

évaluation

de la qualité de l'air

dans l'environnement de l'Unité de
Valorisation Énergétique Arc-en-Ciel IF41

campagne 2020

avril 2021



sommaire

synthèse.....	1
contexte	4
le dispositif de surveillance	5
quatre sites de mesure équipés pour la campagne	6
deux types d'indicateurs de la pollution atmosphérique	11
les périodes de mesure.....	12
récapitulatif	14
campagne été 2020	15
situation météorologique.....	15
précipitations, températures, insolation	15
vents.....	15
résultats des mesures de retombées atmosphériques	18
mesure des dépôts de dioxines et furanes	18
mesure des retombées totales en métaux lourds	21
résultats des mesures de concentrations atmosphériques ...	23
acide chlorhydrique en phase gazeuse	23
acide fluorhydrique en phase gazeuse	25
métaux lourds dans l'air	26
campagne hiver 2020	30
situation météorologique.....	30
précipitations, températures, insolation	30
vents.....	30
résultats des mesures de retombées atmosphériques	32
mesure des dépôts de dioxines et furanes	32
mesure des retombées totales en métaux lourds	34
résultats des mesures de concentrations atmosphériques ...	36
acide chlorhydrique en phase gazeuse	36
acide fluorhydrique en phase gazeuse	37
métaux lourds dans l'air	38
polluants mesurés en continu sur le site de la Gendarmerie et par les stations duréseau Air Pays de la Loire	42
conclusions	53
bibliographie.....	54
annexes	56

contributions

Coordination de l'étude et rédaction : Arnaud Tricoire, exploitation du matériel de mesure : Sonia Cécile, Anas Chaali et l'équipe métrologique, Mise en page : Bérangère Poussin, validation : François Ducroz – Céline Puenté-Lelièvre.

conditions de diffusion

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

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

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

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

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

remerciements

Nous remercions la mairie et la Gendarmerie de Couëron, la mairie de Saint-Jean-de-Boiseau, et M. Le Gall de Basse-Indre pour nous avoir permis d'installer notre matériel.

synthèse

contexte et objectifs : une surveillance réglementée pour évaluer l'impact d'Arc-en-Ciel IF41

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

Deux types d'indicateurs sont ciblés :

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

Cette surveillance annuelle a pour but :

- de comparer les niveaux de pollution par rapport aux valeurs réglementaires et de référence,
- d'évaluer l'influence des émissions d'Arc-en-Ciel 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 d'évaluation aux techniques de mesures normalisées

une campagne de mesure avec 2 phases de 4 semaines

En 2020, la période de prélèvements s'est étendue du 1^{er} au 29 juillet pour la première phase et du 16 décembre 2020 au 13 janvier 2021 pour la seconde, avec un fonctionnement nominale 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** et pour la première fois, **le mercure gazeux** à l'aide d'un analyseur automatique Lumex (RA 915 AM).

résultats : des niveaux de polluants qui respectent les valeurs réglementaires et de référence

dioxines et furanes

Les niveaux de ces polluants autour de l'incinérateur (inférieur à 1 pg d'équivalent toxique total par m² et par jour d'exposition) sont plus faibles que ceux relevés sur les sites non influencés par Arc-en-Ciel, à Nantes et en Vendée.

Par ailleurs, les spectres (participation de chaque composé de la famille des dioxines et furanes à la toxicité totale) ne sont pas corrélés à ceux relevés en sortie de l'incinérateur, suggérant une absence d'influence décelable de celui-ci.

Les niveaux relevés s'inscrivent dans un historique de faible présence de ces composés, et proches de ceux des années 2005, 2006, 2009, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 et 2019.

Niveau du polluant : faible



Pas d'influence d'Arc-en-Ciel

métaux lourds, dans l'air et dans les retombées totales

Les niveaux de métaux dans les eaux de pluie sont comparables aux niveaux habituellement relevés en zone rurale et ne s'écartent pas des niveaux mesurés les autres années. Notons que les mesures des métaux en suspension dans l'air sont homogènes entre les trois sites et comparables aux années précédentes.

Concernant les composés réglementés (Arsenic, Cadmium, Plomb et Nickel), les valeurs relevées sont très en dessous des seuils et similaires aux niveaux relevés sur le site de fond urbain nantais, suivi en continu sur l'année (cimetière de la Bouteillerie). Ceci suggère que le risque de dépassements des valeurs cibles réglementaires est faible.

Par ailleurs, l'évolution des concentrations relevées au cours de la campagne 2020 n'est pas corrélée avec l'exposition des sites aux vents provenant de l'Unité de Valorisation Énergétique (UVE), suggérant une absence d'influence de celle-ci sur les concentrations de l'air en métaux lourds.

Niveau du polluant : faible



Pas d'influence d'Arc-en-Ciel

acide chlorhydrique

Les niveaux en acide chlorhydrique dans l'air sont également dans le prolongement des valeurs relevées les années précédentes, et proche en moyenne sur les 2 phases de ceux de 2019.

Aucune causalité ne peut être établie entre l'activité d'Arc-en-Ciel et les concentrations en acide chlorhydrique, pourtant marqueur de l'incinération de déchets ménagers.

Niveau du polluant : faible



Pas d'influence d'Arc-en-Ciel

acide fluorhydrique

Les niveaux en acide fluorhydrique dans l'air sont inférieurs à la limite de détection du laboratoire d'analyse. Néanmoins, afin de conforter ces résultats, ces prélèvements sont maintenus pour l'année 2021.

Niveau du polluant : indétectable



Pas d'influence d'Arc-en-Ciel

polluants réglementés suivis en continu par Air Pays de la Loire

Les niveaux de NO₂ se situe entre ceux relevés à Nantes en zone urbaine et ceux relevés en milieu rural à Saint-Etienne-de-Montluc. Les niveaux de PM10 sont homogènes aux niveaux relevés sur la région des Pays de la Loire.

Le SO₂ et le CO ne sont détectés qu'à l'état de trace. Les niveaux de mercure gazeux sont faibles, homogènes sur l'ensemble de la campagne, et représentatifs de ceux mesurés en milieu urbain de fond.

Dans tous les cas les roses de pollution ne pointent pas le secteur d'Arc-en-Ciel mais révèlent plutôt l'influence de l'agglomération nantaise et ses voies de circulation.

Niveau du polluant : faible



Pas d'influence d'Arc-en-Ciel

conclusion : pas d'influence d'Arc-en-Ciel

Les teneurs en polluant enregistrées dans l'environnement d'Arc-en-Ciel sont représentatives d'une zone périurbaine et respectent les valeurs réglementaires. Aucune influence significative des émissions d'Arc-en-Ciel IF41 sur les niveaux des différents polluants n'a été mise en évidence.

contexte

Situé sur la commune de Couëron, l'Unité de Valorisation des Déchets Arc-en-Ciel IF41 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, devenu IF41 suite au changement de concession, 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'IF41.

le dispositif de surveillance

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.

Le dispositif est composé de 4 sites de mesure :

- 2 situés dans les zones de retombées maximales d'Arc-en-Ciel ;
- 2 témoins non influencés, pour comparaison des résultats.

L'étude est de plus complétée par les mesures réalisées par Air Pays de la Loire dans le cadre de sa mission de surveillance pérenne de la qualité de l'air dans la région.

quatre sites de mesure équipés pour la campagne

deux sites de prélèvement localisés dans les zones de retombées maximales

Ces deux sites ont été équipés de collecteurs d'eaux de pluie pour analyser les retombées en métaux, en dioxines et en furanes, ainsi que d'un dispositif (appelé Leckel) permettant de prélever des échantillons d'air, à raison d'un par semaine tout au long de la campagne. Les prélèvements ont été complétés par des tubes à diffusion passive pour la mesure de l'acide fluorhydrique. Ces échantillons sont ensuite analysés en laboratoire pour mesurer les concentrations atmosphériques en métaux, en acide chlorhydrique gazeux et en acide fluorhydrique. Le site de la Gendarmerie de Couëron a par ailleurs accueilli un camion laboratoire en décembre 2020 afin de mesurer les polluants surveillés par le réseau permanent de stations d'Air Pays de la Loire (dioxyde d'azote, particules fines PM10, monoxyde de carbone, dioxyde soufre, et pour la première fois le mercure gazeux).



Localisation des deux sites, situés dans les zones de retombées maximales d'AEC, équipés par Air Pays de la Loire pour mesurer l'influence de l'UVE sur son environnement (en bleu l'UVE, en violet les sites équipés de jauges de récupération des eaux de pluie, de filtres pour les métaux et l'acide chlorhydrique, de tubes à diffusion passive pour l'acide fluorhydrique, le site de la Gendarmerie, accueillant de plus en hiver 2020 un camion laboratoire (pour le NO₂, le SO₂, les PM10, le CO et le Hg gazeux)

N° Site	Nom	Adresse	Distance à l'UVE
1	Gendarmerie de Couëron	177, boulevard de la Libération, Couëron	0,6 km au nord nord-est
2	Saint-Jean-de-Boiseau	Cimetière	1,8 km au sud-ouest

Caractéristiques des 2 sites de mesure dans les zones de retombées maximales d'Arc-en-Ciel



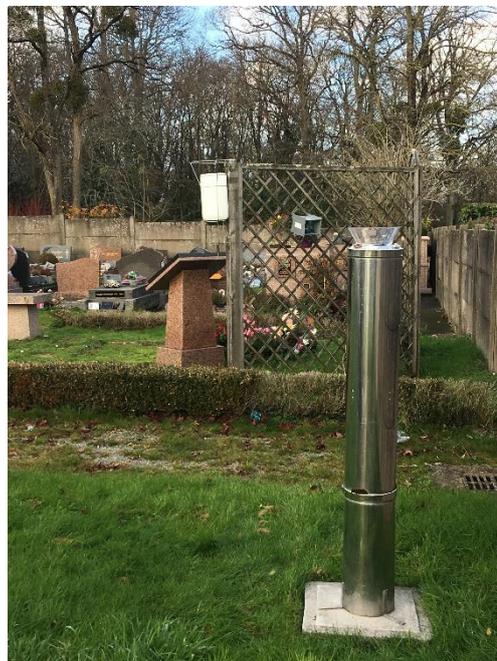
Camion laboratoire sur le site la Gendarmerie de Couëron



Collecteur atmosphérique pour les prélèvements de métaux lourds et d'acide chlorhydrique et Jauges de récupération des eaux de pluie



Collecteur atmosphérique pour les prélèvements de métaux lourds et d'acide chlorhydrique



Jauges de récupération des eaux de pluie de Saint-Jean-de-Boiseau (à droite pour l'analyse des dioxines et des furanes, à gauche pour les métaux, et au centre la boîte de protection pour les prélèvements d'acide fluorhydrique par tubes à diffusion passive)

deux sites témoins non influencés par Arc-en-Ciel pour les métaux lourds, l'acide chlorhydrique et fluorhydrique

N° Site	Nom	Adresse	Distance à l'UVE
3	Stade d'Hauray	Rue Frémondrière, Couëron	1,1 km à l'ouest

Caractéristiques du premier site de mesure témoin pour la comparaison des résultats



Collecteur atmosphérique pour les prélèvements de métaux lourds et d'acide chlorhydrique à gauche et à droite la boîte de protection pour les prélèvements d'acide fluorhydrique par tubes à diffusion passive



Jauges de récupération des eaux de pluie au Stade Hauray à Couëron

pour les dioxines et les furanes

Les résultats d'analyse des 2 jauges de récupération d'eaux pluviales situées dans la zone de retombées maximales d'Arc-en-Ciel seront comparés à ceux des jauges placées hors de l'influence du site, au stade Hauray à Couëron et à Basse-Indre, nouveau site afin de suivre les recommandations du guide référence « surveillance dans l'air autour des installations classées - retombées des émissions atmosphériques » (INERIS - novembre 2016).

N° Site	Nom	Adresse	Distance à l'UVE
3	Stade d'Hauray	Rue Frémondrière, Couëron	1,1 km à l'ouest
4	Basse-Indre	23 rue Denis Rivière, Basse-Indre	4,4 km à l'est

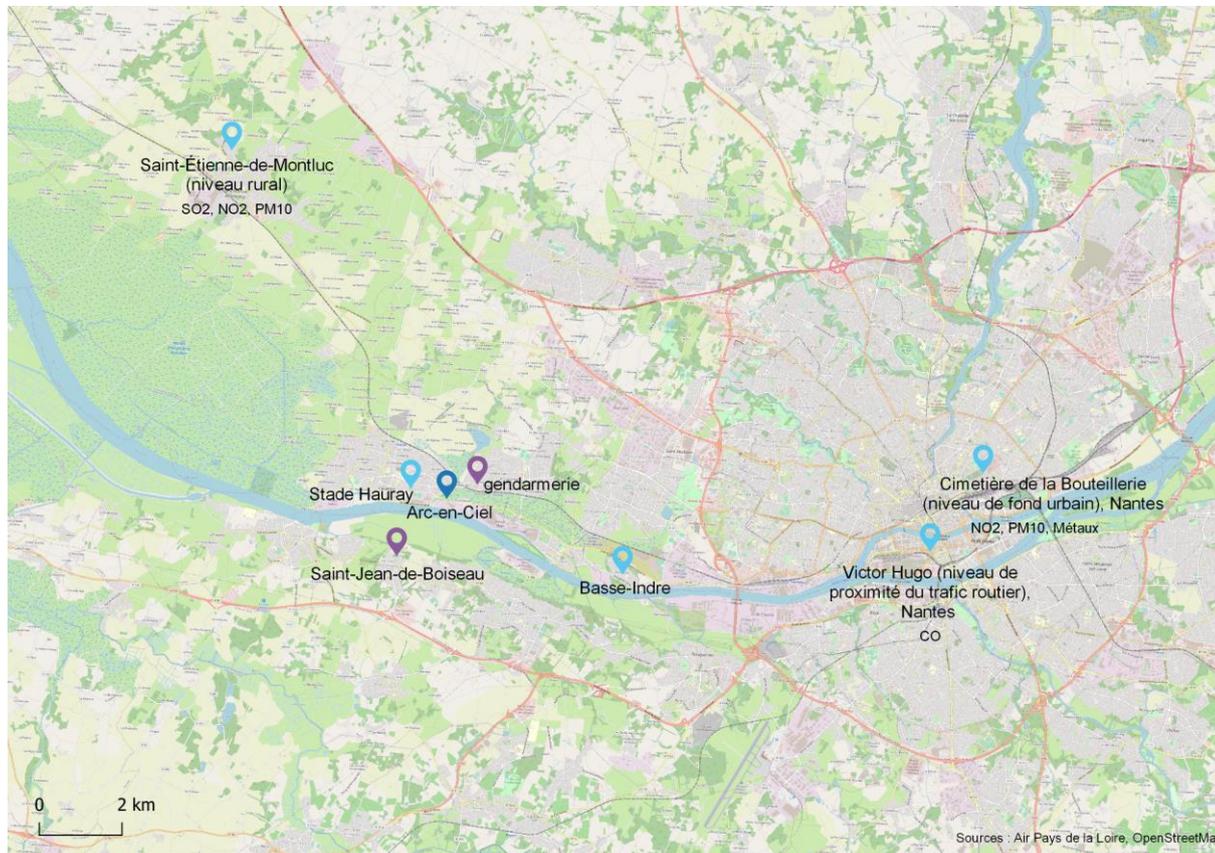
Caractéristiques du deuxième site de mesure témoin pour la comparaison des résultats de dioxines et furanes



Jauges de récupération des eaux de pluie pour les dioxines et furanes sur le site témoin de Basse-Indre

pour les polluants réglementés

Afin de comparer les résultats des mesures automatiques réalisées dans l'environnement de l'Unité de valorisation énergétique (UVE), Air Pays de la Loire s'appuie sur son réseau de stations fixes. Celles-ci surveillent, en continu et tout au long de l'année, les différents polluants qui ont également été mesurés par le camion laboratoire installé à la Gendarmerie de Couëron de mi-décembre 2020 à mi-janvier 2021.



Localisation des stations du réseau Air Pays de la Loire dont les résultats ont été utilisés pour comparer les mesures du camion laboratoire à des sites non influencés par l'UVE, avec les polluants mesurés sur chacune d'entre elles

deux types d'indicateurs de la pollution atmosphérique

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

Le réseau de stations déployées par Air Pays de la Loire pour ses missions de surveillance des polluants réglementés permet également de déterminer un niveau de fond en NO₂ et en PM₁₀ (au cimetière de la Bouteillerie à Nantes et à Saint-Étienne-de-Montluc), en SO₂ (à Saint-Étienne-de-Montluc), ainsi qu'un niveau de CO proche des axes routiers (grâce à la station située Boulevard Victor-Hugo à Nantes). La station du cimetière de la Bouteillerie dispose également d'un préleveur de métaux lourds.

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.

Une description complète des techniques de collecte et d'analyse ainsi que des normes utilisées est disponible en annexe 4.

les périodes de mesure

En se basant sur le guide « surveillance dans l'air autour des installations classées - rejets des émissions atmosphériques », il est proposé d'allonger la durée annuelle de surveillance à 8 semaines (afin d'obtenir une couverture de 14 % de l'année). La campagne de mesure sera répartie en 2 phases de 4 semaines, dont une en période hivernale.

Une des deux séquences devra intervenir de décembre à mars, là où les situations météorologiques sont plus défavorables à la dispersion de la pollution (phase hivernale).

L'autre séquence devra s'organiser un autre mois en écartant les mois de mai à août car les directions de vents privilégiées ne sont pas suffisamment représentées. Cette séquence pourra intervenir donc en avril ou entre septembre et novembre (cf normales des vents sur la région). Néanmoins, l'étude de l'évolution des flux mensuels d'émissions de l'UVE montre que pour certains polluants émis et mesurés dans l'environnement (l'acide chlorhydrique HCl et l'acide fluorhydrique HF notamment), la période estivale est caractérisée par des rejets plus importants. Pour les autres espèces comme les particules, le SO₂, les NO_x et le CO, la période hivernale est la plus émettrice.

En tenant compte de tous ces éléments et compte tenu des mesures de confinement lié à la Covid 19, la 1^{ère} séquence, qui devait se dérouler en avril, a été décalée en juillet 2020, et la 2^{ème} a eu lieu de mi-décembre 2020 à mi-janvier 2021. Il est à noter que durant la période estivale, le site de la Gendarmerie et de Saint-Jean-de-Boiseau ont significativement été sous les vents de l'UVE.

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 2020		hiver 2020	
	Date début	Date fin	Date début	Date fin
semaine 1	01/07/2020	08/07/2020	17/12/2020	23/12/2020
semaine 2	08/07/2020	15/07/2020	23/12/2020	30/12/2020
semaine 3	15/07/2020	22/07/2020	30/12/2020	06/01/2021
semaine 4	22/07/2020	29/07/2020	06/01/2021	13/01/2021

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

Site	été 2020		hiver 2020	
	Date début	Date fin	Date début	Date fin
période	01/07/2020	29/07/2020	16/12/2020	13/01/2021

Le tableau ci-après présente les périodes de prélèvements des retombées atmosphériques totales de métaux

Site	été 2020		hiver 2020	
	Date début	Date fin	Date début	Date fin
période	01/07/2020	29/07/2020	16/12/2020	13/01/2021

Les mesures par analyseurs automatiques (NO₂, SO₂, CO, PM10 et Hg gazeux) ont été réalisées sur la période hivernale, soit du 16 décembre 2020 au 7 janvier 2021 (au lieu du 13 janvier).

En effet, suite à des problèmes électriques sur le site de la Gendarmerie, lié à la vétusté de l'installation, et des températures très froides ; en accord avec VEOLIA, la campagne a été écourtée de 5 jours pour ce site.

