois inférieure à la valeur limite. La valeur guide de l'OMS en moyenne journalière est également respectée.

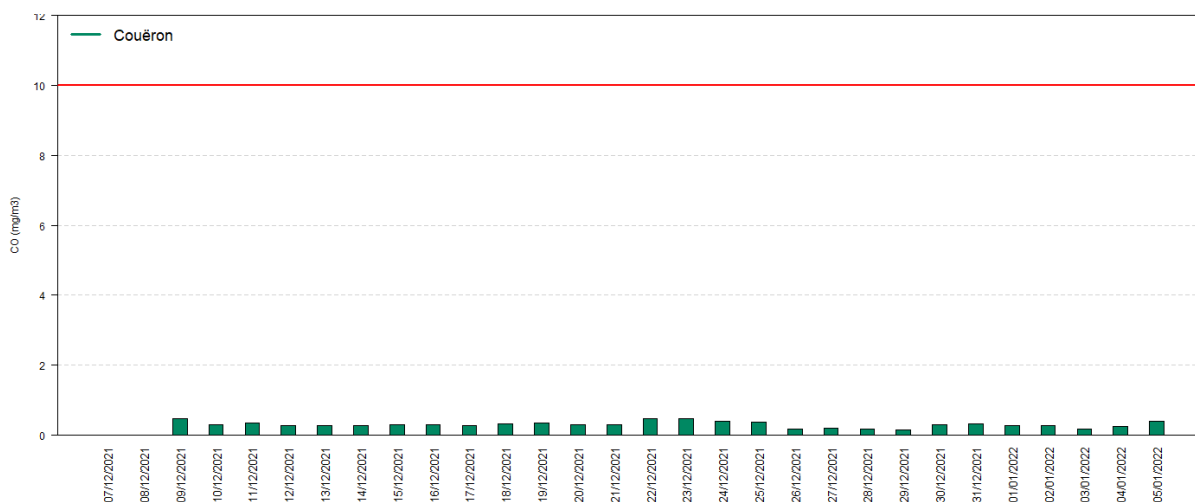


Figure 27 : évolution des concentrations maximales 8-horaires en CO, par jour, au cours de la campagne sur le site de la Gendarmerie à Couëron

Ces mesures sont similaires à celles observées en 2020, où une concentration moyenne de  $0,2 \text{ mg/m}^3$  avait été relevée à la Gendarmerie de Couëron, et de  $0,3 \text{ mg/m}^3$  au boulevard Victor Hugo.

Les niveaux mesurés à Couëron en 2021 ne peuvent être comparés aux valeurs d'une station de trafic, comme cela avait été le cas en 2020. Toutefois, au vu des résultats similaires entre 2021 et 2020, et étant donné que les concentrations maximales journalières restent inférieures à la valeur limite, il est considéré comme fort probable que le seuil réglementaire de  $10 \text{ mg/m}^3$  en moyenne sur 8 heures ne soit jamais dépassé sur le site de la Gendarmerie au cours d'une année.

La rose de pollution montre une direction préférentielle en direction  $270^\circ\text{N} - 280^\circ\text{N}$ , ce qui correspond à la direction de la ville de Couëron. Les concentrations demeurent faibles ( $< 1 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ). Aucune influence des émissions d'Arc-en-Ciel n'est mise en évidence.

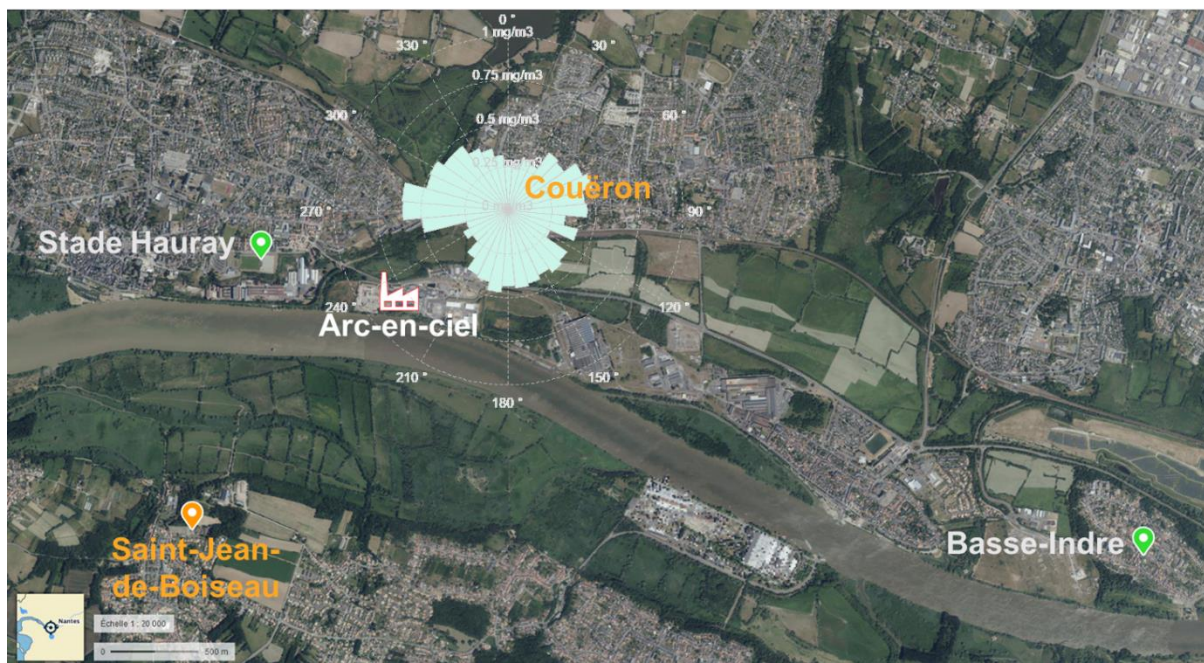


Figure 28 : rose de pollution des concentrations de pointe (P98) en CO sur le site de la Gendarmerie à Couëron



# Mercure gazeux Hg

Dans la continuité de la campagne 2020, les mesures de mercure gazeux ont été poursuivies en 2021. 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 <sup>3</sup>	1995
Mercure élémentaire	Inhalation (chronique)	ATSDR	30	MRL : Minimum Risk Level MRL = 200 ng/m <sup>3</sup>	1999
Mercure inorganique	Inhalation (chronique)	OMS	20	VG : Valeur Guide VG <sub>annuelle</sub> = 1000 ng/m <sup>3</sup>	2000
Mercure élémentaire	Inhalation	RIVM	30	TCA : Tolerable Concentration In air TCA = 200 ng/m <sup>3</sup>	2001
Mercure élémentaire et inorganique	Inhalation (chronique)	OEHHA	300	REL : Refence Exposure Level REL = 30 ng/m <sup>3</sup>	2008
Mercure élémentaire et inorganique	Inhalation aigüe	OEHHA	3000	REL : Refence Exposure Level REL = 600 ng/m <sup>3</sup>	2008

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/m<sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> )	Maximum-horaire (ng/m <sup>3</sup> )	Maximum journalier (ng/m <sup>3</sup> )
<b>Gendarmerie, Couëron</b>	0,8	1,6	0,9

Ces valeurs sont faibles et légèrement inférieures à celles relevées en 2020, tant sur la concentration moyenne (0,8 contre 1,4 ng/m<sup>3</sup> en 2020) que sur la valeur maximum horaire (1,6 contre 3,3 ng/m<sup>3</sup>). Les concentrations sont inférieures aux valeurs toxicologiques de référence, notamment la VTR de l'OEHHA (30 ng/m<sup>3</sup>).

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.

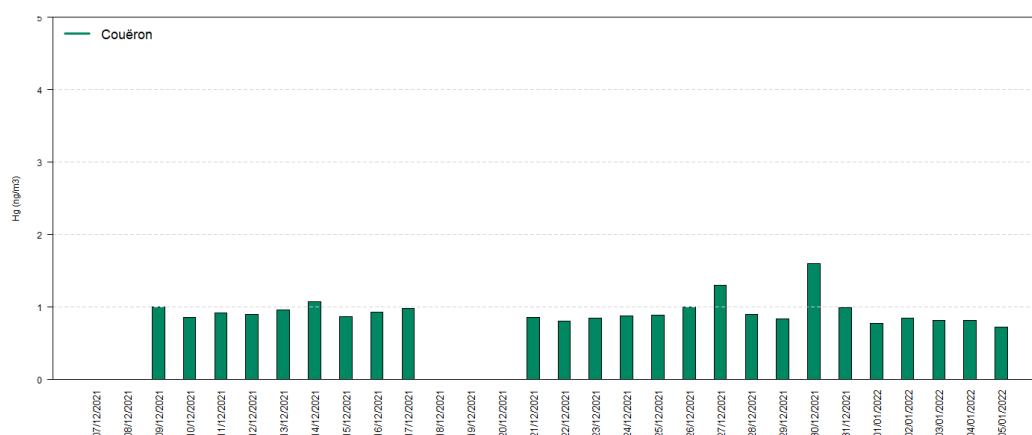


Figure 29 : évolution de la concentration du maximum-horaire journalier en mercure gazeux au cours de la campagne de l'hiver 2021, sur le site de la Gendarmerie à Couëron

Ces conclusions rejoignent celles de la première campagne de mesure du mercure gazeux dans l'environnement d'Arc-en-Ciel en 2020.

La rose de pollution montre une direction préférentielle à 70°N-80°N, 190°N, et 230°N-240°N, cette dernière direction étant dans la direction d'Arc-en-Ciel. Cela ne permet donc pas d'exclure une influence des émissions de mercure d'Arc-en-Ciel sur les concentrations atmosphériques relevées à la Gendarmerie. Pour autant, les concentrations relevées dans cette direction (1,2 ng/m<sup>3</sup>) sont du même ordre de grandeur que celles relevées dans la direction 70°N-80°N et 190°N, sans influence d'Arc-en-Ciel.

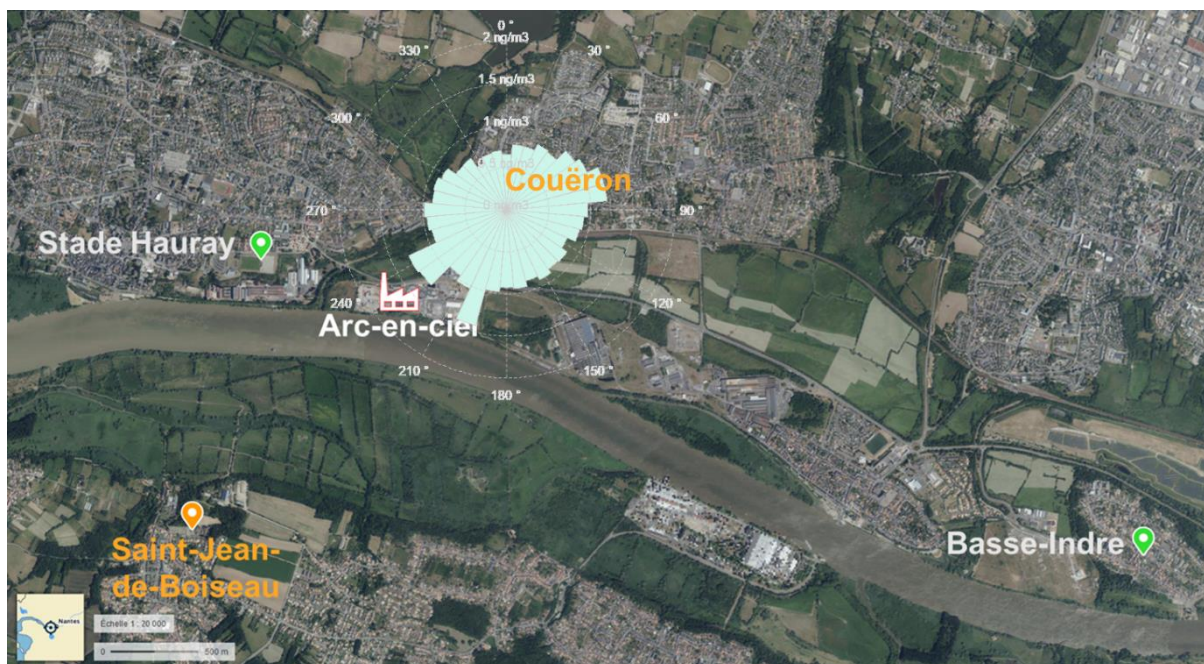


Figure 30 : rose de pollution des concentrations de pointe (P98) en mercure gazeux sur le site de la Gendarmerie à Couëron

# Conclusions

Depuis 1997, Air Pays de la Loire effectue une surveillance de la qualité de l'air dans l'environnement d'Arc-en-Ciel. Cette surveillance, rendue obligatoire par les arrêtés préfectoraux du 2 juillet 1992 et du 14 avril 2003 et modifiée 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 2021, menée du 31 mars au 28 avril 2021 pour la phase estivale, puis du 8 décembre 2021 au 6 janvier 2022 pour la phase hivernale, 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 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 2021 ;
- La valeur limite horaire en NO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub> 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 ;
- Il est considéré comme 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 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 semblent pas être 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 de mercure d'Arc-en-Ciel sur les concentrations mesurées à la Gendarmerie n'est pas à exclure pour le mercure gazeux. Les concentrations relevées dans cette direction sont du même ordre de grandeur que celles relevées dans la direction 70°N-80°N, sans influence d'Arc-en-Ciel.