Ainsi la semaine 4 de la séquence hivernale n'a pas pu être prise en compte pour les prélèvements des métaux lourds et de l'acide chlorydrique dans l'air pour ce site (préleveur nécessitant une alimentation électrique).

récapitulatif

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	NO ₂ , SO ₂ , CO, PM10,	dioxines et furanes	métaux	ions chlorures et sodium
Durée d'exposition		Hebdomadaire (4 échantillons par site)		Quart-horaire	Mensuel (2 fois dans l'année)		
Gendarmerie	industriel	X	X	X (+ mercure gazeux)	X	X	X
Saint-Jean-de-Boiseau	industriel	X	X		X	X	X
Stade Hauray	site témoin	X	X		X	X	X
Basse-Indre	site témoin				X		
Cimetière de la Bouteillerie	urbain	X (As, Ni, Cd, Pb)		X			
Saint Etienne de Montluc	rural			X			
Victor-Hugo	Trafic			X (CO)			

Typologie des sites, polluants étudiés et durée des prélèvements

campagne été 2020

situation météorologique

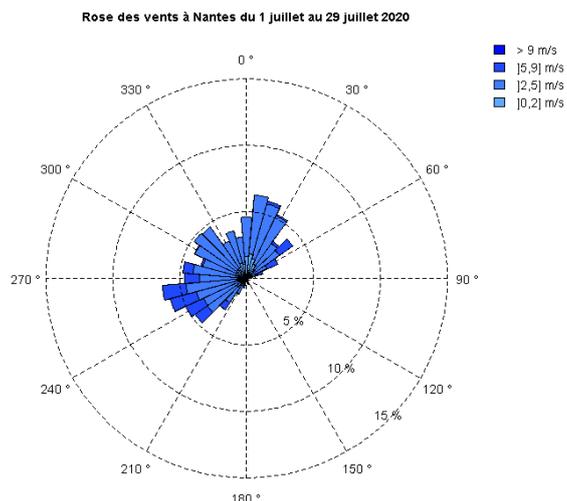
précipitations, températures, insolation

La campagne s'est déroulée dans un contexte météorologique exceptionnellement sec et très ensoleillé. Les pluies ont été peu fréquentes. Les températures plus fraîches que la normale sur la première moitié du mois, reprennent ensuite de la vigueur et dépassent les températures habituellement attendues. Il en résulte des températures moyennes globalement conformes au mois de juillet.

vents

La vitesse et la direction des vents sont des paramètres importants à prendre en compte pour comprendre la dispersion des polluants dans l'environnement d'une source industrielle. Grâce aux données de la station Météo-France de Nantes-Atlantique, il est possible de retracer les conditions météorologiques durant la campagne.

La répartition des vents sur l'ensemble de la campagne de mesure est présentée sur la rose des vents ci-dessous. Elle montre une prédominance des vents de secteur ouest et nord-est.



Rose des vents calculée sur l'ensemble de la période de mesure de juillet 2020 (station météorologique de Nantes-Atlantique)

		Nombre d'heures sous influence				Roses des vents hebdomadaires
		Gendarmerie	Saint-Jean-de-Boiseau	Stade Hauray	Basse-Indre	
période	dates	225°-245°	100°-120°	30°-50°	280°-300°	
S1	du 01/07/2020 au 08/07/2020	24	4	1	0	
S2	du 08/07/2020 au 15/07/2020	13	19	4	0	
S3	du 15/07/2020 au 23/07/2020	2	24	7	0	
S4	du 23/07/2020 au 29/07/2020	32	0	5	0	
Sur l'ensemble de la campagne	du 01/07/2020 au 29/07/2020	71	47	17	0	

Caractéristiques météorologiques et nombre d'heures d'influence d'Arc-en-Ciel durant la phase de mesure estivale

Le tableau ci-dessus présente, pour chacune des semaines de prélèvement, la direction des vents ainsi que le nombre d'heures hebdomadaires au cours desquelles, les sites ont été sous les vents de l'établissement Arc-en-Ciel. À noter que des secteurs de faible écart angulaire ($\pm 10^\circ$) sont considérés afin de respecter le caractère directionnel du panache.

Ainsi durant la semaine 1 et 4 le site de la Gendarmerie a été plus exposés aux vents en provenance de l'établissement Arc-en-Ciel, et pendant la semaine 2 et 4, c'était plutôt le site de Saint-Jean-de-Boiseau.

Le détail hebdomadaire des vents montre une variabilité des directions de ces derniers durant la campagne, c'est pourquoi une analyse par semaine sera particulièrement appropriée pour les prélèvements sur filtres et par tubes à diffusion passive.

résultats des mesures de retombées totales

mesure des dépôts de dioxines et furanes

méthodologie

Après la collecte, les échantillons d'eaux de pluie sont envoyés en laboratoire (voir annexe 8 pour les coordonnées du 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 également (HRMS), et porte sur la quantification de 7 dioxines et de 10 furanes différentes, appelées des congénères.

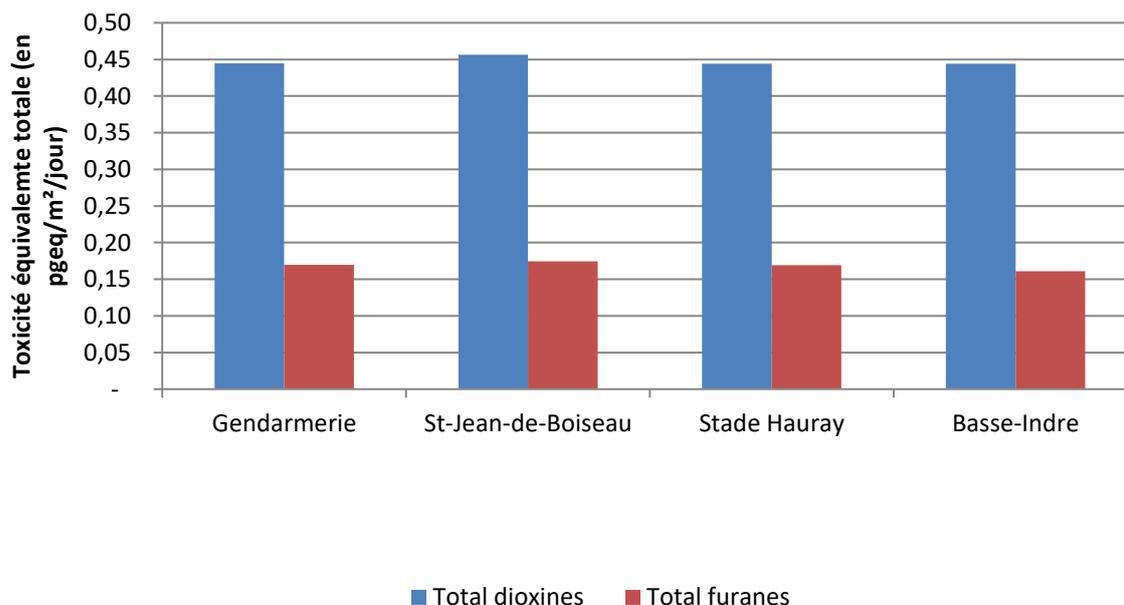
En raison des différentes toxicités pour l'homme de ces différents congénères, il ne serait pas pertinent de comparer directement les quantités de chacun d'entre eux. C'est pourquoi l'OTAN et l'OMS ont défini des facteurs de toxicité équivalente, permettant de mettre tous ces congénères sur la même échelle 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

	Gendarmerie	Couëron	Saint-Jean-de-Boiseau	Basse-Indre
Toxicité équivalente totale (I-TEQ) en pgeq/m ² /jour	0,61	0,63	0,61	0,61

Toxicité équivalente totale (OTAN) pour chaque site de la campagne 20



Toxicité équivalente des dioxines et des furanes mesurées sur chaque site

Les résultats montrent :

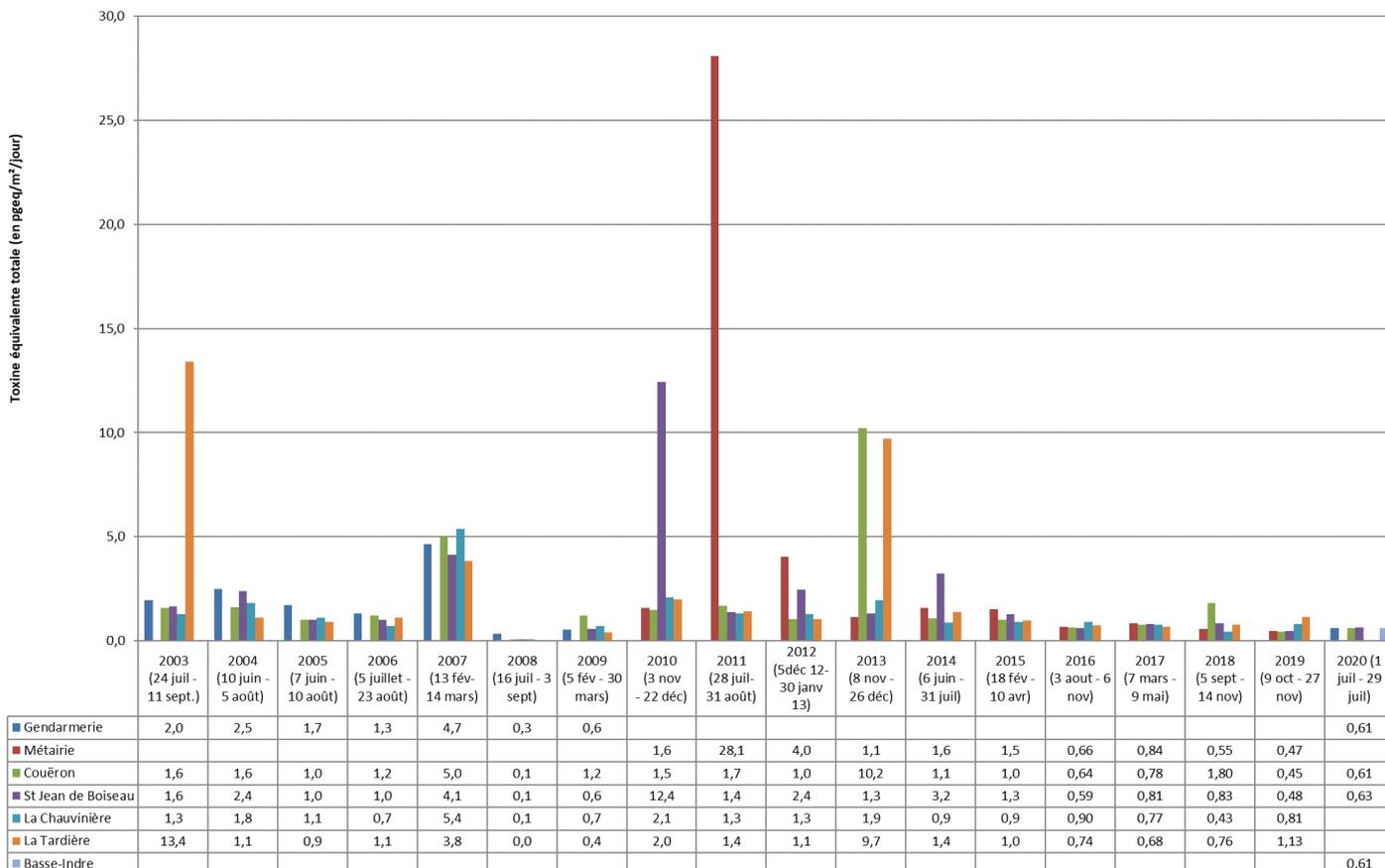
- des niveaux très faibles,
- des niveaux homogènes sur les sites localisés dans les retombées maximales d'Arc-en-Ciel et les sites témoins et ceci malgré la différence d'exposition aux émissions de l'établissement.

On observe une prédominance des dioxines sur les furanes quel que soit le site de mesure urbain. 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 que l'UVE n'a pas d'influence sur les retombées atmosphériques de ces composés dans son environnement.

historique

La figure ci-après présente l'évolution des niveaux de dioxines et furanes (en pg I-TEQ/m²/j) enregistrés depuis 2003 sur les sites de Couëron, Saint-Jean-de-Boiseau, La Chauvinière et la Tardière. Pour des raisons techniques, le site de la Gendarmerie a été transféré à l'école de la Métairie à partir de 2010. Comme expliqué dans le chapitre « contexte », le site de la Gendarmerie a de nouveau été instrumenté ainsi qu'un nouveau site témoin à Basse-Indre.



Évolution des retombées en dioxines et furanes autour d'Arc-en-Ciel depuis 2003

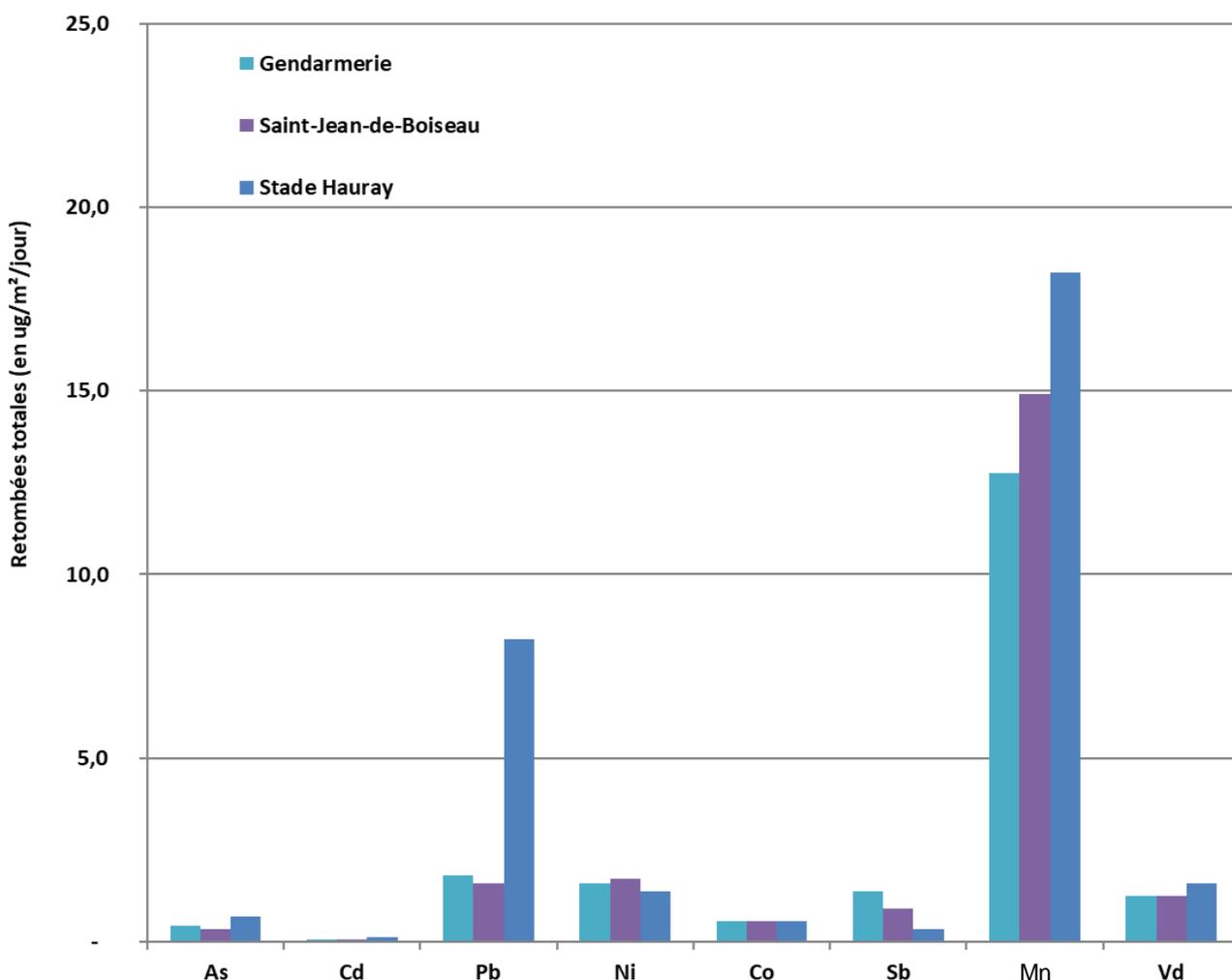
Les niveaux enregistrés en été 2020 autour d'Arc-en-Ciel font partie des niveaux les plus faibles enregistrés depuis 2003, et proche de ceux observés depuis 2016. Aucune influence de l'UVE n'ayant été établie les années précédentes, cette comparaison conforte l'absence d'influence d'Arc-en-Ciel sur les dépôts de dioxines et furanes lors de la campagne de l'été 2020.

mesure des retombées totales en métaux lourds

 <p>Les émissions de métaux toxiques proviennent principalement de la combustion de combustibles fossiles (charbons, fiouls), de certains procédés industriels et des transports (aviation, routier, etc...).</p>	 <p>Les niveaux suivent les rejets industriels.</p>	 <p>Les zones les plus concernées se situent à proximité des établissements industriels émetteurs, des axes à fort trafic et des aéroports.</p>	 <p>Les métaux s'accumulent dans l'organisme et provoquent des effets toxiques à court et/ou à long terme. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénale, hépatique ou respiratoire.</p>	 <p>Les métaux toxiques contaminent les sols et les aliments. Ils s'accumulent dans les organismes vivants et perturbent les équilibres et mécanismes biologiques.</p>
--	--	--	---	---

méthodologie

De la même manière que pour les dioxines et les furanes, les dépôts de métaux sont exprimés en quantité par unité de surface de collecte et par jour d'exposition. En revanche ici chaque métal fait l'objet d'une analyse spécifique.



Le graphique ci-dessus présente les résultats de mesure de retombées de métaux sur les trois sites dans l'environnement de l'UVE durant la campagne de juillet 2020, dont un site témoin (le stade Hauray). On observe pour les 2 sites placés dans les retombées maximales, des niveaux faibles et proches du site témoin du stade Hauray pour l'ensemble des métaux analysés, à l'exception du plomb qui est sur le site témoin presque 8 fois supérieur au site de la Gendarmerie et de Saint-Jean-de-Boiseau. Après contact avec les services de la mairie de Couëron, aucune explication n'a pu être apportée (activité parasite certainement).

Notons que sur l'ensemble des jauges de l'été 2020, la concentration en mercure était en dessous de la limite de quantification du laboratoire (env 0.015 µg/L).

comparaison aux valeurs réglementaires et historique

À ce jour, il n'existe pas en France de valeurs réglementaires pour les métaux lourds présents dans les retombées atmosphériques. À l'inverse, en Allemagne (Loi du 24 juillet 2002) et en Suisse, des valeurs de référence pour les dépôts de métaux (en moyenne annuelle) sont répertoriées. Le tableau suivant présente à titre indicatif ces valeurs ainsi que des gammes de résultats de retombées totales en métaux lourds répertoriées dans des études menées en France et dans d'autres pays. Il est important de noter que les valeurs limites allemandes et suisses sont des moyennes annuelles tandis que les mesures de cette étude sont des moyennes calculées sur 7 semaines. C'est pourquoi une comparaison stricte de ces valeurs réglementaires avec celles enregistrées lors de la campagne d'étude ne peut être réalisée.

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

Flux moyen de dépôt total de métaux recensés dans la littérature [16] à [26] et valeurs de référence (moyennes annuelles) en Allemagne et en Suisse

** études menées en France et dans d'autres pays*

D'après ce tableau, les flux de dépôts de l'ensemble des métaux lourds relevés en été 2020 correspondent aux ordres de grandeur des niveaux habituellement enregistrés en zone rurale. Notons que ces résultats sont proches des valeurs de la campagne hivernale 2019.