De fait, la campagne de mesure en 2021 (été et hiver) n'a pas montré d'influence notable des émissions d'Arc-en-Ciel sur les niveaux des différents polluants ciblés par le dispositif de mesure, excepté pour le mercure gazeux. Les mesures qui se poursuivent en 2022 permettront de confirmer ces observations.

# 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 2021



# Annexe 1 : dispositif de mesure par site

Matériel	Sites de mesure	Polluants mesurés
	<p>Gendarmerie de Couëron</p>	<p>Camion laboratoire : mesures en hiver 2021</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PM10</li> <li>• SO<sub>2</sub></li> <li>• NO<sub>2</sub></li> <li>• CO</li> <li>• Hg gazeux</li> </ul>
	<p>Gendarmerie de Couëron Hauray Saint-Jean-de-Boiseau</p>	<p>Tubes passifs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acide fluorhydrique</li> </ul>
	<p>Gendarmerie de Couëron Hauray Saint-Jean-de-Boiseau Basse-Indre</p>	<p>Jauges de récupération des eaux de pluie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dépôts de dioxines et furanes</li> <li>• Dépôts de métaux lourds</li> </ul>
	<p>Gendarmerie de Couëron Hauray Saint-Jean-de-Boiseau</p>	<p>Collecteur atmosphérique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentrations de métaux lourds</li> <li>• Concentration d'acide chlorhydrique</li> </ul>

# 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 dm<sup>2</sup>). 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 /m<sup>2</sup>/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 dm<sup>2</sup>).



*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/m<sup>2</sup>/jour pour les chlorures, le sodium et en µg/m<sup>2</sup>/jour pour les métaux lourds.

Limites de quantification :

Mercure (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

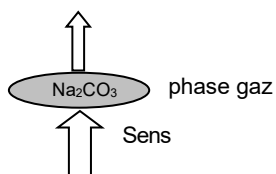
## mesures des concentrations atmosphériques en acide chlorhydrique gazeux



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  $\text{NO}_2\text{CO}_3$  (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  $2.3 \text{ m}^3/\text{h}$  de  $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### analyse des filtres

Chaque semaine, Air Pays de la Loire a adressé au Laboratoire de 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  $\mu\text{m}$  (PM10) sur des filtres en fibre de quartz avec un débit de 2,3  $\text{m}^3/\text{h}$ .

### 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 Zn et Mn.

Les niveaux moyens hebdomadaires en métaux lourds (en  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) 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  $\text{ng}/\text{m}^3$ :

	LQ filtre ( $\mu\text{g}/\text{filtre}$ )	LQ air ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )
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<sup>er</sup> 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

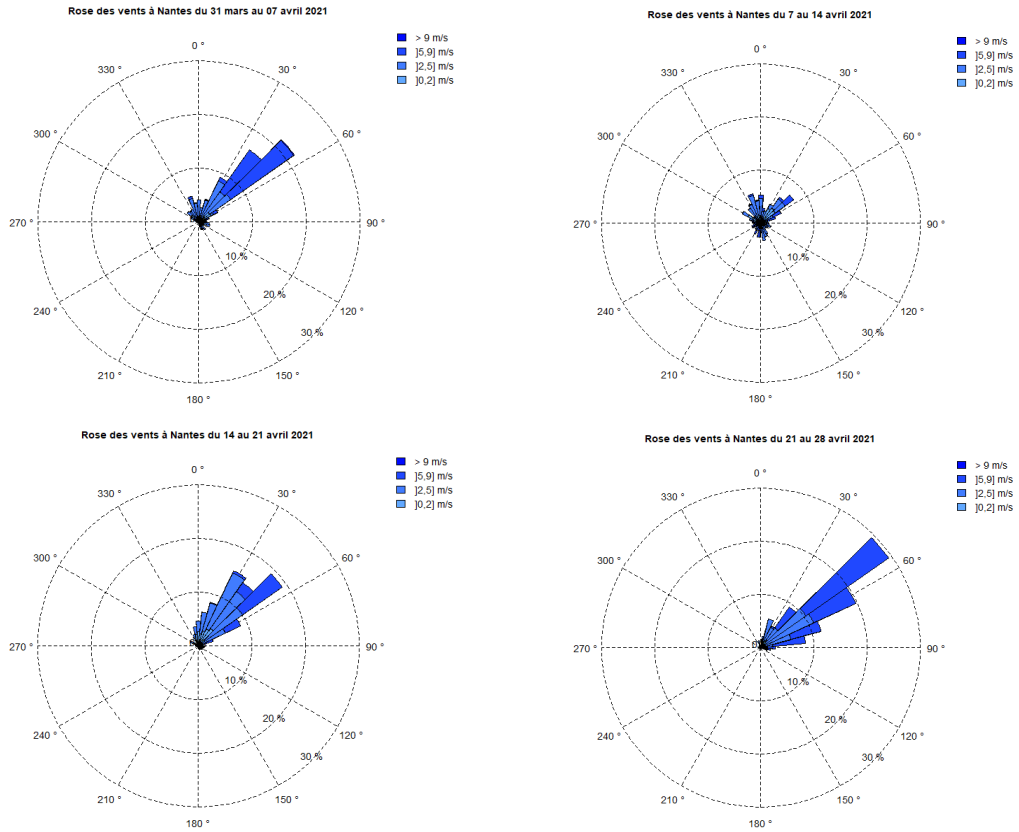
Les mesures de mercure gazeux sont effectuées à l'aide d'un analyseur Lumex RA-915 AM. La technique de mesure repose sur une mesure optique selon le principe d'absorption atomique à effet Zeeman – norme **NF EN 15852**.

pas de temps :