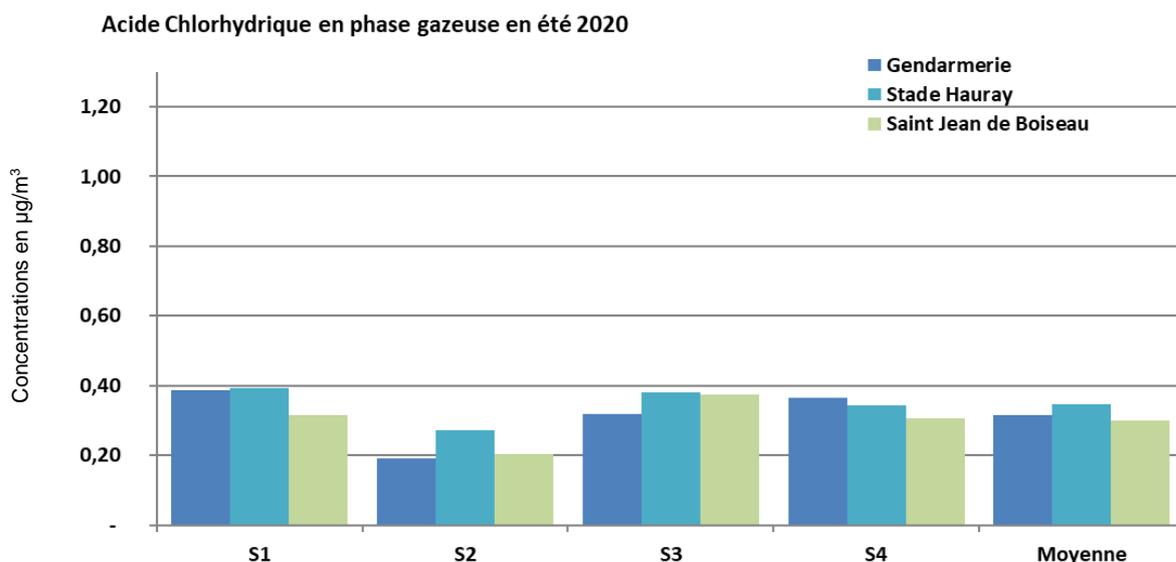
De plus, la comparaison des données de l'été 2020 avec les seuils réglementaires existants en Allemagne et en Suisse pour l'arsenic, le cadmium, le nickel, le plomb et le zinc montre que les niveaux rencontrés dans l'environnement de l'établissement sont nettement inférieurs à ces valeurs de référence (10 fois pour le nickel, 20 fois pour le cadmium, 40 fois pour l'arsenic, et 100 fois pour le plomb).

résultats des mesures de concentrations atmosphériques

acide chlorhydrique en phase gazeuse

résultats

Les figures suivantes représentent l'évolution des concentrations en acide chlorhydrique relevées pendant la campagne, sur 4 périodes d'échantillonnage.

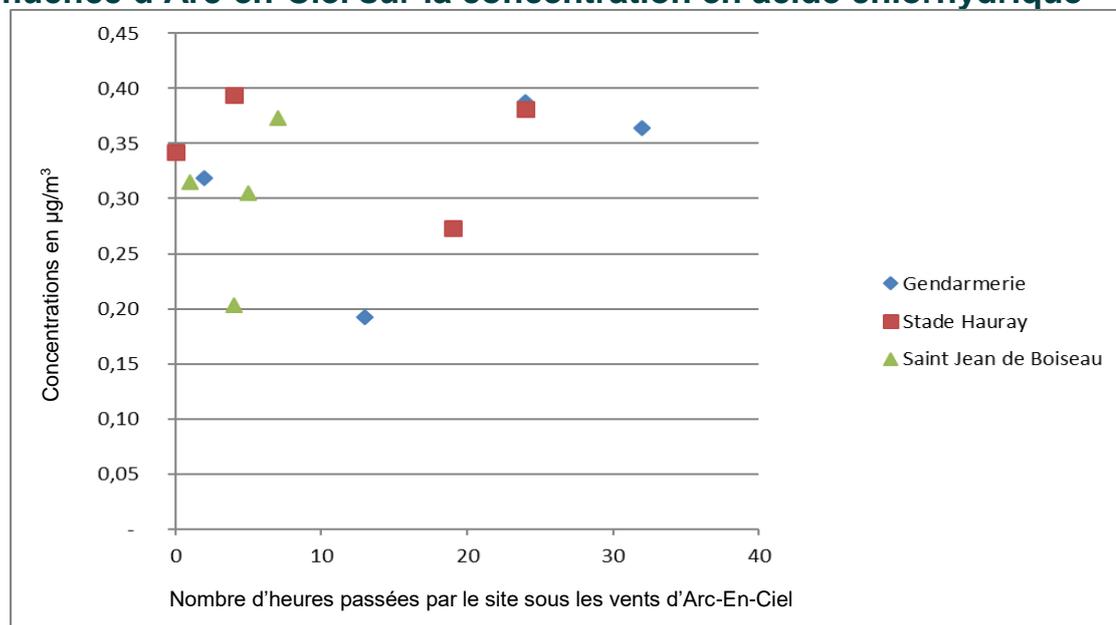


Évolution des concentrations en acide chlorhydrique gazeux durant la campagne de juillet 2020, sur les 3 sites

Il faut noter que les maxima d'HCl observés sont inférieurs à 0,40 µg/m³.

À titre de comparaison, la réglementation allemande fixe la valeur limite à 100 µg/m³ en moyenne annuelle, soit un niveau largement supérieur à celui observé dans l'environnement d'Arc-en-Ciel lors de cette campagne.

influence d'Arc-en-Ciel sur la concentration en acide chlorhydrique



Corrélation entre les concentrations moyennes en acide chlorhydrique en phase gazeuse et le nombre d'heures d'influence d'Arc-en-Ciel sur les sites de mesure

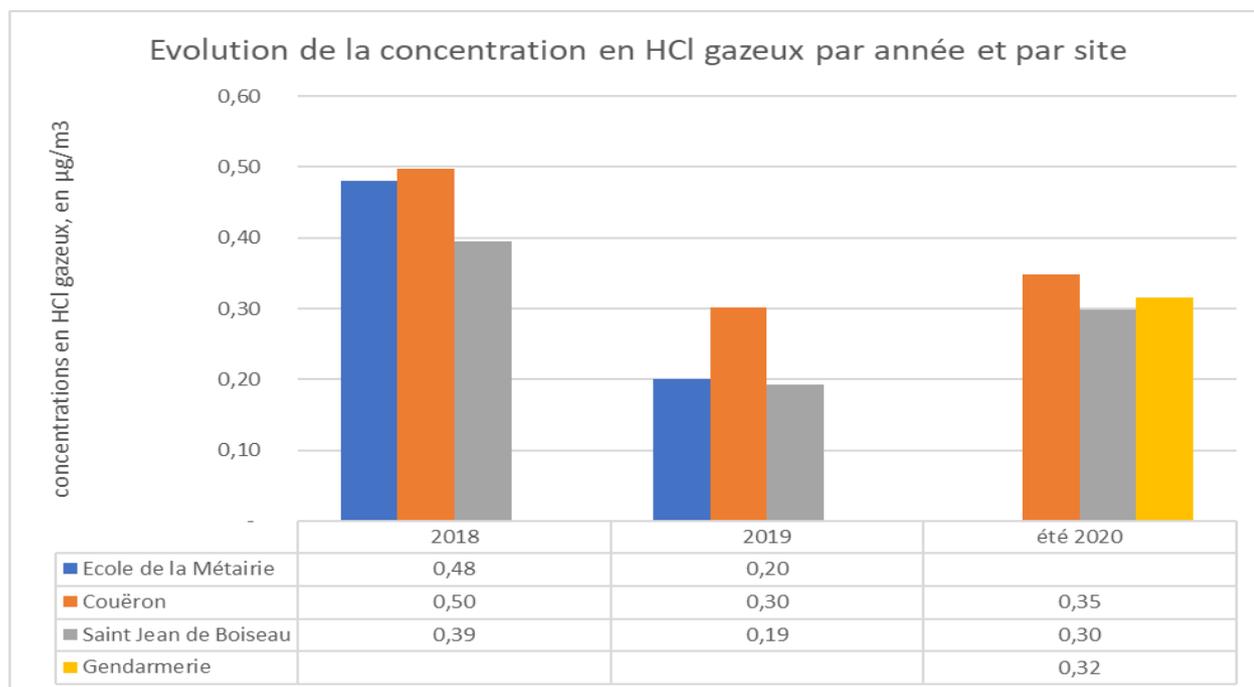
Le graphique ci-dessus met en correspondance les différentes concentrations en acide chlorhydrique avec le nombre d'heures où les sites de mesure ont été sous les vents de l'UVE.

Notons que la semaine où le site de la Gendarmerie a été le plus sous les vents ne correspond pas à l'une des concentrations les plus forte en HCl. A l'inverse, pour le site de Couëron au stade Hauray , les niveaux les plus forts sont enregistrés alors que les vents ne sont pas en provenance de l'UVE.

Aucune relation n'est clairement constatée, ce qui indique une absence d'influence décelable des émissions de l'UVE sur les teneurs en HCl mesurées à proximité.

historique

Les niveaux en acide chlorhydrique observés en été 2020 sont en moyenne entre les niveaux de 2018 et 2019.



historique des concentrations en acide chlorhydrique gazeux depuis 2018, sur les 3 sites autour d'Arc-En-Ciel

acide fluorhydrique en phase gazeuse

Comme énoncé dans le descriptif du dispositif, 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.



Boîte d'exposition des tubes, placé dans un corps diffusifs bleu Radiello à l'aide d'un support triangulaire



Tubes Radiello code 166 à usage unique

Pour chaque site de mesure, deux tubes étaient installés en parallèle chaque semaine, et un blanc de terrain réalisé.

L'ensemble des analyses en laboratoire, des prélèvements réalisés du 1^{er} juillet au 29 juillet 2020, révèle une concentration en acide fluorhydrique en dessous de la limite de détection du laboratoire d'analyse ($< 0.17 \mu\text{g} / \text{m}^3$), et ceci malgré les différentes expositions des sites aux vents en provenance d'Arc-En-Ciel.

De ce fait, aucune influence de l'UVE ne peut être établie pour ce polluant.

métaux lourds dans l'air

méthodologie

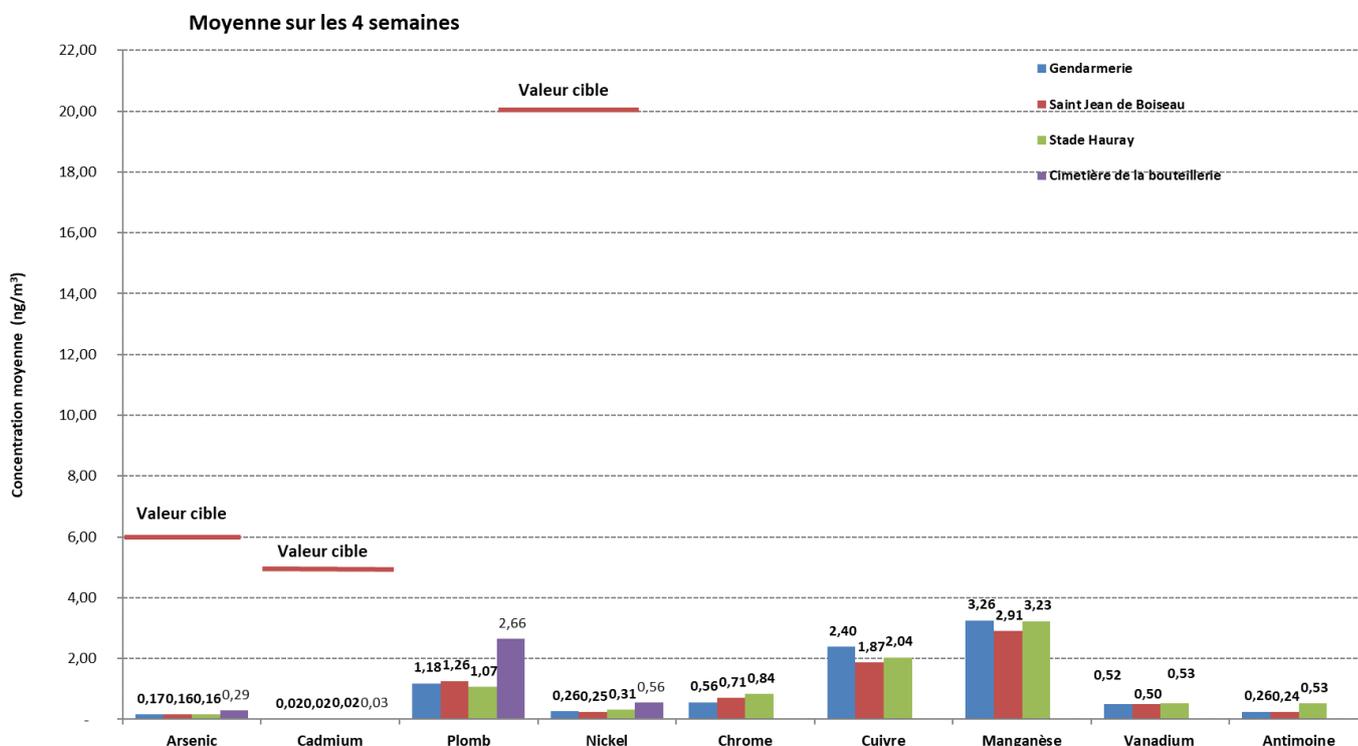
La concentration de l'air en métaux lourds est déterminée en aspirant un volume d'air donné au travers d'un filtre qui est ensuite analysé en laboratoire (voir annexe 8 pour les coordonnées du laboratoire) pour y déterminer la quantité d'arsenic, de cadmium, de plomb, de nickel, de chrome, de cuivre, 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 cibles réglementaires présentées ci-dessous. Attention toutefois ces valeurs réglementaires sont des moyennes annuelles et des mesures sur sept semaines ne permettant pas de vérifier explicitement le respect de ces valeurs.

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

Valeurs cibles pour les métaux dans l'air

résultats



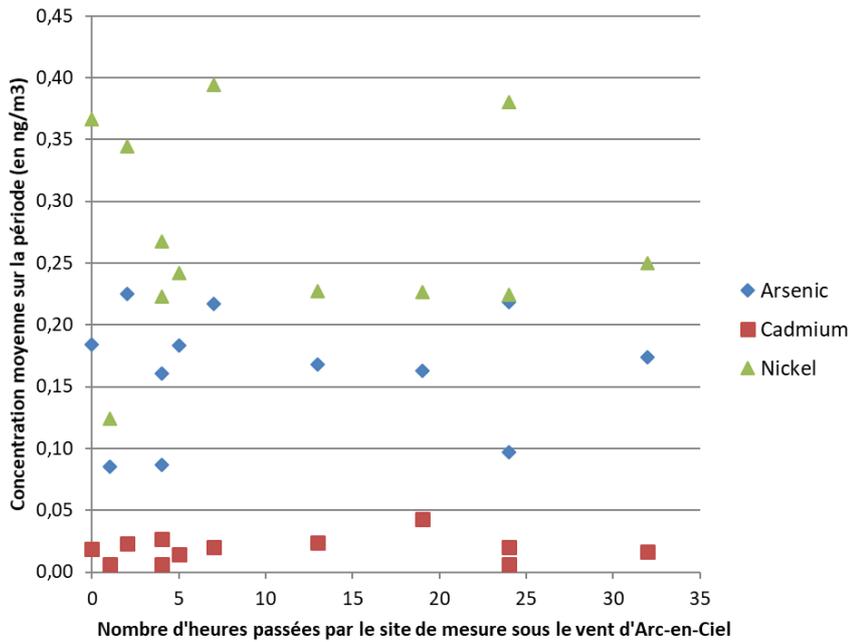
Concentration moyenne (sur 4 semaines) en métaux lourds mesurée pendant la campagne de l'été 2020

Notons que sur l'ensemble des filtres de l'été 2020, la concentration en cobalt était en dessous de la limite de quantification du laboratoire d'analyse (soit LQ = 0.13 ng/m³).

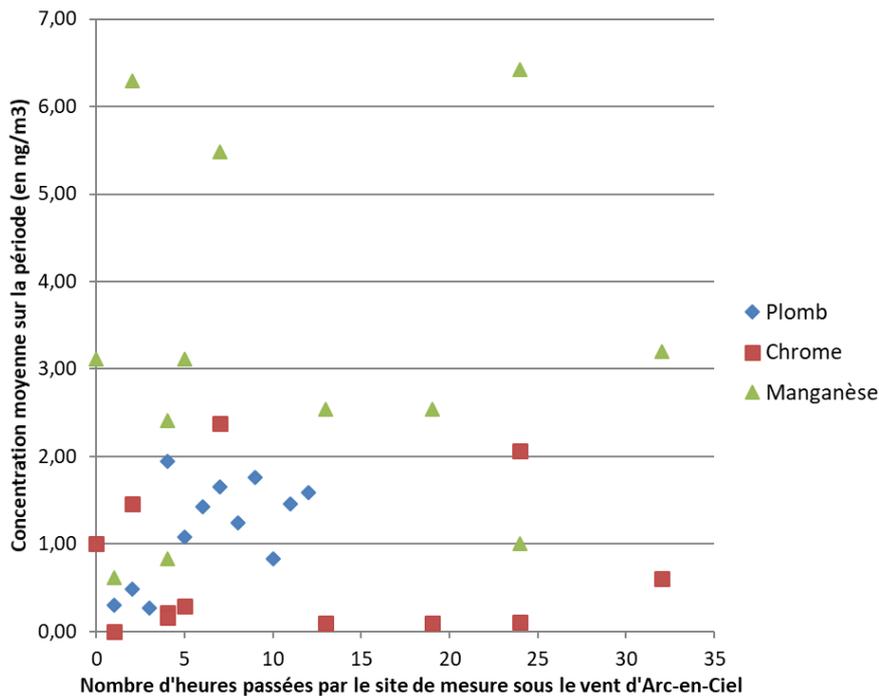
Concernant les polluants réglementés (As, Ni, Cd et Pb), on constate que les valeurs de concentration mesurées pendant la campagne restent largement inférieures aux valeurs cibles et objectif de qualité. On peut raisonnablement penser que ces valeurs annuelles réglementaires soient donc respectées.

Ces valeurs sont par ailleurs similaires à celles relevées sur le site du cimetière de la Bouteillerie, à Nantes, on peut donc les considérer comme représentative d'un milieu urbain de fond.