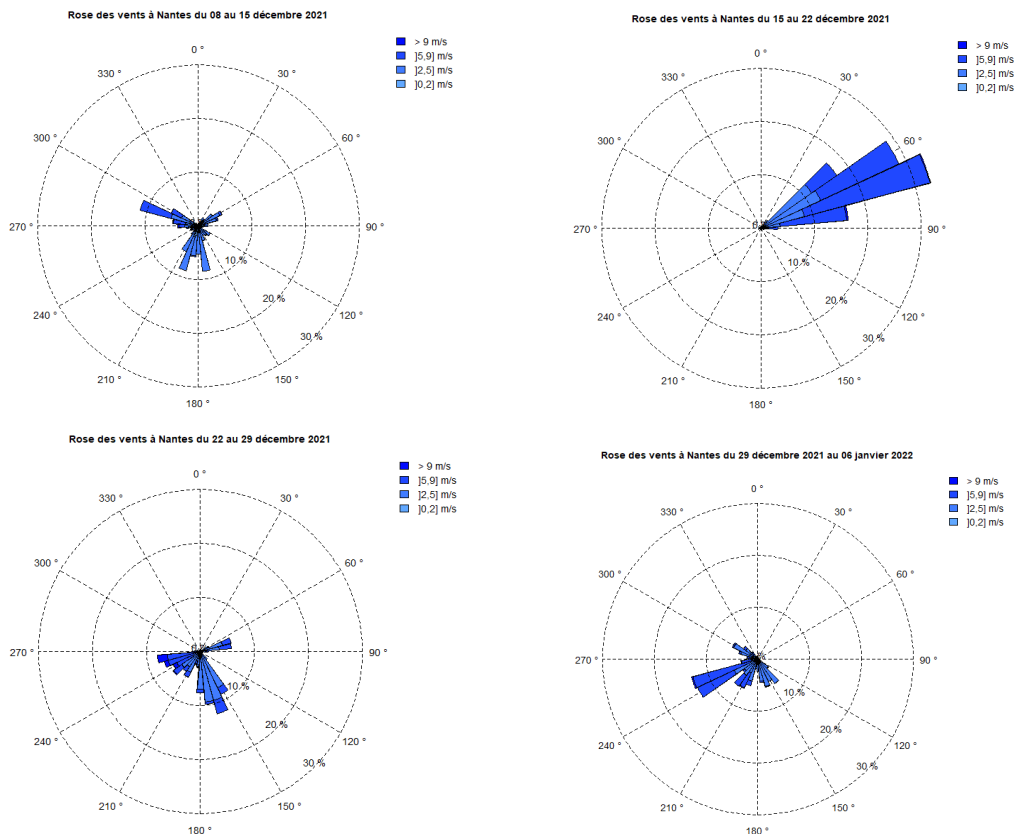
Tous les quarts d'heure.

# Annexe 3 : roses des vents hebdomadaires

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



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





# Annexe 4 : roses de pollution

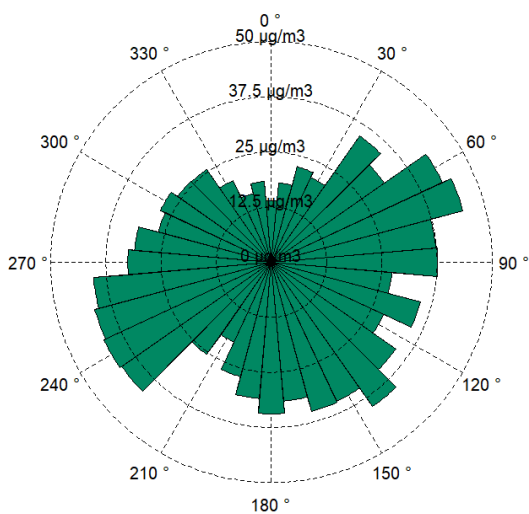
Ci-dessous sont représentées les roses de pollution de niveaux de pointe (P-98) des polluants mesurés sur le site de la Gendarmerie de Couëron (influencé par l'UVE), en comparaison avec d'autres sites de mesure non influencés.

## Roses de pollution en NO<sub>2</sub>

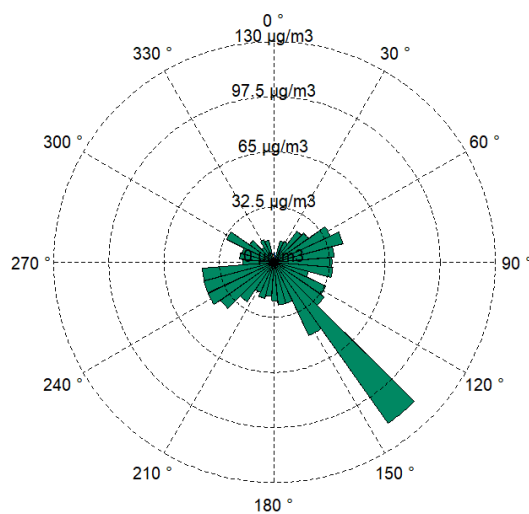


## Roses de pollution en PM10

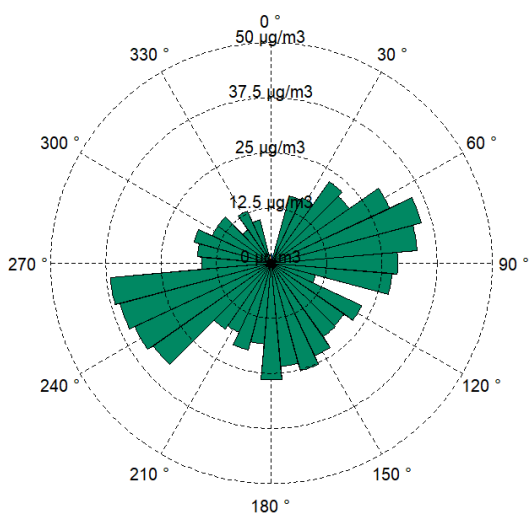
Rose de pollution (P98, hiver) en PM10 à Couëron



Rose de pollution (P98, hiver) en PM10 à Nantes

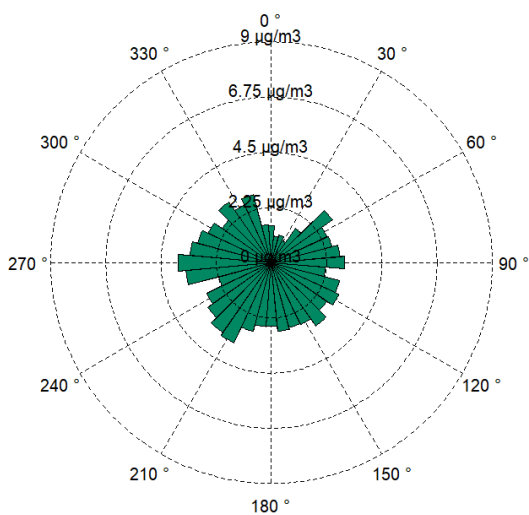


Rose de pollution (P98, hiver) en PM10 à Saint-Etienne-de-Montluc

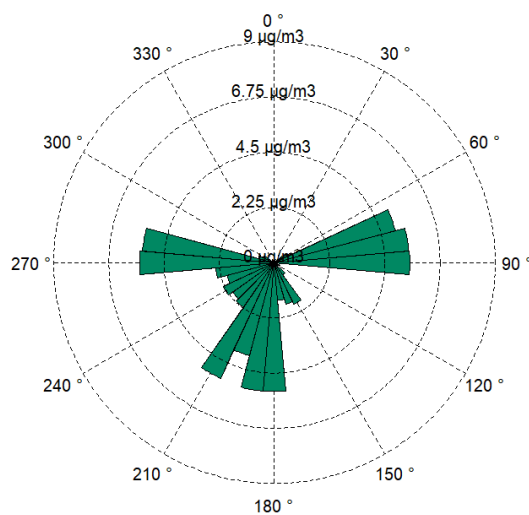


## Roses de pollution en SO<sub>2</sub>

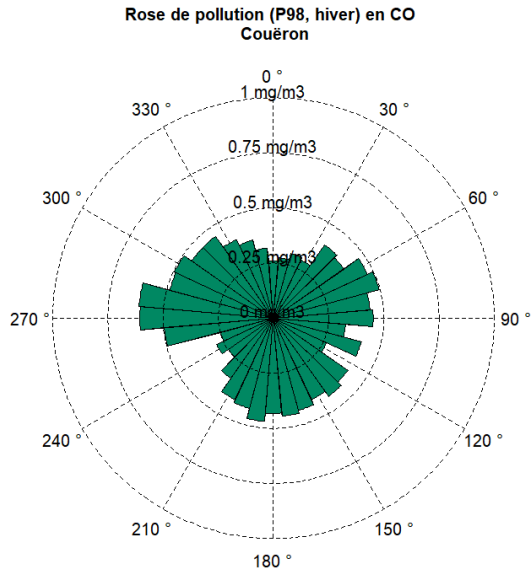
Rose de pollution (P98) en SO<sub>2</sub> Couëron