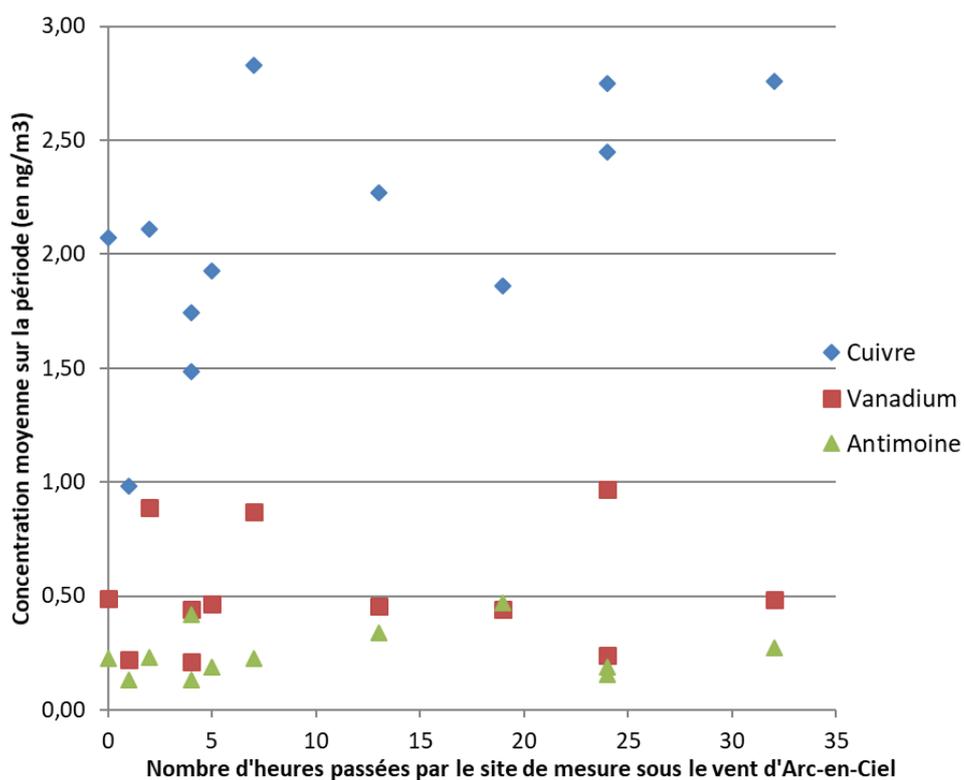
influence de l'UVE



Corrélation entre la concentration moyenne et le nombre d'heures passé par le site sous le vent d'Arc-en-Ciel (pour l'arsenic, le cadmium et le nickel)



Corrélation entre la concentration moyenne et le nombre d'heures passé par le site sous le vent d'Arc-en-Ciel (pour le plomb, le chrome et le manganèse)



Corrélation entre la concentration moyenne et le nombre d'heures passé par le site sous le vent d'Arc-en-Ciel (pour le cuivre et le vanadium et l'antimoine)

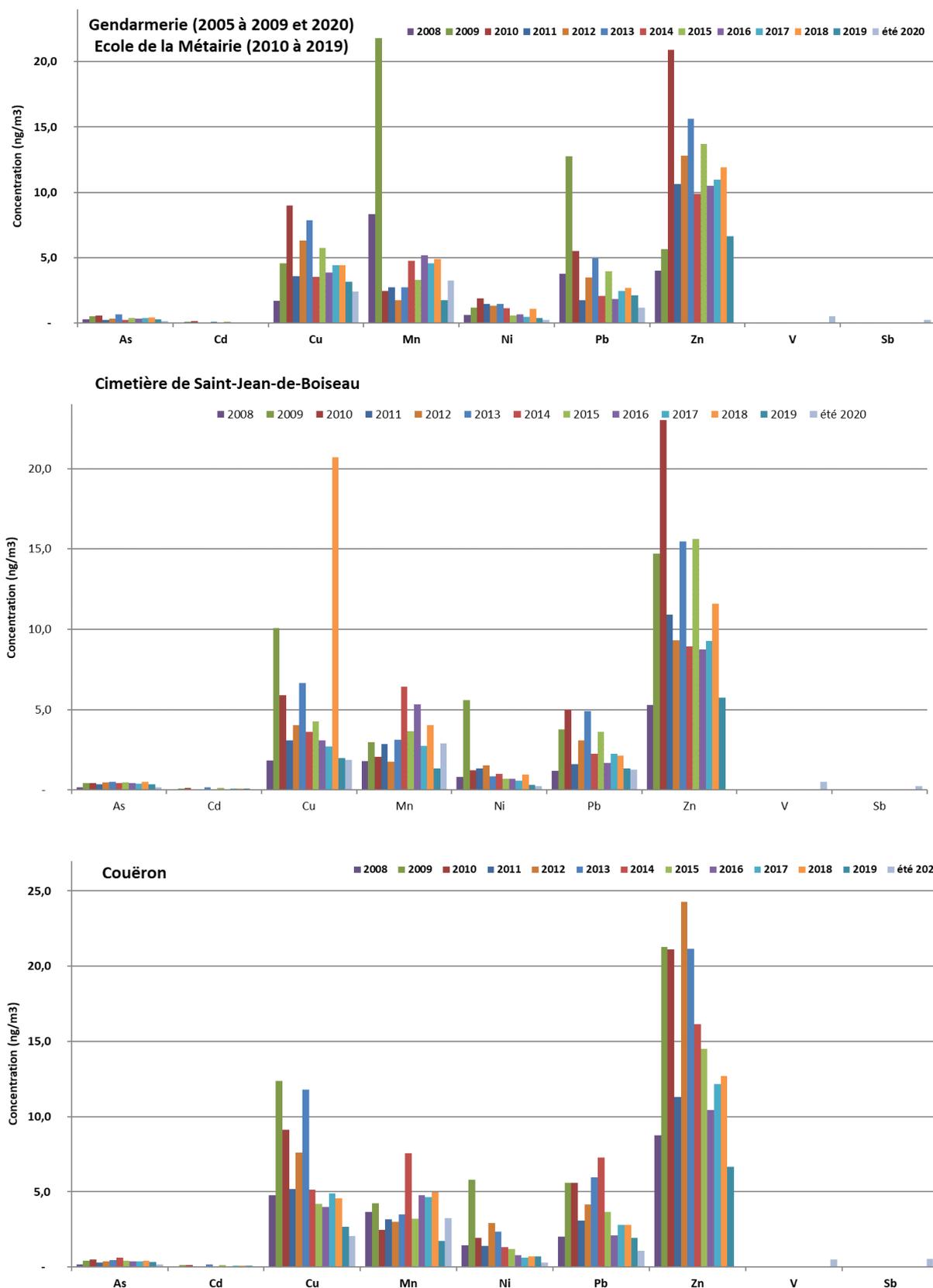
Au cours des semaines, on ne constate pas de corrélation direct entre l'exposition des sites de mesure aux vents provenant d'Arc-en-Ciel et la concentration atmosphérique en métaux lourds relevée sur ces sites.

A titre d'exemple, la semaine où le site de la Gendarmerie a été exposé près de 32 heures aux vents de l'UVE, nous observons des concentrations faibles.

Par ailleurs, l'évolution au cours de la campagne est sensiblement la même pour les trois sites, traduisant la prédominance du niveau de fond régional sur les mesures.

Ceci indique une absence de l'influence des émissions d'Arc-en-Ciel sur les teneurs atmosphériques mesurées à proximité.

historique



Évolution des concentrations en métaux lourds depuis 2008, pour chaque site autour d'Arc-en-Ciel

L'historique des concentrations atmosphériques en métaux lourds dans l'environnement d'Arc-en-Ciel indique que les niveaux relevés en été 2020 sont plus faibles que ceux de 2019 et 2018, à l'exception du manganèse. Notons que ces résultats se situent et dans la fourchette basse par rapport à ceux relevés antérieurement.

campagne hiver 2020

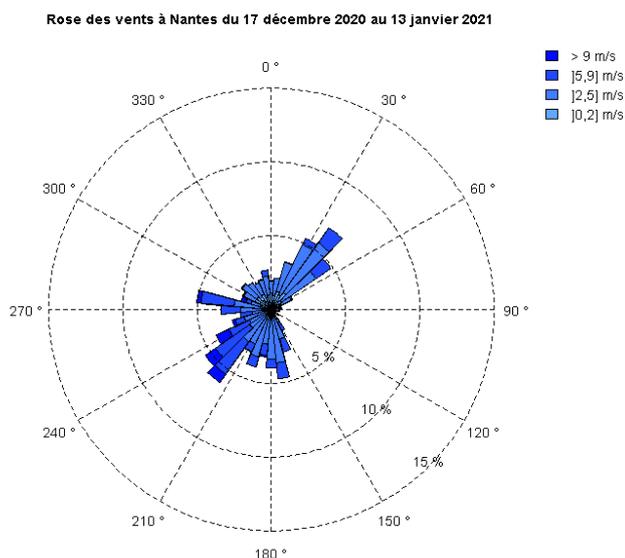
situation météorologique

précipitations, températures, insolation

La première partie de la campagne hivernale s'est déroulée dans un contexte météorologique très pluvieux par rapport à la normale, doux et peu ensoleillé. Les pluies ont été fréquentes et plus conséquentes que d'habitude (+ 37 %), les températures souvent supérieures aux normales (en moyenne + 1.0 °C) et l'ensoleillement plus fort qu'à l'accoutumé d'environ 20 %.

La seconde partie a été marquée par un refroidissement plus important avec des écarts d'environ -1 °C par rapport aux normales, un ensoleillement d'environ -12 % et de nombreuses perturbations apportant une pluviométrie excédentaire d'environ + 20%.

vents



Rose des vents calculée sur l'ensemble de la période de mesure de juillet 2020 (station météorologique de Nantes-Atlantique)

La répartition des vents sur l'ensemble de la campagne de mesure est présentée sur la rose des vents ci-dessus. Elle montre une prédominance des vents de secteur sud-ouest et nord-est.

		Nombre d'heures sous influence				Roses des vents hebdomadaires
		Gendarmerie	Saint-Jean-de-Boiseau	Stade Hauray	Basse-Indre	
période	dates	225°-245°	30°-50° 100°-120°	100°-120°	280°-300°	
S1	du 17/12/2020 au 23/12/2020	22	0	0	1	
S2	du 23/12/2020 au 30/12/2020	25	0	0	34	
S3	du 30/12/2020 au 06/01/2021	5	55	1	8	
S4	du 06/01/2021 au 13/01/2021	3	40	3	13	
Sur l'ensemble de la campagne	du 17/12/2020 au 13/01/2021	55	95	4	56	

Caractéristiques météorologiques et nombre d'heures d'influence d'Arc-en-Ciel durant la phase de mesure hivernale

Le détail hebdomadaire des vents montre une variabilité des directions de ces derniers durant la campagne, à l'origine de l'exposition du site de la Gendarmerie la première quinzaine de mesure, et Saint-Jean-de-Boiseau sur la seconde période.

C'est pourquoi une analyse par semaine sera particulièrement appropriée pour les prélèvements sur filtres et par tubes à diffusion passive.

résultats des mesures de retombées atmosphériques

mesure des dépôts de dioxines et furanes

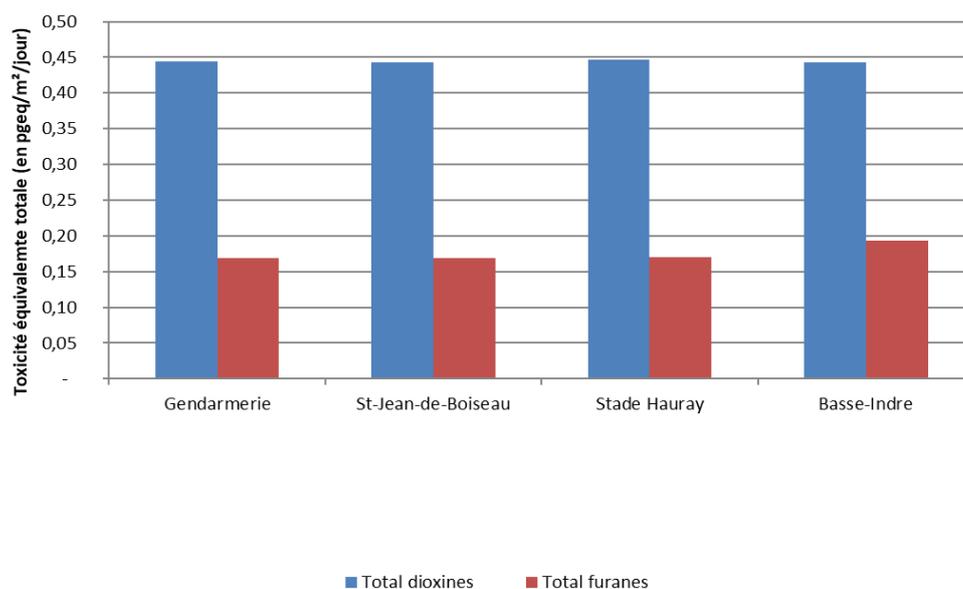
méthodologie

Cf. campagne été 2020.

résultats

	Gendarmerie	Couëron	Saint-Jean-de-Boiseau	Basse-Indre
Toxicité équivalente totale (I-TEQ) en ppeq/m ² /jour	0,61	0,61	0,62	0,64

Toxicité équivalente totale (OTAN) pour chaque site de la campagne de l'hiver 2020



Toxicité équivalente des dioxines et des furanes mesurées sur chaque site

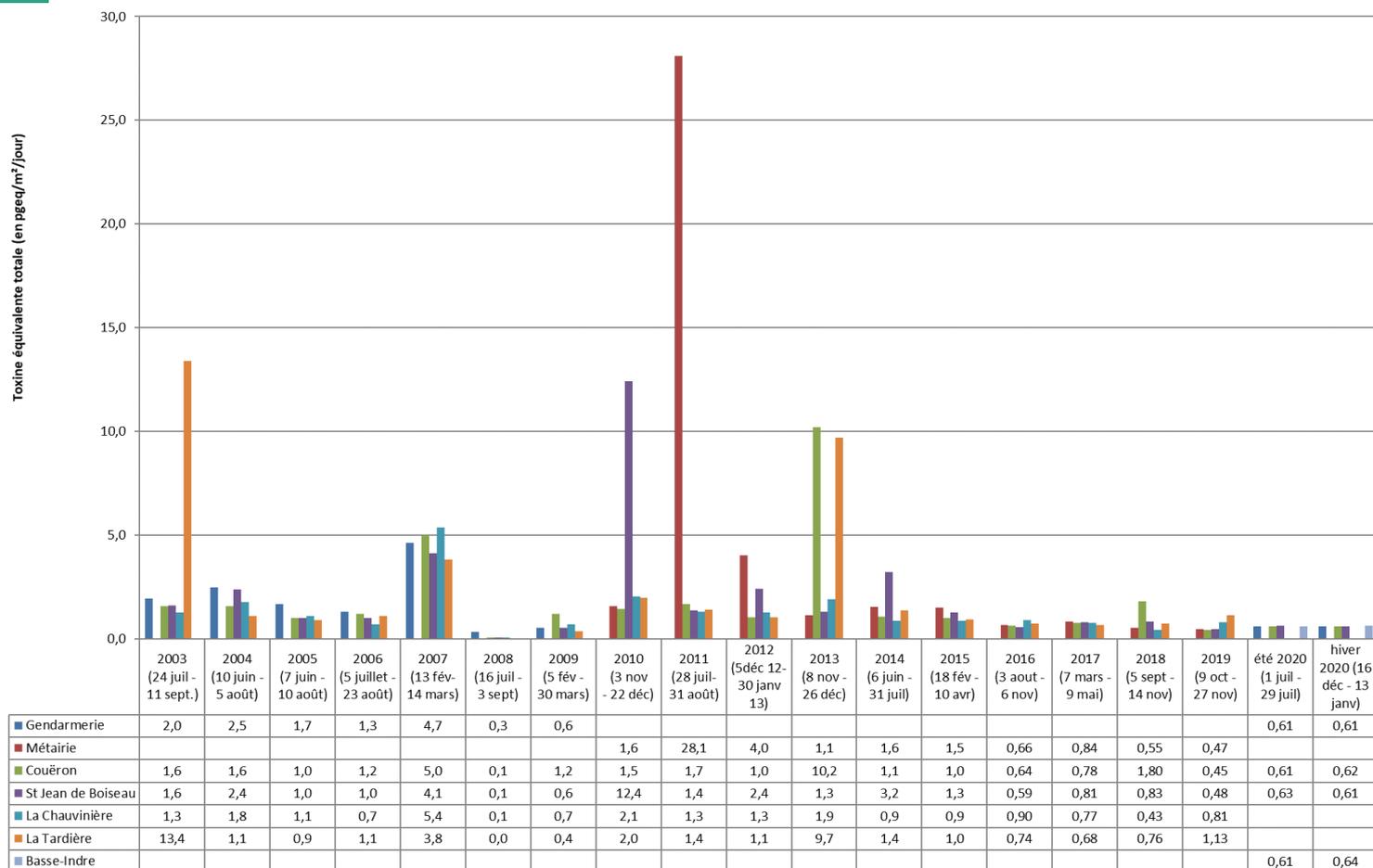
Les résultats montrent comme durant la phase estivale :

- ➔ des niveaux très faibles,
- ➔ des niveaux homogènes sur les sites localisés autour d'Arc-en-Ciel et ceci malgré la différence d'exposition aux émissions de l'établissement.

On observe une prédominance des dioxines sur les furanes quel que soit le site de mesure urbain. 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 que l'UVE n'a pas d'influence sur les retombées atmosphériques de ces composés dans son environnement.

historique



Évolution des retombées en dioxines et furanes autour d'Arc-en-Ciel depuis 2003

Les niveaux enregistrés en hiver 2020, comme ceux de l'été 2020 et depuis 2016, autour d'Arc-en-Ciel font partie des niveaux les plus faibles enregistrés depuis 2003. Aucune influence de l'UVE n'ayant été établie les années précédentes, cette comparaison conforte l'absence d'influence d'Arc-en-Ciel sur les dépôts de dioxines et furanes lors de la campagne 2020.

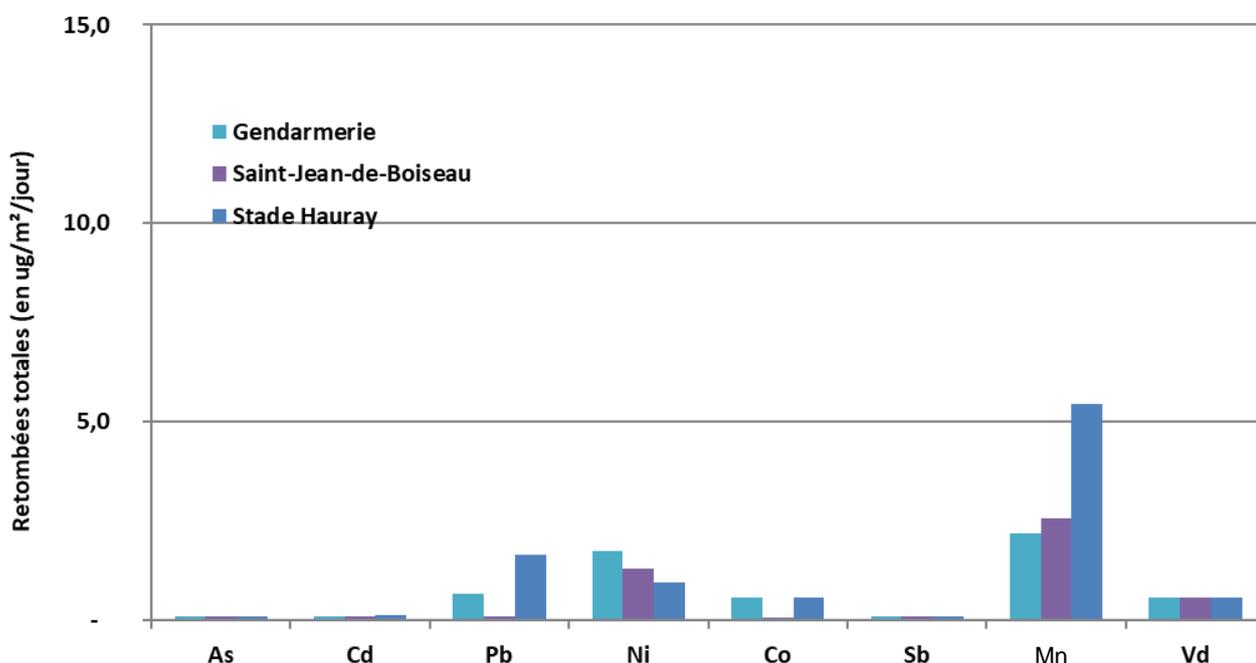
mesure des retombées totales en métaux lourds

 <p>Les émissions de métaux toxiques proviennent principalement de la combustion de combustibles fossiles (charbons, fiouls), de certains procédés industriels et des transports (aviation, routier, etc...).</p>	 <p>Les niveaux suivent les rejets industriels.</p>	 <p>Les zones les plus concernées se situent à proximité des établissements industriels émetteurs, des axes à fort trafic et des aéroports.</p>	 <p>Les métaux s'accumulent dans l'organisme et provoquent des effets toxiques à court et/ou à long terme. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénale, hépatique ou respiratoire.</p>	 <p>Les métaux toxiques contaminent les sols et les aliments. Ils s'accumulent dans les organismes vivants et perturbent les équilibres et mécanismes biologiques.</p>
--	--	--	---	---

méthodologie

Cf. campagne été 2020.

résultats



Le graphique ci-dessus présente les résultats de mesure de retombées de métaux sur les trois sites dans l'environnement de l'UVE durant la campagne de l'hiver 2020.

On observe pour les 2 sites placés dans les retombées maximales d'Arc-En-Ciel, des niveaux faibles et proches du site témoin du stade des Hauray pour l'arsenic, le cadmium, le cobalt, l'antimoine, le Nickel, et le vanadium. Le site témoin, peu exposé aux vents de l'UVE présente par contre des niveaux 2 fois plus forts en manganèse et en plomb que les 2 autres sites.

Notons que comme pour l'été 2020, sur l'ensemble des jauges de l'hiver 2020, la concentration en mercure était en dessous de la LQ (0.13 ng/m³).

On peut raisonnablement penser que l'influence des émissions de l'industriel ne sont pas visibles sur les concentrations observées dans son environnement.

comparaison aux valeurs réglementaires et historique

Flux de dépôt de métaux ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)	Zone rurale*	Zone urbaine*	Arc-en-Ciel hiver 2019	Arc-en-Ciel été 2020	Arc-en-Ciel hiver 2020	Valeurs réglementaires allemandes et suisses
Arsenic	0,6 – 0,7	0,05 – 1,3	0,4 – 0,5	0,3 – 0,7	0,1	4
Cadmium	0,2 – 0,9	0,3 – 3,0	0,3 – 0,5	0,05 – 0,13	0,11 – 0,12	2
Cobalt				0,6	0,1 – 0,6	
Manganèse	7,2 - 14,7	8,5 – 24,6	8,1 – 12,6	12,8 – 18,2	2,2 – 5,4	
Nickel	1,6 – 3,7	1,0 – 22,9	1,6	1,4 – 1,7	0,9 – 1,8	15
Plomb	3,3 – 10,3	0,4 – 106	1,2 – 1,4	1,6 – 8,2	0,1 – 1,7	100
Vanadium				1,3 – 1,6	0,6	
Antimoine				0,3 – 1,4	0,1	
Mercure				< LQ	< LQ	

Flux moyen de dépôt total de métaux recensés dans la littérature [16] à [26] et valeurs de référence (moyennes annuelles) en Allemagne et en Suisse

** études menées en France et dans d'autres pays*

D'après ce tableau, les flux de dépôts de l'ensemble des métaux lourds relevés durant l'hiver 2020 correspondent aux ordres de grandeur des niveaux habituellement enregistrés en zone rurale. Notons que ces résultats sont proches des valeurs de la campagne 2019 et de l'été 2020.

De plus, la comparaison des données de l'hiver 2020 avec les seuils réglementaires existants en Allemagne et en Suisse pour l'arsenic, le cadmium, le nickel, le plomb et le zinc montre que les niveaux rencontrés dans l'environnement de l'établissement sont nettement inférieurs à ces valeurs de référence (10 fois pour le nickel, 20 fois pour le cadmium, 40 fois pour l'arsenic, et 100 fois pour le plomb).

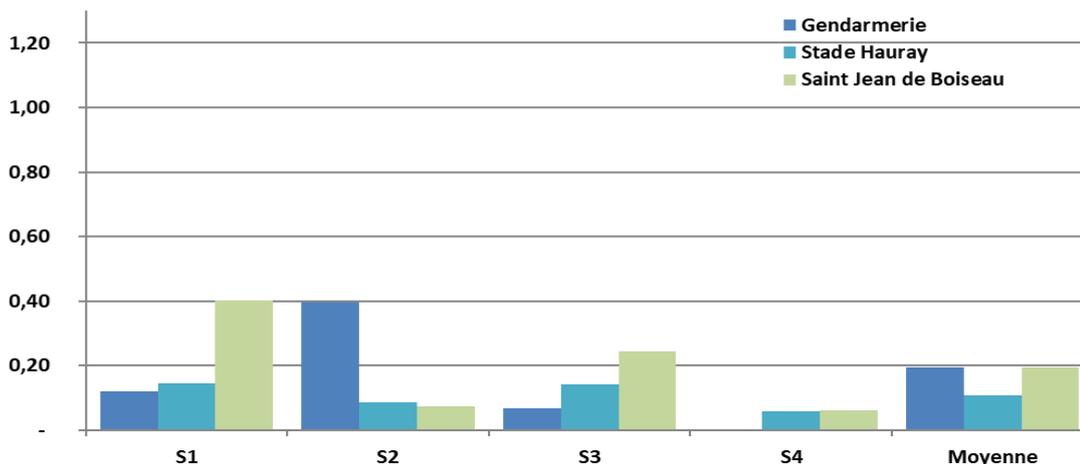
résultats des mesures de concentrations atmosphériques

acide chlorhydrique en phase gazeuse

résultats

Les figures suivantes représentent l'évolution des concentrations en acide chlorhydrique relevées pendant la séquence hivernale, sur les 4 périodes d'échantillonnage.

Acide Chlorhydrique en phase gazeuse en hiver 2020

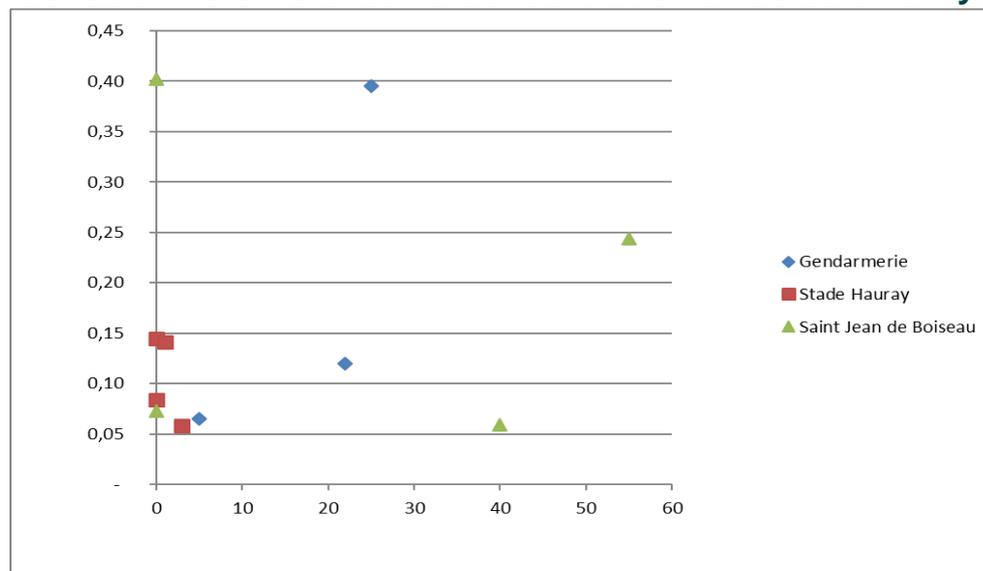


Évolution des concentrations en acide chlorhydrique gazeux durant la campagne de l'hiver 2020, sur les 3 sites (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Il faut noter que les maxima d'HCl observés en hiver 2020 sont inférieurs à $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tout comme ceux relevés en été 2020.

À titre de comparaison, la réglementation allemande fixe la valeur limite à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle, soit un niveau largement supérieur à celui observé dans l'environnement d'Arc-en-Ciel lors de cette campagne.

influence d'Arc-en-Ciel sur la concentration en acide chlorhydrique

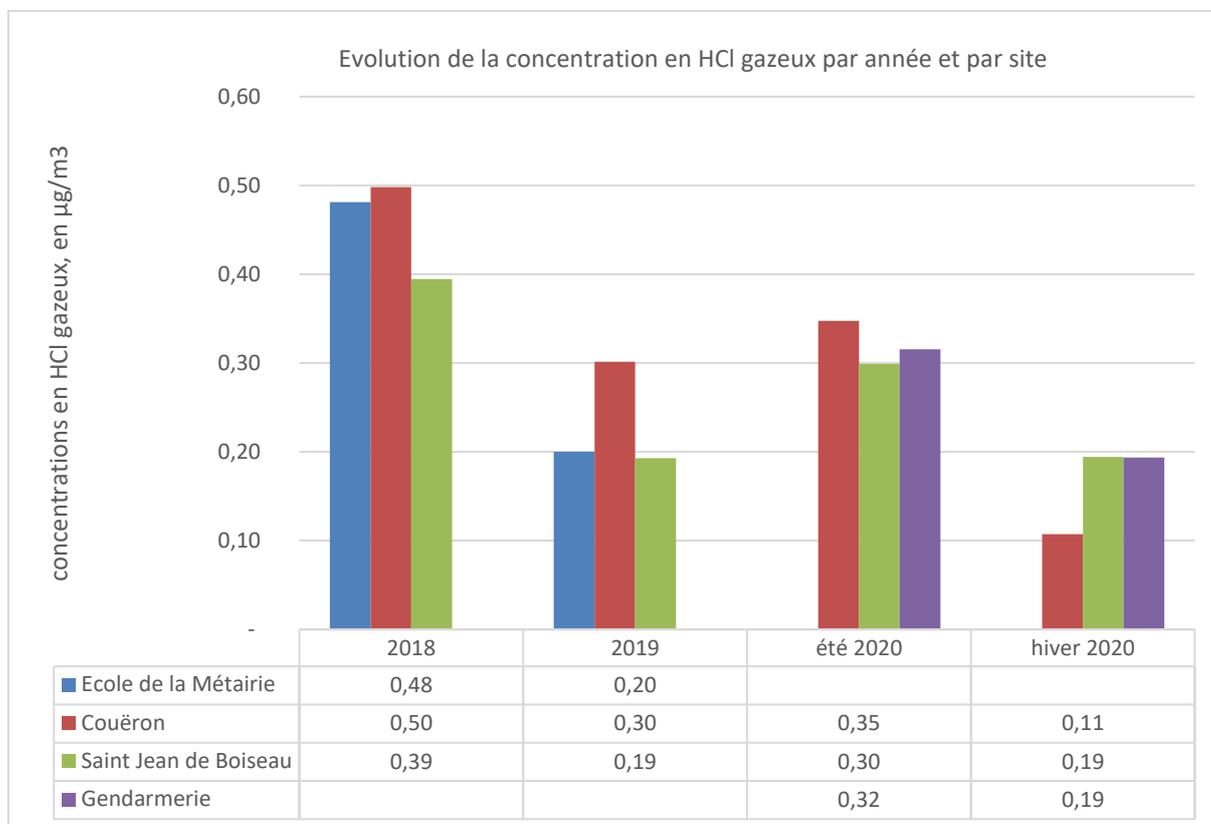


Corrélation entre les concentrations moyennes en acide chlorhydrique en phase gazeuse et le nombre d'heures d'influence d'Arc-en-Ciel sur les sites de mesure

Comme pour l'été 2020, aucune relation n'est clairement constatée, ce qui indique une absence d'influence décelable des émissions de l'UVE sur les teneurs en HCl mesurées à proximité.

historique

Les niveaux en acide chlorhydrique observés en hiver 2020 sont en moyenne moins élevés (env. 30 %) que ceux de la campagne de l'été 2020, en lien avec des conditions météorologiques moins propices à sa présence dans l'air (fortes précipitations).



acide fluorhydrique en phase gazeuse

Comme pour la campagne de l'été 2020, l'ensemble des prélèvements réalisés du 17 décembre 2020 au 13 janvier 2021, conduise à des concentrations en dessous de la limite de détection du laboratoire d'analyse ($< 0.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$), et ceci malgré les différentes expositions des sites aux vents en provenance d'Arc-En-Ciel.

De ce fait, aucune influence de l'UVE ne peut être établie pour ce polluant.

Afin de conforter ces résultats, les prélèvements de ce polluant seront maintenus en 2021.

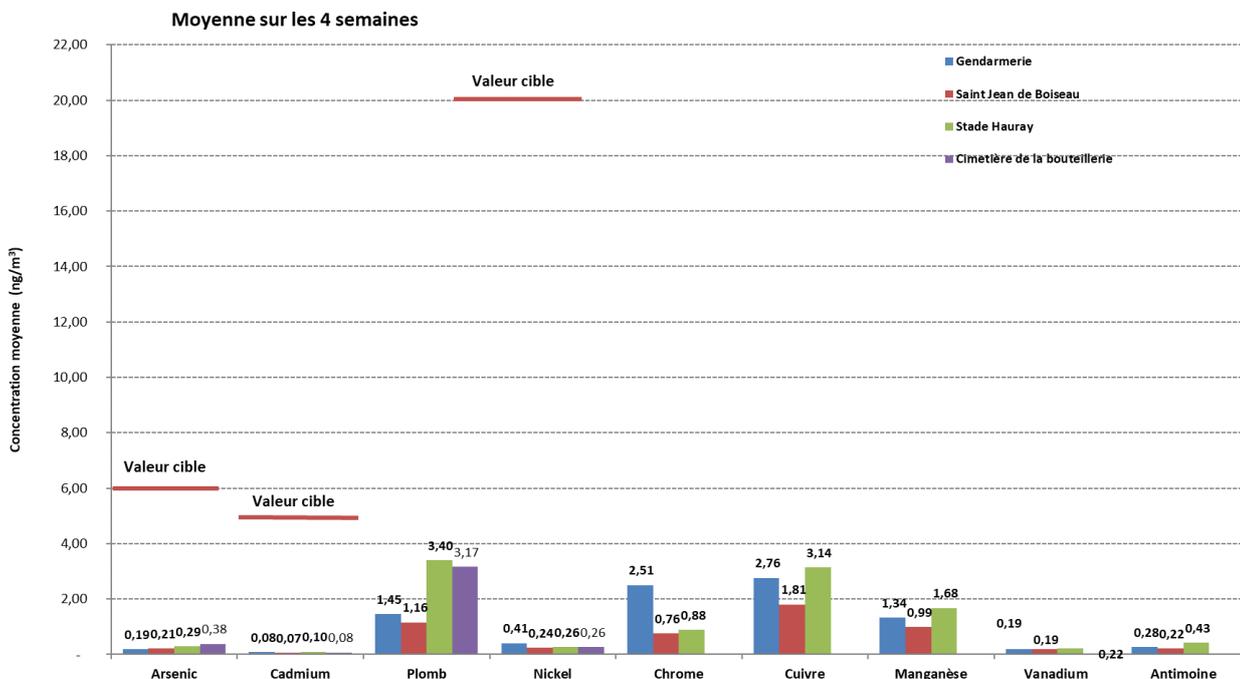
Selon les résultats, nous pourrions proposer à VEOLIA une surveillance pour l'acide fluorhydrique tous les 2 ans par exemple.

métaux lourds dans l'air

méthodologie

Cf. campagne été 2020.

résultats



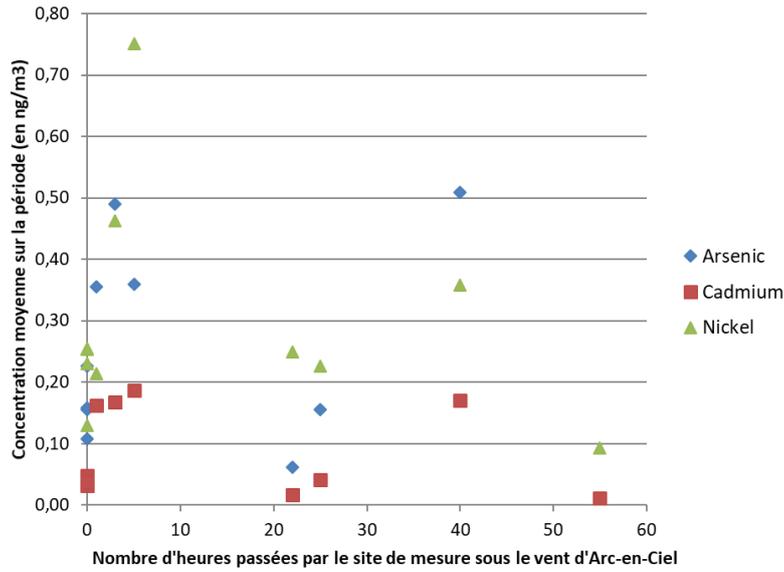
Concentration moyenne (sur 4 semaines) en métaux lourds mesurée pendant la campagne de l'hiver 2020

Tout comme en été, notons que sur l'ensemble des filtres de l'hiver 2020, la concentration en Cobalt était en dessous de la limite de quantification du laboratoire d'analyse (soit LQ =0.13 ng/m³).

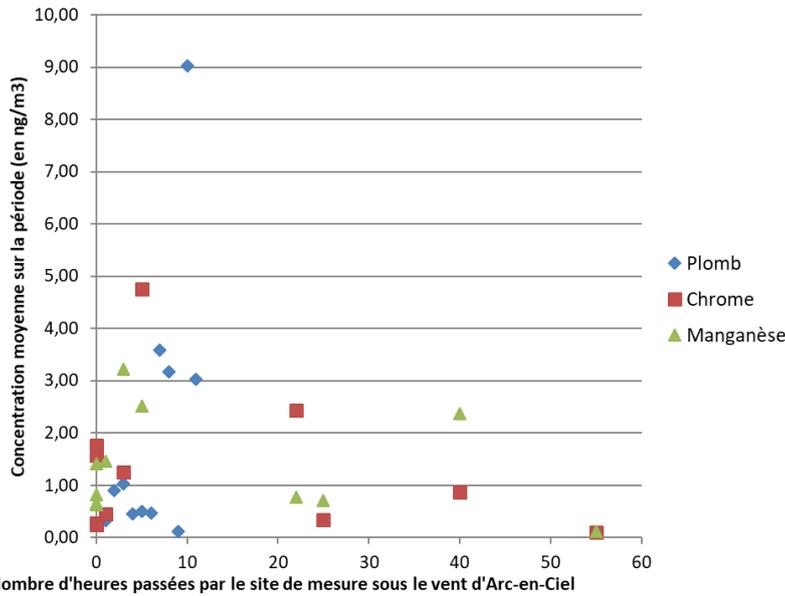
Concernant les polluants réglementés (As, Ni, Cd, Pb et Mn), on constate que les concentrations mesurées pendant la phase hivernale restent largement inférieures aux valeurs cibles et objectif de qualité. On peut raisonnablement penser que ces valeurs annuelles réglementaires soient donc respectées.

Ces valeurs sont par ailleurs similaires à celles relevées sur le site du cimetière de la Bouteillerie, à Nantes, on peut donc les considérer comme représentative d'un milieu urbain de fond.