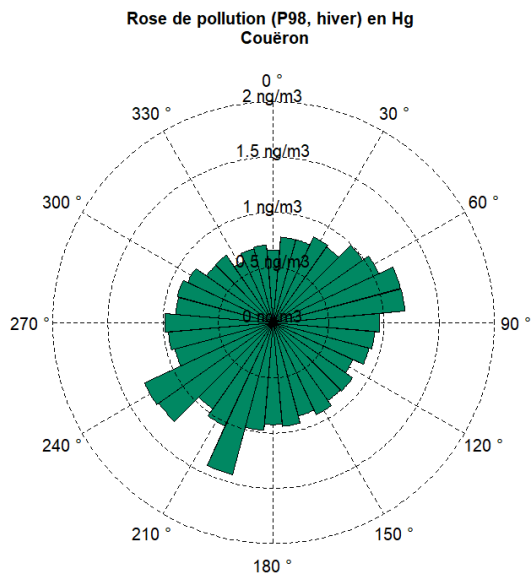
Rose de pollution (P98) en SO<sub>2</sub> Saint-Etienne-de-Montluc



## 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.

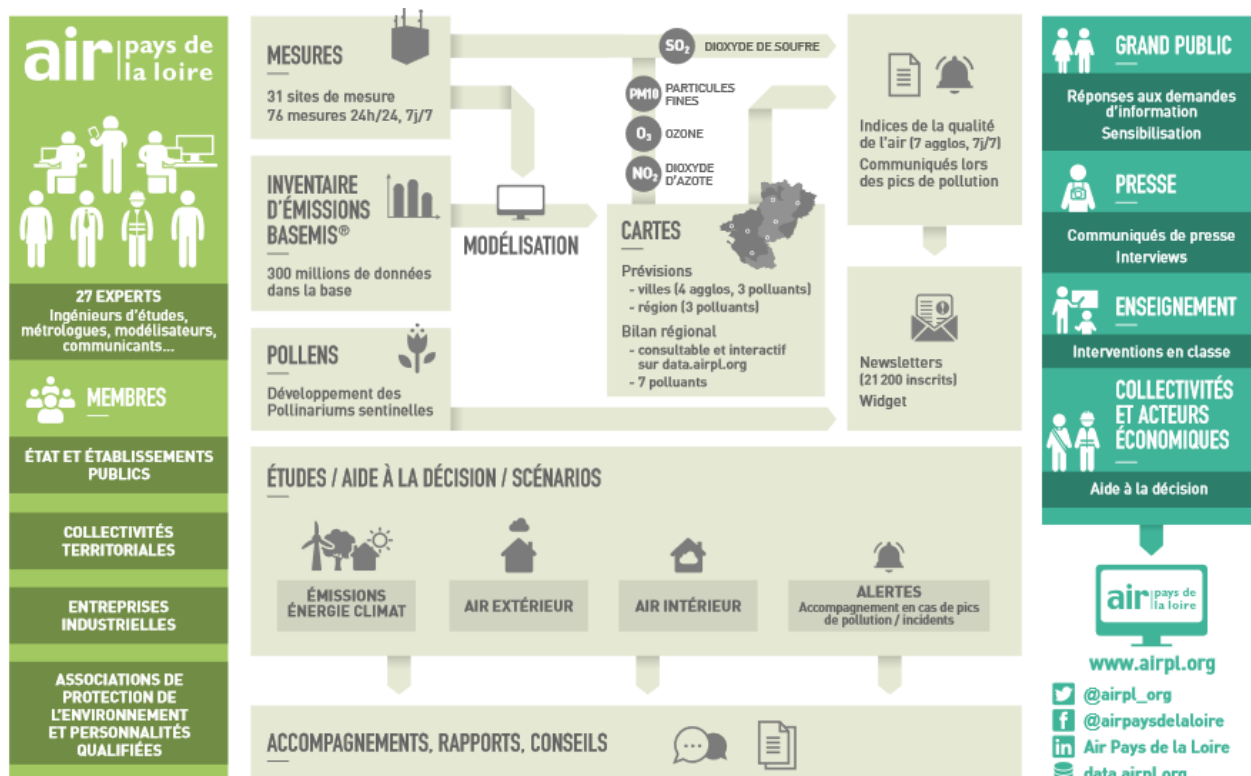
Air Pays de la Loire met quotidiennement à disposition de tous des informations sur la qualité de l'air :

- sur [www.airpl.org](http://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 (NO<sub>2</sub>). 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 fines (ou poussières)

Les particules fines ou poussières 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 diverses 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 plus fines, appelées PM<sub>2,5</sub> (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 (CO<sub>2</sub>). 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 (SO<sub>2</sub>)

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 SO<sub>2</sub> 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 estivale)

**Arsenic** Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-AS1](#)

S1	0,387	0,358	0,395
S2	0,475	0,451	0,491
S3	0,321	0,354	0,373
S4	0,413	0,388	0,493
<b>Moyenne</b>	<b>0,40</b>	<b>0,39</b>	<b>0,44</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,06</b>	<b>0,04</b>	<b>0,06</b>
<b>Etendue</b>	<b>0,15</b>	<b>0,10</b>	<b>0,12</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,29</b>	<b>0,32</b>	<b>0,35</b>
<b>ICsup</b>	<b>0,51</b>	<b>0,46</b>	<b>0,52</b>

l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites

**Cadmium** Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-CD1](#)

S1	0,295	0,090	0,085
S2	0,070	0,067	0,068
S3	0,079	0,070	0,079
S4	0,083	0,086	0,083
<b>Moyenne</b>	<b>0,13</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,11</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
<b>Etendue</b>	<b>0,23</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,03</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>
<b>ICsup</b>	<b>0,29</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>