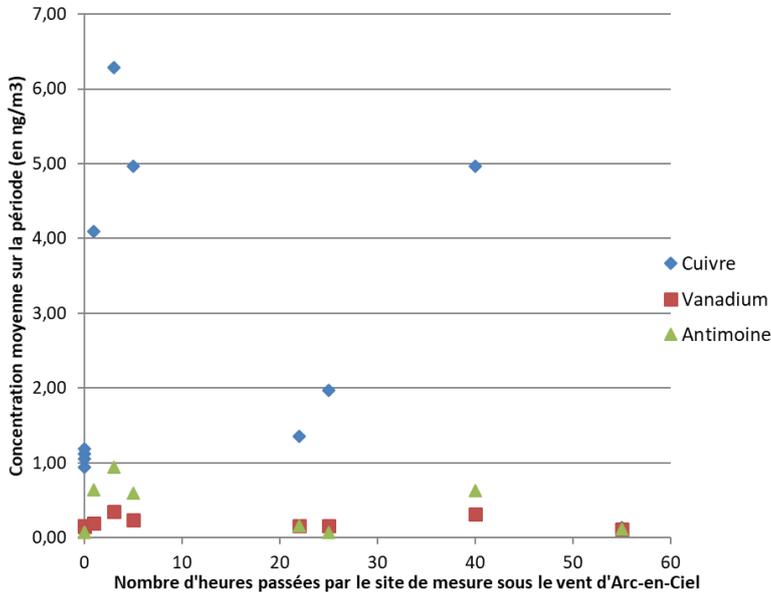
influence de l'UVE



Corrélation entre la concentration moyenne et le nombre d'heures passé par le site sous le vent d'Arc-en-Ciel (pour l'arsenic, le cadmium et le nickel)



Corrélation entre la concentration moyenne et le nombre d'heures passé par le site sous le vent d'Arc-en-Ciel (pour le plomb, le chrome et le manganèse)



Corrélation entre la concentration moyenne et le nombre d'heures passé par le site sous le vent d'Arc-en-Ciel (pour le cuivre et le vanadium et l'antimoine)

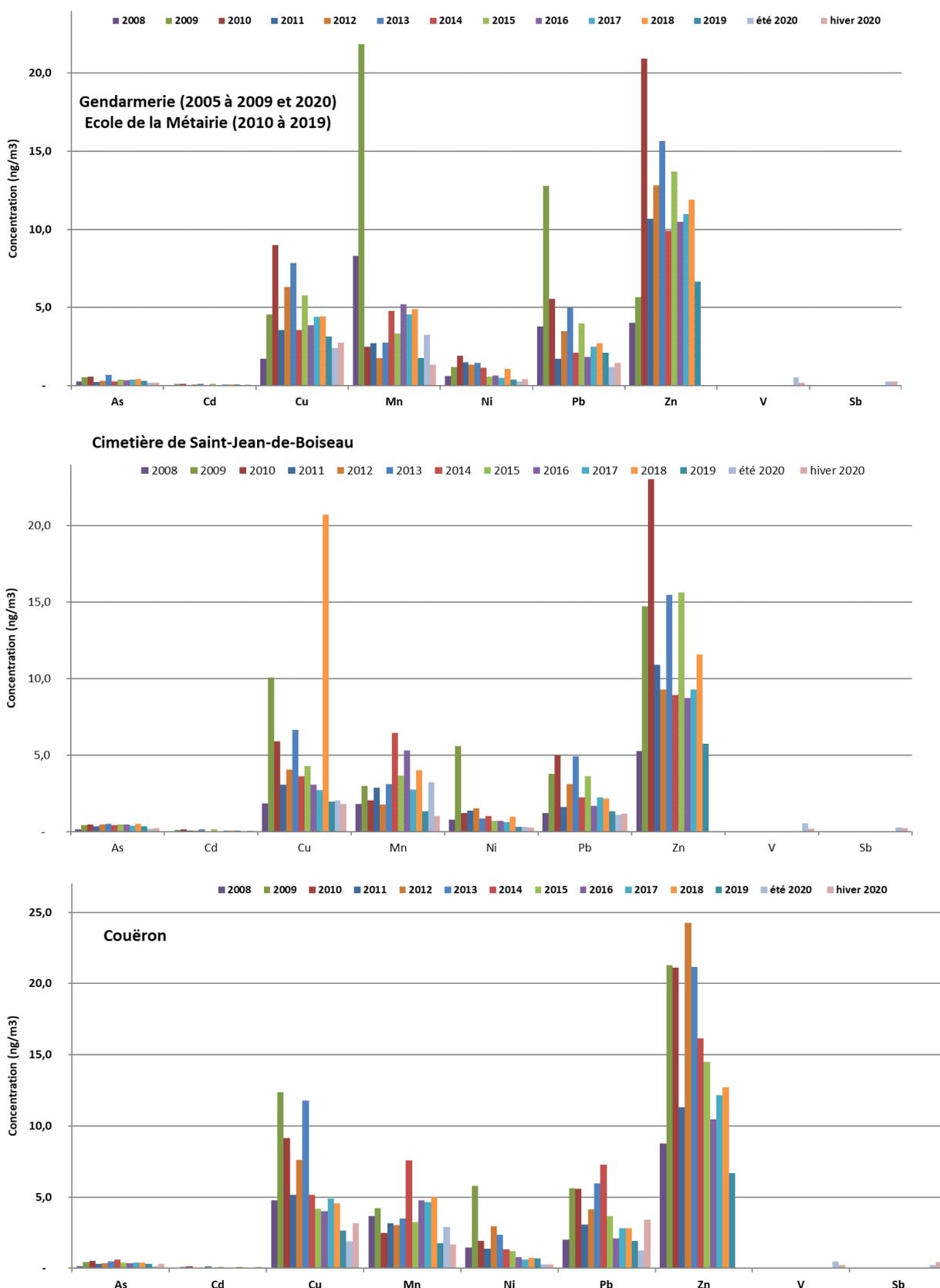
Au cours des semaines, on ne constate pas de corrélation entre l'exposition des sites de mesure aux vents provenant d'Arc-en-Ciel et la concentration atmosphérique en métaux lourds relevée sur ces sites.

Notons que la semaine où le site de Saint-Jean-de-Boiseau a été le plus sous les vents, correspond aux concentrations les plus faibles en métaux observées sur la campagne.

Par ailleurs, l'évolution au cours de la campagne est sensiblement la même pour les trois sites, traduisant la prédominance du niveau de fond régional sur les mesures.

Ceci indique comme pour la phase en été 2020, une absence de l'influence des émissions d'Arc-en-Ciel sur les teneurs atmosphériques mesurées à proximité d'Arc-En-Ciel.

historique



Évolution des concentrations en métaux lourds depuis 2008, pour chaque site autour d'Arc-en-Ciel

L'historique des concentrations atmosphériques en métaux lourds dans l'environnement d'Arc-en-Ciel indique que les niveaux relevés en hiver 2020 sont aussi faibles en zinc et manganèse que ceux de l'été 2020 ; proches pour les autres métaux, et dans son ensemble dans la fourchette basse par rapport à ceux relevés antérieurement (depuis 2008).

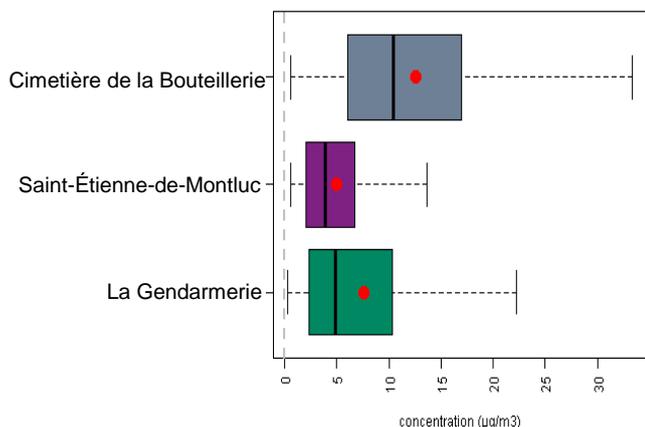
polluants mesurés en continu sur le site de la Gendarmerie et par les stations du réseau Air Pays de la Loire

Les niveaux de PM10 et de NO₂ observés durant la campagne sur la région sont dans la moyenne des valeurs relevées les années précédentes, sur la même période de l'année. Aucune procédure de recommandation ou d'information n'a été déclenchée pendant la période de mesure.

dioxyde d'azote

 <p>Le monoxyde d'azote (NO) se forme par combinaison de l'azote et de l'oxygène atmosphériques lors des combustions. Ce polluant, principalement émis par les pots d'échappement, se transforme rapidement en dioxyde d'azote (NO₂).</p>	 <p>Les NO_x présentent en milieu urbain deux pics de pollution aux heures de pointe du matin et du soir. À l'échelle annuelle, la pollution est plus forte en hiver avec des émissions plus importantes et des conditions de dispersion moins favorables.</p>	 <p>Les taux de NO_x sont généralement plus élevés près des voies de circulation et sous les vents des établissements industriels à rejets importants.</p>	 <p>Le NO₂ est irritant pour les bronches. Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires.</p>	 <p>Les NO_x participent à la formation des pluies acides. Sous l'effet du soleil, ils favorisent la formation d'ozone et contribuent ainsi indirectement à l'accroissement de l'effet de serre.</p>
---	---	---	---	---

Mesures du 16/12/2020 au 07/01/2021	Gendarmerie	Cimetière de la Bouteillerie	Saint-Etienne-de-Montluc
Moyenne	8.2 µg/m ³	13.4 µg/m ³	5.4 µg/m ³
Minimum horaire	0.3 µg/m ³	0.6 µg/m ³	0.7 µg/m ³
Maximum horaire	44.7 µg/m ³	54.2 µg/m ³	29.0 µg/m ³



Qu'est-ce qu'un boxplot ?

Maximum

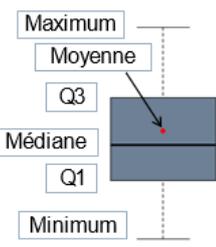
Moyenne

Q3

Médiane

Q1

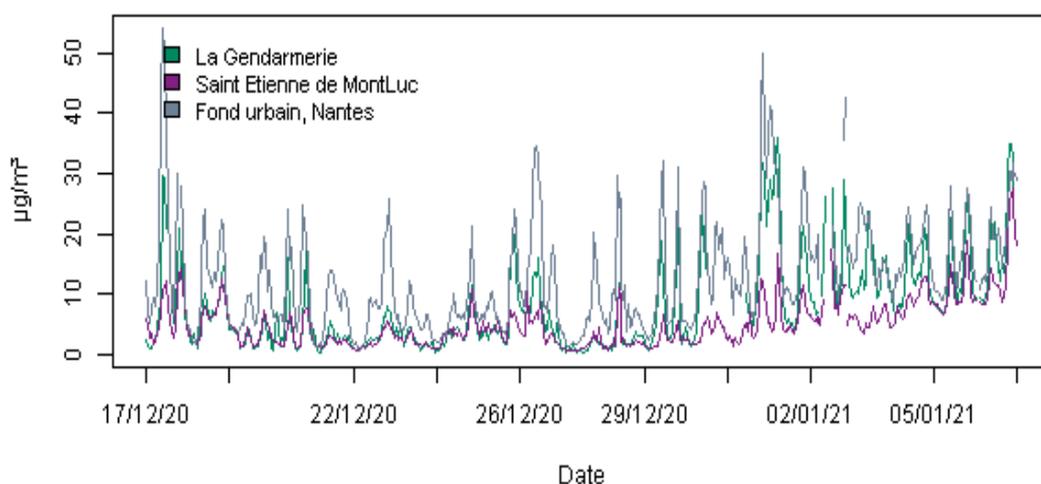
Minimum



Un boxplot, représente les caractéristiques statistiques d'un ensemble de valeurs numériques.

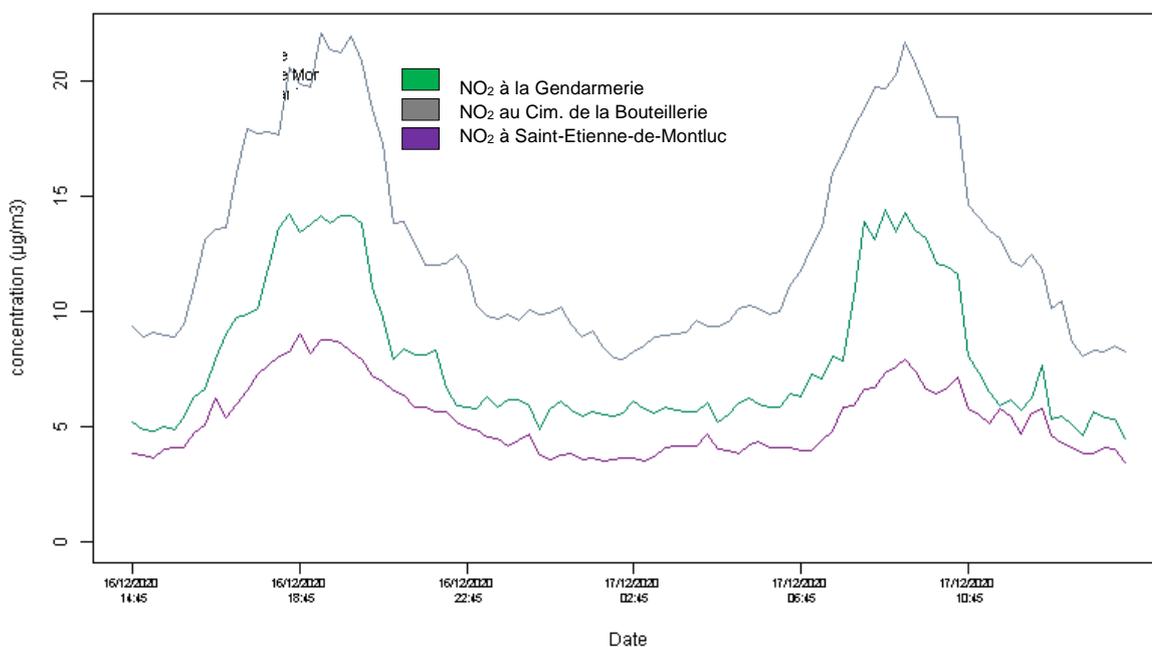
Ces caractéristiques sont la moyenne, la médiane, le minimum, le maximum ainsi que le premier (Q1) et le dernier (Q3) quartile.

Boxplot des concentrations horaires de NO₂ sur la campagne hivernale 2020, pour chaque site



Evolution de la concentration horaire en NO₂, durant la campagne 2020 pour chaque site, dont 2 non influencé par l'UVE

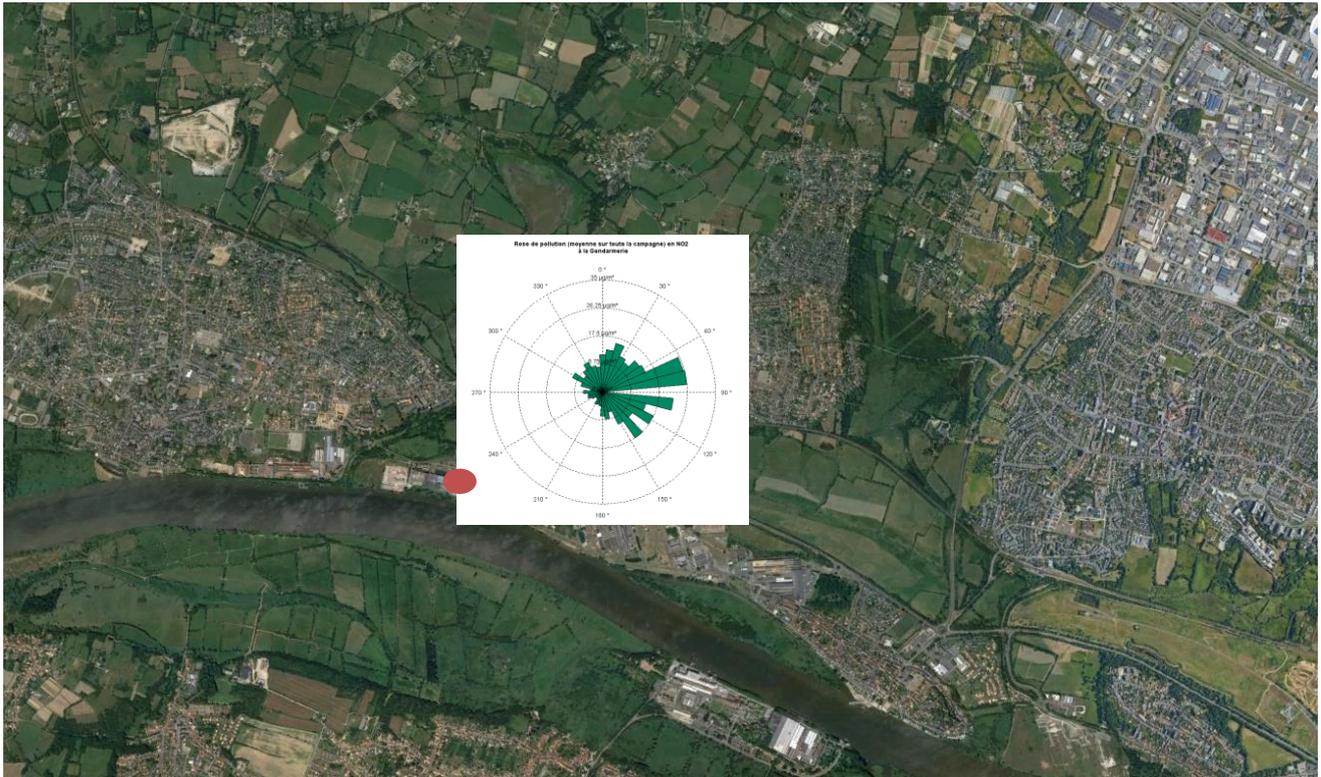
Les niveaux mesurés à la Gendarmerie se situe entre celui du site urbain du cimetière de la Bouteillerie et celui, plus rural, de Saint-Étienne-de-Montluc, ce qui correspond à la situation géographique de Couëron.



Profil journalier type en concentration horaire de NO₂, pour chaque site

Les concentrations en NO₂ au niveau de la Gendarmerie se comporte, dans son évolution et dans sa dispersion statistique, de la même manière que les niveaux des 2 sites non exposés à l'UVE. On remarquera en particulier, deux pics au cours d'une journée moyenne, généralement attribués aux trajets motorisés domicile-travail des habitants de la zone.

influence de l'UVE



Rose de pollution des concentrations moyennes en NO₂ mesurées sur le site de la Gendarmerie

Une rose de pollution est un graphique qui permet de représenter les concentrations mesurées dans l'air en fonction de la direction des vents. La rose ci-dessus indique que le niveau de NO₂ à la Gendarmerie est plus élevé par vents d'est et de sud sud-est, c'est-à-dire par les apports en dioxyde d'azote en provenance de l'agglomération nantaise et de son trafic routier et non par Arc-en-Ciel, situé au sud-sud-ouest du site de mesure (secteur 225-245°).

Ceci suggère que l'influence d'Arc-en-Ciel ne peut pas être établie pour les concentrations en dioxyde d'azote mesurées à la Gendarmerie.