l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites

**Plomb** Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-PB1](#)

S1	2,382	2,586	2,257
S2	1,775	3,988	1,763
S3	3,598	3,213	3,214
S4	3,563	3,514	3,618
<b>Moyenne</b>	<b>2,83</b>	<b>3,33</b>	<b>2,71</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,90</b>	<b>0,59</b>	<b>0,85</b>
<b>Etendue</b>	<b>1,82</b>	<b>1,40</b>	<b>1,86</b>
<b>ICinf</b>	<b>1,53</b>	<b>2,33</b>	<b>1,40</b>
<b>ICsup</b>	<b>4,12</b>	<b>4,32</b>	<b>4,03</b>

l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites

**Nickel** Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-NI1](#)

S1	0,817	0,604	0,632
S2	0,360	0,411	0,347
S3	0,768	0,481	0,607
S4	1,029	0,618	0,663
<b>Moyenne</b>	<b>0,74</b>	<b>0,53</b>	<b>0,56</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,28</b>	<b>0,10</b>	<b>0,15</b>
<b>Etendue</b>	<b>0,67</b>	<b>0,21</b>	<b>0,32</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,27</b>	<b>0,38</b>	<b>0,34</b>
<b>ICsup</b>	<b>1,22</b>	<b>0,68</b>	<b>0,79</b>

l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites

**Chrome** Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-CR1](#)

S1	1,873	1,331	1,103
S2	0,993	0,804	0,894
S3	1,642	0,859	2,696
S4	2,663	1,476	1,520
<b>Moyenne</b>	<b>1,79</b>	<b>1,12</b>	<b>1,55</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,69</b>	<b>0,34</b>	<b>0,80</b>
<b>Etendue</b>	<b>1,67</b>	<b>0,67</b>	<b>1,80</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,61</b>	<b>0,64</b>	<b>0,27</b>
<b>ICsup</b>	<b>2,98</b>	<b>1,59</b>	<b>2,83</b>

l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites

**Cuivre** Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-CU1](#)

l'analyse de la variance fait ressortir une différence significative de Gendarmerie par rapport aux 2 autres sites

S1	5,219	3,904	3,295
S2	4,449	2,895	2,526
S3	4,913	3,088	3,469
S4	5,668	3,673	3,782
<b>Moyenne</b>	<b>5,06</b>	<b>3,39</b>	<b>3,27</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,51</b>	<b>0,48</b>	<b>0,53</b>
<b>Etendue</b>	<b>1,22</b>	<b>1,01</b>	<b>1,26</b>
<b>ICinf</b>	<b>4,20</b>	<b>2,67</b>	<b>2,38</b>
<b>ICsup</b>	<b>5,93</b>	<b>4,11</b>	<b>4,16</b>

**Manganèse** Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-MG1](#)

l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites

S1	11,650	6,876	7,159
S2	4,536	3,596	3,552
S3	7,917	4,367	5,706
S4	18,983	7,475	9,145
<b>Moyenne</b>	<b>10,77</b>	<b>5,58</b>	<b>6,39</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>6,20</b>	<b>1,89</b>	<b>2,36</b>
<b>Etendue</b>	<b>14,45</b>	<b>3,88</b>	<b>5,59</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,51</b>	<b>2,82</b>	<b>2,42</b>
<b>ICsup</b>	<b>21,03</b>	<b>8,33</b>	<b>10,36</b>

**Cobalt** Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-CO1](#)

l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites

S1	0,193	0,076	0,077
S2	0,026	0,013	0,000
S3	0,092	0,013	0,026
S4	0,363	0,064	0,086
<b>Moyenne</b>	<b>0,17</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,15</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>
<b>Etendue</b>	<b>0,34</b>	<b>0,06</b>	<b>0,09</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,07</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>
<b>ICsup</b>	<b>0,41</b>	<b>0,09</b>	<b>0,11</b>

**Vanadium** Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-V1](#)

l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites

S1	1,867	1,047	1,071
S2	0,605	0,484	0,496
S3	1,191	0,616	0,774
S4	2,915	0,984	1,092
<b>Moyenne</b>	<b>1,64</b>	<b>0,78</b>	<b>0,86</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,99</b>	<b>0,28</b>	<b>0,28</b>
<b>Etendue</b>	<b>2,31</b>	<b>0,56</b>	<b>0,60</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,00</b>	<b>0,38</b>	<b>0,44</b>
<b>ICsup</b>	<b>3,29</b>	<b>1,18</b>	<b>1,28</b>

**Antimoine** Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-SB1](#)

l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites

S1	0,463	0,303	0,374
S2	0,749	0,418	0,431
S3	0,851	0,616	0,656
S4	0,389	0,588	0,553
<b>Moyenne</b>	<b>0,61</b>	<b>0,48</b>	<b>0,50</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,22</b>	<b>0,15</b>	<b>0,13</b>
<b>Etendue</b>	<b>0,46</b>	<b>0,31</b>	<b>0,28</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,29</b>	<b>0,26</b>	<b>0,30</b>
<b>ICsup</b>	<b>0,94</b>	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>

# Concentrations atmosphériques en métaux (phase hivernale)

## Arsenic Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-AS2](#)

				l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S1	0,227	0,245	0,265	
S2	0,321	0,286	0,310	
S3	0,332	0,326	0,364	
S4	0,306	0,238	0,343	
<b>Moyenne</b>	<b>0,30</b>	<b>0,27</b>	<b>0,32</b>	
<b>Ecart-type</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	
<b>Etendue</b>	<b>0,11</b>	<b>0,09</b>	<b>0,10</b>	
<b>ICinf</b>	<b>0,22</b>	<b>0,21</b>	<b>0,25</b>	
<b>ICsup</b>	<b>0,37</b>	<b>0,34</b>	<b>0,39</b>	

## Cadmium Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-CD2](#)

				l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S1	0,052	0,038	0,043	
S2	0,087	0,071	0,064	
S3	0,056	0,052	0,054	
S4	0,062	0,048	0,058	
<b>Moyenne</b>	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	
<b>Ecart-type</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	
<b>Etendue</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,02</b>	
<b>ICinf</b>	<b>0,04</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	
<b>ICsup</b>	<b>0,09</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>	

## Plomb Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-PB2](#)

				l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S1	0,907	1,084	0,948	
S2	2,819	2,561	2,428	
S3	1,374	1,210	1,374	
S4	1,323	0,990	1,198	
<b>Moyenne</b>	<b>1,61</b>	<b>1,46</b>	<b>1,49</b>	
<b>Ecart-type</b>	<b>0,84</b>	<b>0,74</b>	<b>0,65</b>	
<b>Etendue</b>	<b>1,91</b>	<b>1,57</b>	<b>1,48</b>	
<b>ICinf</b>	<b>0,25</b>	<b>0,35</b>	<b>0,44</b>	
<b>ICsup</b>	<b>2,96</b>	<b>2,58</b>	<b>2,54</b>	

## Nickel Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-NI2](#)

				l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S1	0,317	0,292	0,216	
S2	0,402	0,304	0,330	
S3	0,442	0,434	0,278	
S4	0,358	0,305	0,273	
<b>Moyenne</b>	<b>0,38</b>	<b>0,33</b>	<b>0,27</b>	
<b>Ecart-type</b>	<b>0,05</b>	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>	
<b>Etendue</b>	<b>0,12</b>	<b>0,14</b>	<b>0,11</b>	
<b>ICinf</b>	<b>0,29</b>	<b>0,23</b>	<b>0,19</b>	
<b>ICsup</b>	<b>0,47</b>	<b>0,43</b>	<b>0,36</b>	

## Chrome Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-CR2](#)

				l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S1	0,669	0,453	0,398	
S2	1,176	0,718	0,823	
S3	0,938	0,658	0,467	
S4	0,652	0,307	0,304	
<b>Moyenne</b>	<b>0,86</b>	<b>0,53</b>	<b>0,50</b>	
<b>Ecart-type</b>	<b>0,25</b>	<b>0,19</b>	<b>0,23</b>	
<b>Etendue</b>	<b>0,52</b>	<b>0,41</b>	<b>0,52</b>	
<b>ICinf</b>	<b>0,49</b>	<b>0,24</b>	<b>0,13</b>	
<b>ICsup</b>	<b>1,23</b>	<b>0,83</b>	<b>0,87</b>	

**Cuivre** Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-CU2](#)

l'analyse de la variance fait ressortir une différence significative de Gendarmerie par rapport aux 2 autres sites

S1	3,543	1,938	1,719
S2	5,250	3,303	2,985
S3	3,003	1,953	1,785
S4	3,825	1,847	1,602
<b>Moyenne</b>	<b>3,91</b>	<b>2,26</b>	<b>2,02</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,96</b>	<b>0,70</b>	<b>0,65</b>
<b>Etendue</b>	<b>2,25</b>	<b>1,46</b>	<b>1,38</b>
<b>ICinf</b>	<b>2,31</b>	<b>1,23</b>	<b>1,04</b>
<b>ICsup</b>	<b>5,50</b>	<b>3,29</b>	<b>3,01</b>

**Manganèse** Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-MG2](#)

l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites

S1	1,490	1,149	1,156
S2	2,609	1,865	1,903
S3	1,505	1,337	1,243
S4	1,554	1,013	1,084
<b>Moyenne</b>	<b>1,79</b>	<b>1,34</b>	<b>1,35</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,55</b>	<b>0,37</b>	<b>0,38</b>
<b>Etendue</b>	<b>1,12</b>	<b>0,85</b>	<b>0,82</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,99</b>	<b>0,74</b>	<b>0,76</b>
<b>ICsup</b>	<b>2,58</b>	<b>1,95</b>	<b>1,93</b>

**Cobalt** Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau

pas de données

S1	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.
S2	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.
S3	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.
S4	<L.Q.	<L.Q.	<L.Q.
<b>Moyenne</b>			
<b>Ecart-type</b>			
<b>Etendue</b>			
<b>ICinf</b>			
<b>ICsup</b>			

**Vanadium** Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-V2](#)

l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites

S1	0,130	0,131	0,117
S2	0,144	0,092	0,092
S3	0,196	0,178	0,183
S4	0,288	0,242	0,285
<b>Moyenne</b>	<b>0,19</b>	<b>0,16</b>	<b>0,17</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>	<b>0,09</b>
<b>Etendue</b>	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>	<b>0,19</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,08</b>	<b>0,05</b>	<b>0,03</b>
<b>ICsup</b>	<b>0,30</b>	<b>0,27</b>	<b>0,31</b>

**Antimoine** Gendarmerie Stade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-SB2](#)

l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites

S1	0,272	0,144	0,195
S2	0,433	0,407	0,328
S3	0,236	0,191	0,196
S4	0,311	0,196	0,091
<b>Moyenne</b>	<b>0,31</b>	<b>0,23</b>	<b>0,20</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,09</b>	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>
<b>Etendue</b>	<b>0,20</b>	<b>0,26</b>	<b>0,24</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,17</b>	<b>0,05</b>	<b>0,03</b>
<b>ICsup</b>	<b>0,45</b>	<b>0,42</b>	<b>0,37</b>

## Concentrations atmosphériques en HCl (phase estivale)

HCL GendarmerieStade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-HCL1](#)

l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites

S1	0,258	0,326	0,269
S2	0,355	0,419	0,272
S3	0,283	0,294	0,263
S4	0,216	0,241	0,203
<b>Moyenne</b>	<b>0,28</b>	<b>0,32</b>	<b>0,25</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,03</b>
<b>Etendue</b>	<b>0,14</b>	<b>0,18</b>	<b>0,07</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,18</b>	<b>0,19</b>	<b>0,20</b>
<b>ICsup</b>	<b>0,38</b>	<b>0,45</b>	<b>0,30</b>

## Concentrations atmosphériques en HCl (phase hivernale)

HCL GendarmerieStade Hauray Saint Jean de Boiseau [ANOVA-HCL2](#)

l'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites

S1	0,035	0,075	0,036
S2	0,033	0,046	0,031
S3	0,319	0,424	0,282
S4	0,200	0,071	0,077
<b>Moyenne</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,11</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,14</b>	<b>0,18</b>	<b>0,12</b>
<b>Etendue</b>	<b>0,29</b>	<b>0,38</b>	<b>0,25</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,06</b>	<b>0,11</b>	<b>0,07</b>
<b>ICsup</b>	<b>0,35</b>	<b>0,42</b>	<b>0,28</b>

## Retombées en métaux lourds

**Arsenic** GendarmerieStade Hauray Saint Jean de Boiseau

Phase 1	0,721	0,715	0,724
Phase 2	0,337	0,339	0,232
<b>Moyenne</b>	<b>0,53</b>	<b>0,53</b>	<b>0,48</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,27</b>	<b>0,27</b>	<b>0,35</b>
<b>Etendue</b>	<b>0,38</b>	<b>0,38</b>	<b>0,49</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,26</b>	<b>0,26</b>	<b>0,13</b>
<b>ICsup</b>	<b>0,80</b>	<b>0,79</b>	<b>0,83</b>

**Cadmium** GendarmerieStade Hauray Saint Jean de Boiseau

Phase 1	1,082	0,357	0,181
Phase 2	0,335 < L.Q.		1,200
<b>Moyenne</b>	<b>0,71</b>	<b>0,69</b>	
<b>Ecart-type</b>	<b>0,53</b>	<b>0,72</b>	
<b>Etendue</b>	<b>0,75</b>	<b>1,02</b>	
<b>ICinf</b>	<b>0,18</b>	<b>0,03</b>	
<b>ICsup</b>	<b>1,24</b>	<b>1,41</b>	