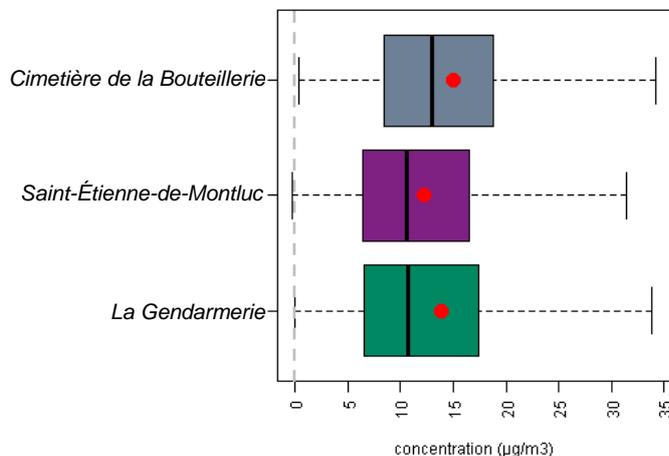
Les données détaillées montrent un respect des limites réglementaires, en particulier le seuil de recommandation et d'information de 200 µg/m³ en moyenne horaire (maximum mesuré à 44.7 µg/m³).

particules fines PM10

<p>?</p> <p>Les particules fines PM10 et PM2,5 ont un diamètre respectivement inférieur à 10µm et 2,5µm, elles sont de nature variée, naturelles ou d'origine humaine. Les PM10 proviennent principalement de l'agriculture, du chauffage au bois, de l'usure des routes, des carrières et chantiers BTP. Les PM2,5 sont essentiellement liées aux transports routiers, au chauffage au bois et à l'agriculture.</p>	<p>🕒</p> <p>Les épisodes de pollution par les particules fines se produisent principalement l'hiver ou au printemps.</p>	<p>📍</p> <p>Les phénomènes sont généralement de grande envergure (échelle régionale ou nationale). La pollution produite localement s'ajoute alors à une pollution importée d'autres régions.</p>	<p>👤</p> <p>Selon leur taille, les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes.</p>	<p>🌳</p> <p>Les effets de salissure des bâtiments et des monuments sont les atteintes les plus évidentes. Certaines particules fines, appelées « carbone suie », contribueraient au réchauffement climatique.</p>
---	---	--	---	--

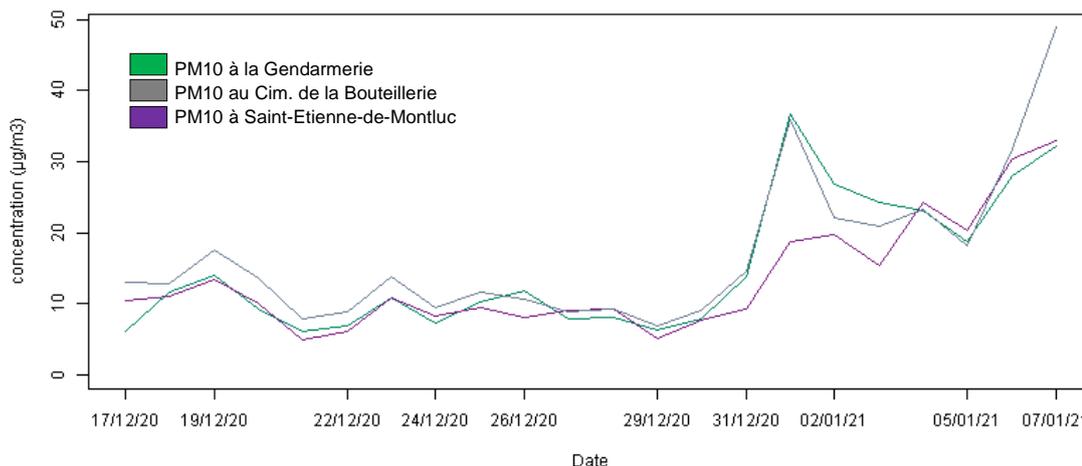
Le terme particules fines recouvre tout polluant non gazeux, les PM10 spécifiquement sont des éléments en suspension, de taille inférieure à 10 µm.

Mesures du 16/12/2020 au 07/01/2021	Gendarmerie	Cimetière de la Bouteillerie	Saint-Etienne-de-Montluc
Moyenne	14.2 µg/m ³	16.0 µg/m ³	12.9 µg/m ³
Minimum horaire	< LD	1.0 µg/m ³	< LD *
Maximum horaire	96.5 µg/m ³	125.2 µg/m ³	41.3 µg/m ³



Boxplot des concentrations horaires en particules fines PM10 durant la campagne de l'hiver 2020, pour chaque site

La distribution statistique des mesures de particules PM10 à la Gendarmerie est proche de celles relevées au Cimetière de la Bouteillerie à Nantes et à Saint-Étienne-de-Montluc.



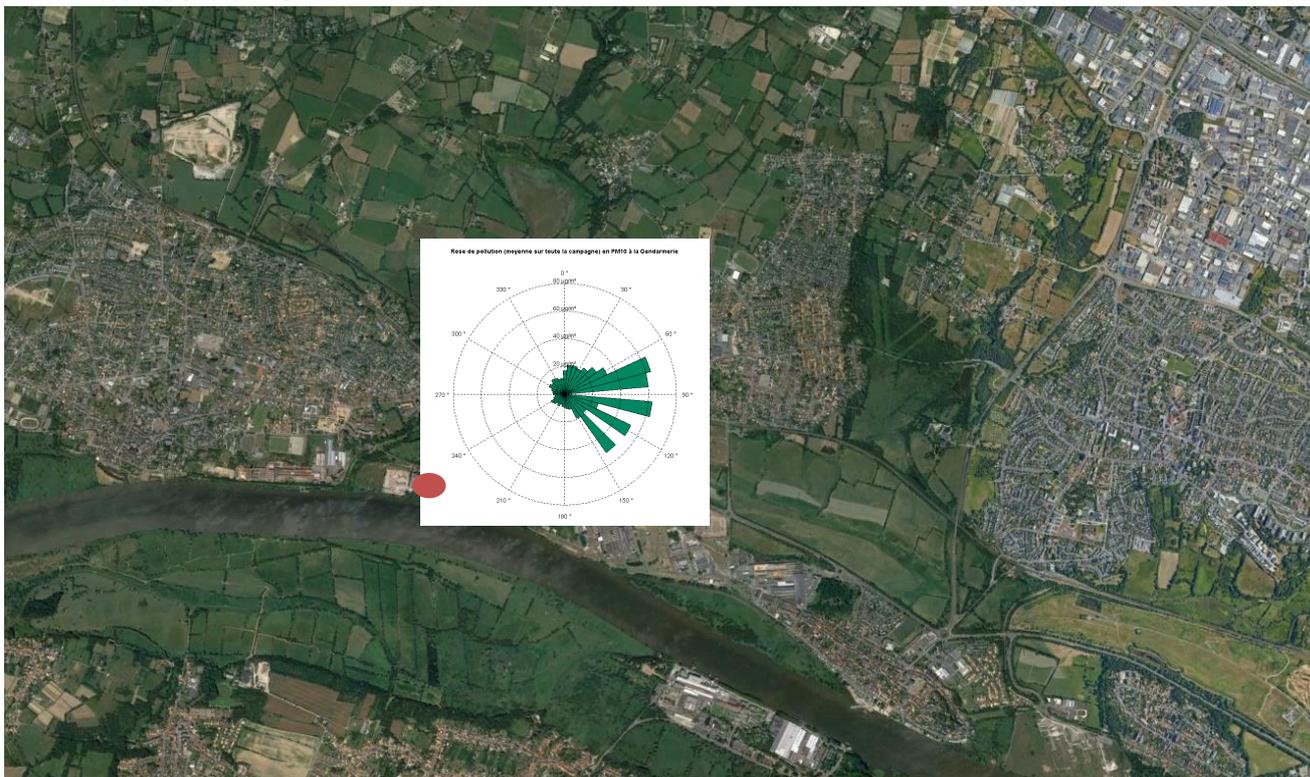
Évolution de la concentration journalière en particules fines PM10 pendant la campagne pour chaque site

On notera que les concentrations en particules PM10 évoluent de façon synchrone sur les 3 sites, dont 2 non influencés par l'UVE.

Les niveaux en particules fines PM10 mesurés sur le site de la Gendarmerie, sont en moyenne proches de ceux du site urbain de Nantes. Ce site n'a pas dépassé la valeur limite de 40 µg/m³ en moyenne sur un an et l'objectif de qualité de 30 µg/m³ en moyenne sur un an.

Par conséquent, on peut raisonnablement penser que ces valeurs réglementaires soient respectées.

influence de l'UVE



Rose de pollution des concentrations moyennes en PM10 mesurées sur le site de la Gendarmerie

La rose de pollution moyenne établie sur le site de la Gendarmerie pour les particules fines ne met pas en évidence d'influence d'Arc-en-Ciel sur les niveaux de ce polluant (le secteur 225-245° n'est pas particulièrement déterminant).

Enfin, les roses de pollution calculées sur le site de la Gendarmerie et du cimetière de Bouteillerie, (cf. annexe 1) sont proches quelle que soit leur localisation par rapport à Arc-en-Ciel.

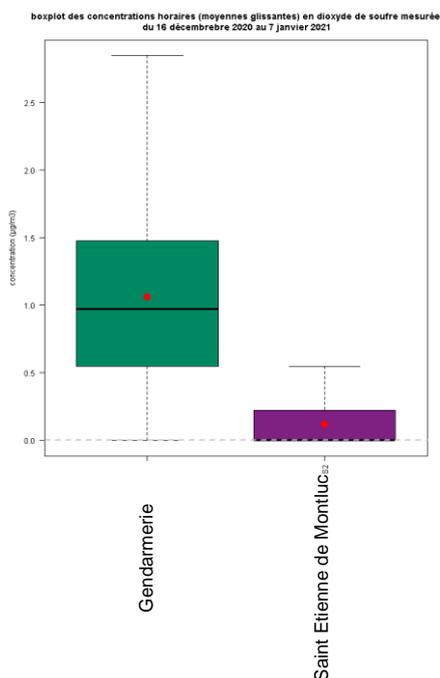
Ceci suggère que l'influence de l'UVE ne peut pas être établie pour les concentrations en particules PM10 mesurées sur le site de la Gendarmerie.

dioxyde de soufre

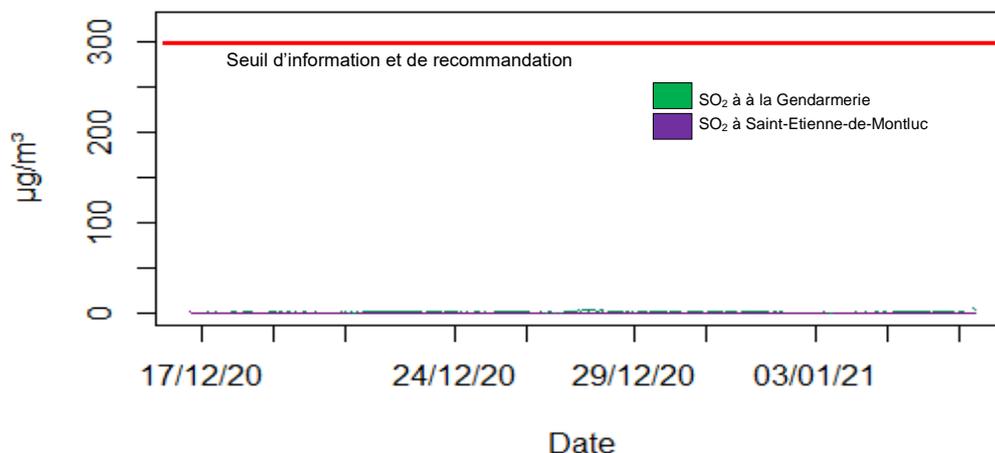
 <p>Le dioxyde de soufre provient généralement de la combinaison des impuretés soufrées des combustibles fossiles avec l'oxygène de l'air, lors de leur combustion. Les procédés de raffinage du pétrole rejettent aussi des produits soufrés. Il existe des sources naturelles de dioxyde de soufre (éruptions volcaniques, feux de forêt).</p>	 <p>Ponctuellement, en fonction des émissions industrielles, des phénomènes naturels et de la direction des vents.</p>	 <p>Les zones sous les vents des établissements industriels émetteurs sont les plus touchées.</p>	 <p>Le SO₂ est un irritant des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires supérieures (toux, gêne respiratoire). Il agit en synergie avec d'autres substances, notamment avec les particules fines.</p>	 <p>Le SO₂ se transforme en acide sulfurique au contact de l'humidité de l'air et participe au phénomène des pluies acides. Il contribue également à la dégradation de la pierre et des matériaux de nombreux monuments.</p>
---	---	--	---	--

Le dioxyde de soufre est un polluant associé aux activités industrielles, il est peu présent en zone urbaine et périurbaine mais est suivi en continu par le réseau d'Air Pays de la Loire en Basse-Loire.

Mesures du 16/12/2020 au 07/01/2021	Gendarmerie	Saint-Etienne-de-Montluc
Moyenne	1.1 µg/m ³	0.1 µg/m ³
Minimum horaire	< LD	< LD
Maximum horaire	4.2 µg/m ³	0.8 µg/m ³



Boxplot des concentrations horaires en SO₂, sur 2 sites de mesure, dont Saint Etienne de Montluc, non influencé par l'UVE

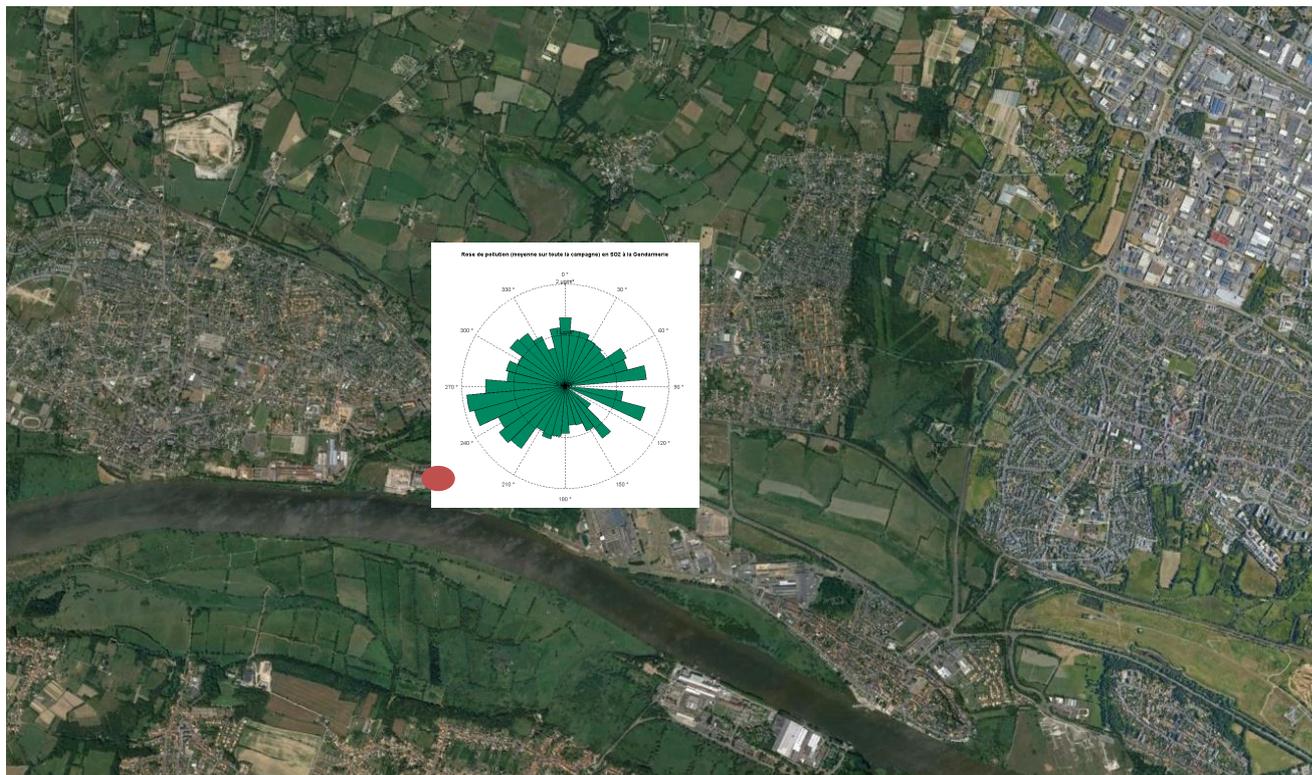


Évolution des concentrations horaires en SO₂ sur le site de la Gendarmerie et de Saint-Etienne-de-Montluc

Une majorité des mesures en SO₂ réalisées pendant la campagne conduisent à des valeurs très faibles, voir en dessous de la limite de détection de l'analyseur automatique. On peut considérer que les concentrations enregistrées sur l'ensemble de la période sont équivalentes aux incertitudes de mesures près.

La valeur maximale horaire mesurée à la Gendarmerie (4,2 µg/m³) demeure près de 70 fois inférieure au seuil d'information et de recommandation fixé à 300 µg/m³.

influence de l'UVE



Rose de pollution des concentrations moyennes en SO₂ calculée sur le site de la Gendarmerie

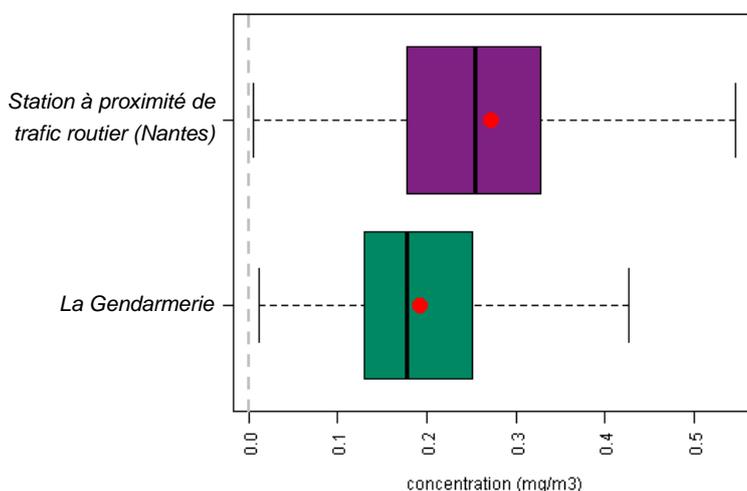
Par vents de sud-ouest, des concentrations légèrement plus élevées sont observées. Cette direction privilégiée est aussi visible sur le site de Saint Etienne de Montluc (Cf rose de pollution en annexe 1), suggérant une absence d'influence de l'établissement sur les niveaux mesurés (les concentrations très faibles appuient cette conclusion).

monoxyde de carbone

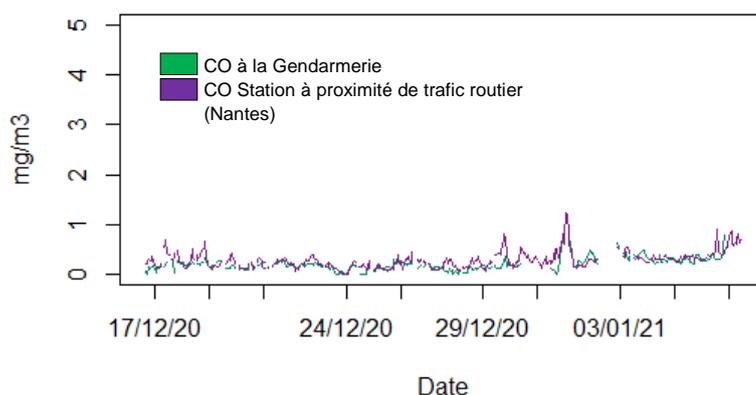
<p>?</p> <p>Gaz inodore, incolore et inflammable, le CO se forme lors de la combustion incomplète de matières organiques et des produits pétroliers.</p>	<p>🕒</p> <p>Des taux importants de CO peuvent être rencontrés quand un moteur tourne au ralenti ou en cas d'embouteillage dans des espaces couverts. En cas de mauvais fonctionnement d'un appareil de chauffage domestique, des teneurs élevées en CO peuvent être relevées dans les habitations.</p>	<p>📍</p> <p>Les niveaux sont plus élevés à proximité des voies de circulation à fort trafic, dans des espaces couverts. Cela peut également être le cas à l'intérieur d'habitations équipées de système de chauffage défaillant.</p>	<p>👤</p> <p>Le CO se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang, conduisant à un manque d'oxygénation de l'organisme. Les premiers symptômes sont des maux de tête et des vertiges. Ils s'aggravent avec l'augmentation de sa concentration (nausées, vomissements...) et peuvent aller jusqu'au coma et à la mort.</p>	<p>🌳</p> <p>Le CO participe aux mécanismes de formation de l'ozone troposphérique. Dans l'atmosphère, il se transforme en dioxyde de carbone CO₂ et contribue ainsi de manière indirecte à l'effet de serre.</p>
---	---	---	--	--

Le monoxyde de carbone, issue de la combustion incomplète d'hydrocarbures est un polluant surveillé à proximité immédiate du trafic, comme sur le site du boulevard Victor-Hugo à Nantes.