**Plomb** GendarmerieStade Hauray Saint Jean de Boiseau

Phase 1	2,343	10,540	3,803
Phase 2	1,056	2,328 < L.Q.	
<b>Moyenne</b>	<b>1,70</b>	<b>6,43</b>	
<b>Ecart-type</b>	<b>0,91</b>	<b>5,81</b>	
<b>Etendue</b>	<b>1,29</b>	<b>8,21</b>	
<b>ICinf</b>	<b>0,79</b>	<b>0,60</b>	
<b>ICsup</b>	<b>2,61</b>	<b>12,26</b>	

**Nickel** GendarmerieStade Hauray Saint Jean de Boiseau

Phase 1	4,507	3,037	1,992
Phase 2	1,011	0,466	1,011
<b>Moyenne</b>	<b>2,76</b>	<b>1,75</b>	<b>1,50</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>2,47</b>	<b>1,82</b>	<b>0,69</b>
<b>Etendue</b>	<b>3,50</b>	<b>2,57</b>	<b>0,98</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,28</b>	<b>0,07</b>	<b>0,80</b>
<b>ICsup</b>	<b>5,24</b>	<b>3,58</b>	<b>2,20</b>

**Cobalt** GendarmerieStade Hauray Saint Jean de Boiseau

Phase 1	2,163 < L.Q.	< L.Q.	
Phase 2	< L.Q.	< L.Q.	< L.Q.
<b>Moyenne</b>			
<b>Ecart-type</b>			
<b>Etendue</b>			
<b>ICinf</b>			
<b>ICsup</b>			

**Mercur** GendarmerieStade Hauray Saint Jean de Boiseau

Phase 1	< L.Q.	< L.Q.	< L.Q.
Phase 2	< L.Q.	< L.Q.	< L.Q.
<b>Moyenne</b>			
<b>Ecart-type</b>			
<b>Etendue</b>			
<b>ICinf</b>			
<b>ICsup</b>			

**Manganèse** GendarmerieStade Hauray Saint Jean de Boiseau

Phase 1	98,819	32,155	30,782
Phase 2	5,844	14,180	3,158
<b>Moyenne</b>	<b>52,33</b>	<b>23,17</b>	<b>16,97</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>65,74</b>	<b>12,71</b>	<b>19,53</b>
<b>Etendue</b>	<b>92,97</b>	<b>17,97</b>	<b>27,62</b>
<b>ICinf</b>	<b>13,68</b>	<b>10,41</b>	<b>2,64</b>
<b>ICsup</b>	<b>118,34</b>	<b>35,93</b>	<b>36,58</b>

**Vanadium** GendarmerieStade Hauray Saint Jean de Boiseau

Phase 1	16,224	1,965	2,716
Phase 2	< L.Q.	< L.Q.	< L.Q.
<b>Moyenne</b>			
<b>Ecart-type</b>			
<b>Etendue</b>			
<b>ICinf</b>			
<b>ICsup</b>			

**Antimoine** GendarmerieStade Hauray Saint Jean de Boiseau

Phase 1	< L.Q.	< L.Q.	< L.Q.
Phase 2	< L.Q.	< L.Q.	< L.Q.
<b>Moyenne</b>			
<b>Ecart-type</b>			
<b>Etendue</b>			
<b>ICinf</b>			
<b>ICsup</b>			

## Retombées en dioxines et furanes

**dioxines** GendarmerieStade Hauray Saint Jean de Boiseau Basse-Indre

Phase 1	0,743	0,766	0,718	0,782
Phase 2	0,782	0,755	0,708	0,871
<b>Moyenne</b>	<b>0,76</b>	<b>0,76</b>	<b>0,71</b>	<b>0,83</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,03</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,06</b>
<b>Etendue</b>	<b>0,04</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,09</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,73</b>	<b>0,75</b>	<b>0,71</b>	<b>0,76</b>
<b>ICsup</b>	<b>0,79</b>	<b>0,77</b>	<b>0,72</b>	<b>0,89</b>

**furanes** GendarmerieStade Hauray Saint Jean de Basse-Indre

Phase 1	0,567	0,564	0,564	0,750
Phase 2	0,549	0,558	0,737	0,756
<b>Moyenne</b>	<b>0,56</b>	<b>0,56</b>	<b>0,65</b>	<b>0,75</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,12</b>	<b>0,00</b>
<b>Etendue</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,17</b>	<b>0,01</b>
<b>ICinf</b>	<b>0,54</b>	<b>0,56</b>	<b>0,53</b>	<b>0,75</b>
<b>ICsup</b>	<b>0,57</b>	<b>0,57</b>	<b>0,77</b>	<b>0,76</b>



# Annexe 10 : seuils de qualité de l'air 2021

## 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 <sub>3</sub> )	DIOXYDE D'AZOTE (NO <sub>2</sub> )	PARTICULES FINES (PM10)	DIOXYDE DE SOUFRE (SO <sub>2</sub> )
Seuil de recommandation et d'information	Moyenne horaire	180	200	-	300
	Moyenne 24-horaire	-	-	50	-
Seuil d'alerte	Moyenne horaire	240 <sup>(1)</sup> 1 <sup>er</sup> seuil : 240 <sup>(2)</sup> 2 <sup>ème</sup> seuil : 300 <sup>(3)</sup> 3 <sup>ème</sup> seuil : 360 ou à partir du 2 <sup>e</sup> jour de prévision de dépassement du seuil de recommandation et d'information (persistance)	400 <sup>(2)</sup> 200 <sup>(3)</sup>	-	500 <sup>(2)</sup>
	Moyenne 24-horaire	-	-	80 ou à partir du 2 <sup>e</sup> 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 <sub>3</sub> )	DIOXYDE D'AZOTE (NO <sub>2</sub> )	OXYDES D'AZOTE (NO <sub>x</sub> )	PARTICULES FINES (PM10)	PARTICULES FINES (PM2.5)	BENZÈNE	MONOXYDE DE CARBONE (CO)	DIOXYDE DE SOUFRE (SO <sub>2</sub> )	PLOMB	ARSENIC	CADMIUM	NICKEL	BENZO(a) PYRÈNE
Valeur limite	Moyenne annuelle	-	40	30 <sup>(1)</sup>	40	25	5	-	20 <sup>(1)</sup>	0,5	-	-	-	-
	Moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	20 <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	50 <sup>(1)</sup>	-	-	-	125 <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	200 <sup>(4)</sup>	-	-	-	-	-	350 <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	-
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	-	40	-	30	10	2	-	50	0,25	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 <sup>(9)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	6 000 <sup>(1)(8)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valeur cible	AOT 40	18 000 <sup>(1)(8)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne annuelle	-	-	-	-	20	-	-	-	0,006	0,005	0,02	0,001	
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 <sup>(9)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

(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 2021

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](mailto:contact@airpl.org)

**air** | pays de  
la loire  
[www.airpl.org](http://www.airpl.org)