Mesures du 16/12/2020 au 07/01/2021	Gendarmerie	Victor Hugo
Moyenne	0,204 mg/m ³	0,290 mg/m ³
Minimum horaire	< LD	< LD
Maximum horaire	0.875 mg/m ³	1.232 mg/m ³



Boxplot des concentrations horaires en monoxyde de carbone pendant la campagne de l'hiver 2020



Evolution des concentrations horaires en monoxyde de carbone pendant la campagne, sur deux sites, dont un non-influencé par l'UVE

Les mesures réalisées en hiver 2020 à la Gendarmerie mettent en avant des niveaux de monoxyde de carbone toujours très faibles, et souvent en dessous de la limite de détection des analyseurs automatiques.

Ces niveaux sont par ailleurs inférieurs aux valeurs relevées sur le boulevard Victor-Hugo, site en proximité de trafic routier à Nantes.

Le risque de dépassement du seuil réglementaire de 10 mg/m^3 en moyenne sur 8 heures est très faible car jamais dépassé sur le site de Victor-Hugo.

Notons que les niveaux enregistrés à la Gendarmerie demeurent plus de 12 fois inférieurs à cette valeur réglementaire.

mercure gazeux

Pourquoi mesurer le mercure gazeux ?

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 3 semaines de prélèvement hivernale.

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

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

Valeur de référence pour l'inhalation. (INERIS. Point sur les valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) – Rapport d'étude 17/03/2009.

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

résultats

Mesures du 16/12/2020 au 07/01/2021	Gendarmerie
Moyenne horraire	1,380 ng/m ³
Minimum horraire	< LD
Maximum horraire	3,291 ng/m ³



Évolution des concentrations horaires en mercure gazeux pendant la campagne de l'hiver 2020

Notons que les niveaux relevés dans l'environnement de l'UVE Arc-En-Ciel sont faibles et représentatifs de ceux mesurés en milieu urbain de fond.

Aucun pic particulier n'a été observé, quand les vents étaient en provenance de l'établissement.

benchmark

Le tableau suivant récapitule différentes études sur l'évaluation du mercure gazeux dans l'air ambiant menées par plusieurs AASQA.

AASQA	Environnement étudiée	Dispositif de mesure	Concentration Moyenne – Max horraire [ng/m3]	remarques
Air Paris	Centre d'incinération des déchets ménagers de Créteil (28 kg Hg/an)	5 semaines de mesure (hiver 2010)	1.7 - 3.5	Niveau moyen conforme à ceux mesurés en milieu urbain de fond Faible influence de l'établissement
Air Paris	Crématorium du Père Lachaise (10 kg Hg/an)	5 semaines de mesures (hiver 2010)	1.7 - 6.6	Niveau moyen conforme à ceux mesurés en milieu urbain de fond Faible influence de l'établissement
AIR PACA	Industriel (plateforme de Lavéra)	Suivi annuel 2017	6 - 222	Influence du principal émetteur industriel (non cité) Concentrations plus élevées en été
ATMO Grand Est	Environnement industriel société PPC-Potasse et Produits Chimiques-, implantée à Thann-Vieux-Thann	Suivi de mi-mars 2011 à fin août 2012	38 - 700	Influence de l'établissement
ATMO Haut de France	Environnement industriel entreprise Société des Produits Chimiques Harbonnières	1 semaine en septembre 2010	<LQ - 253	Influence de l'établissement

Les niveaux sont très variables selon l'établissement étudié. En île de France, les niveaux moyens et maxima demeurent très faibles. En revanche, les niveaux de pointe enregistrés au niveau de la plateforme de Lavera en région PACA et à Thann Vieux Thann dans le Grand-Est sont beaucoup plus élevés indiquant une influence significative des émissions de ces sources ponctuelles. Il est difficile d'extrapoler ces mesures à d'autres sites compte tenu des conditions d'émissions très variables.

Cette comparaison, nous conforte que les niveaux relevés dans l'environnement de l'UVE Arc-En-Ciel en hiver 2020 sont représentatifs de ceux mesurés en milieu urbain de fond.

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 2020 menée du 1^{er} au 29 juillet pour la première phase et du 16 décembre 2020 au 13 janvier 2021 pour la seconde phase montrent que dans l'environnement de l'Unité de Valorisation Énergétique Arc-en-Ciel IF41 :

- les valeurs de référence pour les métaux lourds réglementés (Arsenic, Cadmium, Plomb, Nickel) sont respectées que ce soit dans l'air ambiant ou dans les retombées atmosphériques (réglementations allemande et suisse) ;
- l'influence de l'établissement sur les dépôts de métaux lourds (arsenic, cadmium, cobalt, manganèse, nickel, plomb, le mercure, l'antimoine, et le vanadium) dans son environnement n'est pas significative ;
- des concentrations en acide fluorhydrique inférieures à la limite de détection sur les deux phases de la campagne 2020 ;
- aucun lien de causalité n'a été établi entre les niveaux d'acide chlorhydrique, fluorhydrique et de métaux lourds dans l'air et les émissions de l'établissement ;
- l'établissement n'influence pas les niveaux de dioxines et furanes dans son environnement proche ;
- selon les tests statistiques réalisés sur les retombées totales et les concentrations atmosphériques en métaux et HCl, il n'y a pas de différence significative entre les différents sites de mesure, notamment entre ceux placés dans les zones de retombées maximales et les sites témoins (Cf annexe 2) ;
- aucune augmentation significative des niveaux de dioxyde de soufre SO₂, dioxyde d'azote NO₂, monoxyde de carbone CO, particules PM10 et mercure gazeux n'est observée dans le secteur de vent en provenance d'Arc-en-Ciel. Les niveaux réglementaires sont respectés à Couëron.

En résumé, la campagne de mesure en été et en hiver 2020 n'a pas montré d'influence notable des émissions d'Arc-en-Ciel sur les niveaux des différents polluants ciblés par ce nouveau dispositif.

Par ailleurs, ces niveaux, relativement faibles au regard des normes en vigueur, correspondent à une qualité d'air représentative d'une zone périurbaine.

bibliographie

- [1] Site internet : <http://www.usine-arcenciel.fr>
- [2] Air Pays de la Loire, "évaluation de la qualité de l'air dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel, campagne 2017," septembre 2017,
- [3] CITEPA, "Inventaire des émissions de polluants dans l'atmosphère en France, substances relatives à la contamination par les polluants organiques persistants," avril 2010,
- [4] Union européenne, "Directive 2000/76/CE du Parlement européen et du Conseil du 4 décembre 2000 relative à l'incinération des déchets," 2000,
- [5] Air Pays de la Loire, "Qualité de l'air dans l'environnement du Centre de Traitement et de Valorisation des Déchets Valoréna, campagne 2011," février 2012,
- [6] M, Durif, "Méthode de surveillance des retombées des dioxines et furanes autour d'une UIOM, INERIS," 2001,
- [7] Atmo Poitou-Charentes, "Etude de l'impact de l'UVE de Poitiers sur son environnement," campagne 2009,
- [8] Atmo Poitou-Charentes, "Etude de l'impact de l'UVE de la Communauté d'Agglomération de Poitiers sur son environnement," campagne 2007,
- [9] Air Pays de la Loire, "Qualité de l'air dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel, campagne 2003," décembre 2003,
- [10] Air Pays de la Loire, "Qualité de l'air dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel, campagne 2004," décembre 2004,
- [11] Air Pays de la Loire, "Qualité de l'air dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel, campagne 2005," décembre 2005,
- [12] Air Pays de la Loire, "Qualité de l'air dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel, campagne 2006," octobre 2006,
- [13] Air Pays de la Loire, "Qualité de l'air dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel, campagne 2007," juin 2007,
- [14] Air Pays de la Loire, "Qualité de l'air dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel, campagne 2008," février 2009,
- [15] Air Pays de la Loire, "Qualité de l'air dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel, campagne 2009," septembre 2009,
- [16] S, 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,
- [17] 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,
- [18] 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,
- [19] 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,
- [20] 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,
- [21] 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,
- [22] 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,
- [22] Ascoparg, Coparly, and Sup'air, "Plan de surveillance dioxines et métaux lourds : mesures de métaux lourds dans les retombées atmosphériques 2006-2007,"
- [23] Air Languedoc-Roussillon, "Surveillance de l'environnement de l'incinérateur de Lunel-Viel, Bilan 2006 – Résumé," 2006,

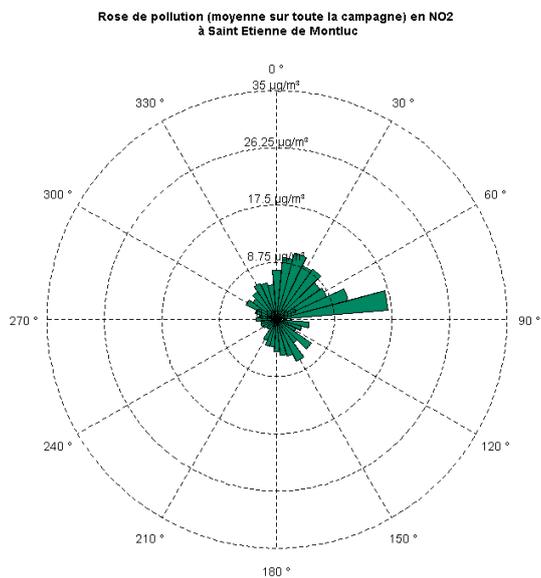
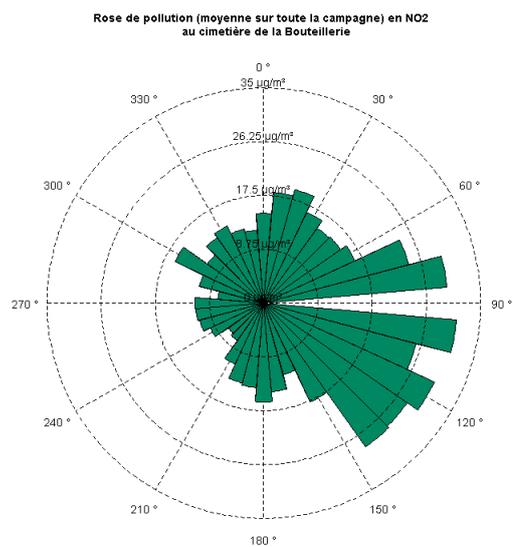
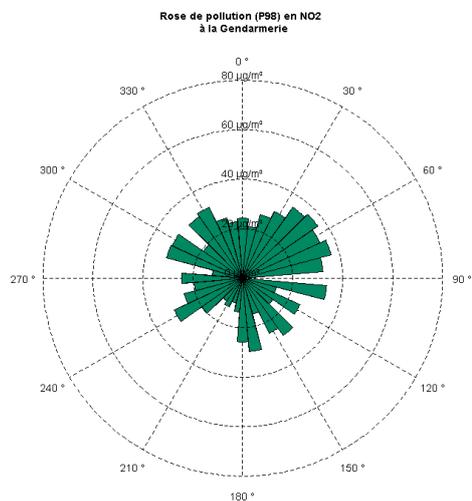
- [24] V, Sandroni and C, Migon, "Atmospheric deposition of metallic pollutants over the Ligurian sea : labile and residual inputs," *Chemosphere*, vol, 47, pp, 753–764, 2002,
- [25] J, Injuk, R, Van Grieken, and G, De Leeuw, "Deposition of atmospheric trace elements into the North Sea: coastal, ship, platform measurements and model predictions," *Atmospheric environment*, vol, 32, pp, 3011–3025, 1997,
- [26] Air Pays de la Loire, "Évaluation de la pollution atmosphérique du quartier Pin Sec à Nantes, rapport d'étude, sous presse," 2009,
- [27] Air Normand, "Mesures de la qualité de l'air autour de l'UIOM de Guichainville, octobre – novembre 2008," 2008,
- [28] Air Languedoc-Roussillon, "Surveillance des métaux toxiques - Environnement de l'UTVE de Lunel-Viel, Année 2010," 2010,
- [29] Air Languedoc-Roussillon, "Surveillance des métaux toxiques - Environnement de l'UTVE de Calce, Année 2010," 2010,
- [30] Airparif, "Surveillance des métaux dans l'air autour de l'usine d'incinération d'ordures ménagères à Saint Ouen," septembre 2010,
- [31] ORAMIP, "Mesures de qualité de l'air autour de l'incinérateur du Mirail à Toulouse (SETMI)," octobre 2010,
- [32] Air C,O,M, "Surveillance de l'UIOM du SYVEDAC," 2009,
- [33] Atmo Poitou-Charentes, Synthèse des mesures de dioxines et furanes réalisées par les AASQA de 2006 à 2010, Avril 2011,
- [34] Air Pays de la Loire, "Qualité de l'air dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel, campagne 2010," mars 2011,
- [35] Air Pays de la Loire, "Qualité de l'air dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel, campagne 2011," février 2012,
- [36] Air Pays de la Loire, "Qualité de l'air dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel, campagne 2012," avril 2013,
- [37] Atmo Poitou-Charentes, "Étude de l'impact des rejets atmosphériques de l'usine d'incinération d'ordures ménagères, Echillais, Charente-Maritime (17), 2013", janvier 2014,
- [38] Air Languedoc-Roussillon, "Surveillance des métaux toxiques - Environnement de l'UTVE de Lunel-Viel, Année 2012," 2013,
- [39] Air Pays de la Loire, "évaluation de la qualité de l'air dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel, campagne 2014," janvier 2015,
- [40] Air Pays de la Loire, "évaluation de la qualité de l'air dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel, campagne 2015," octobre 2015,
- [41] Air Pays de la Loire, "évaluation de la qualité de l'air dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel, campagne 2016," mars 2016,

annexes

- annexe 1 : roses de pollution
- annexe 2 : tests statistiques
- annexe 3 : Air Pays de la Loire
- annexe 4 : techniques d'évaluation
- annexe 5 : types des sites de mesure
- annexe 6 : polluants
- annexe 7 : seuils de qualité de l'air 2020
- annexe 8 : laboratoires d'analyse

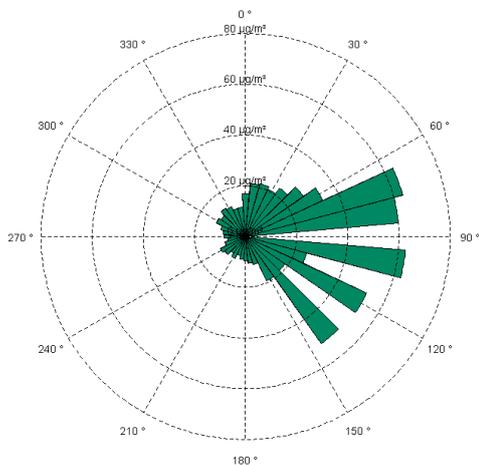
annexe 1 : roses de pollution

roses de pollution NO₂

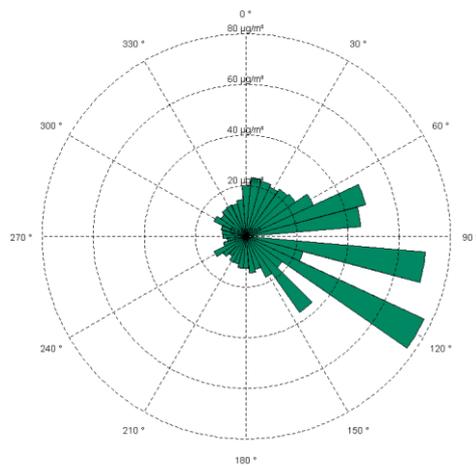


roses de pollution PM10

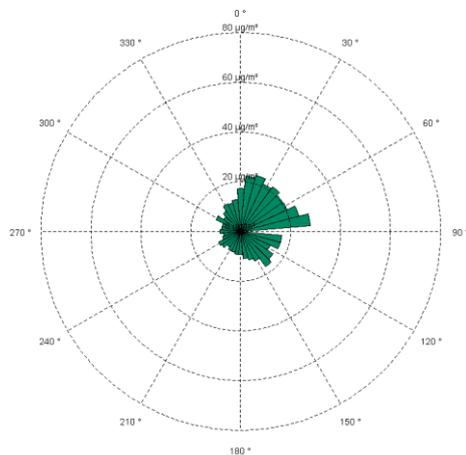
Rose de pollution (moyenne sur toute la campagne) en PM10 à la Gendarmerie



Rose de pollution (moyenne sur toute la campagne) en PM10 au cimetière de la Boutellerie

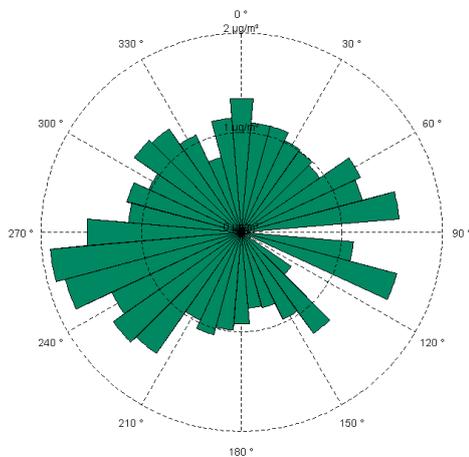


Rose de pollution (moyenne sur toute la campagne) en PM10 à Saint Etienne de Montluc

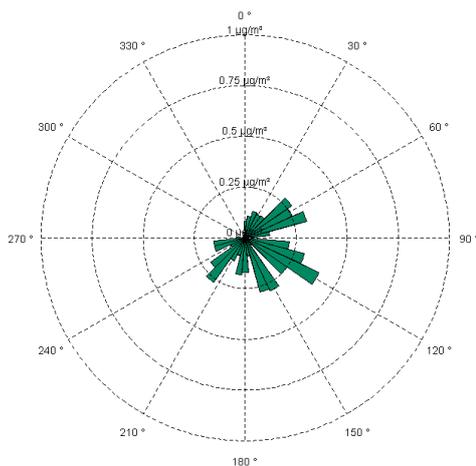


roses de pollution SO₂

Rose de pollution (moyenne sur toute la campagne) en SO₂ à la Gendarmerie

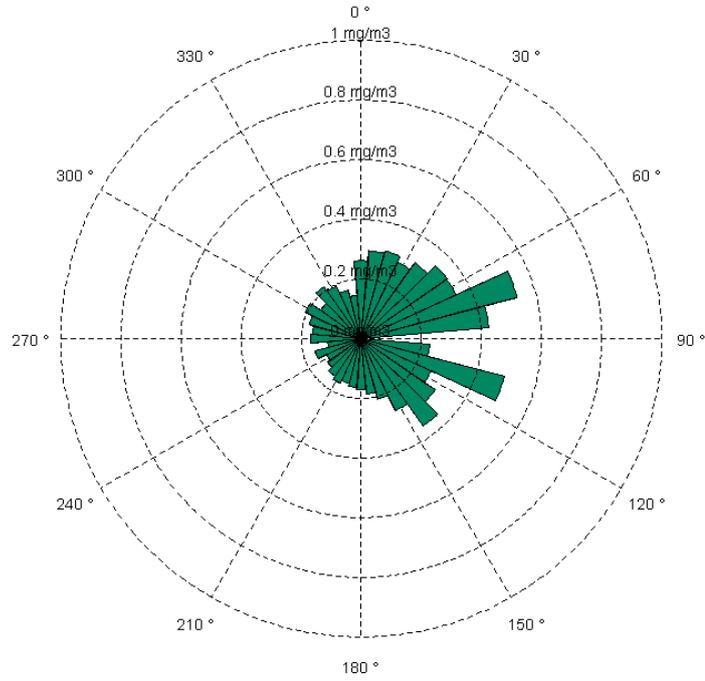


Rose de pollution (moyenne sur toute la campagne) en SO₂ à Saint Etienne de Montluc

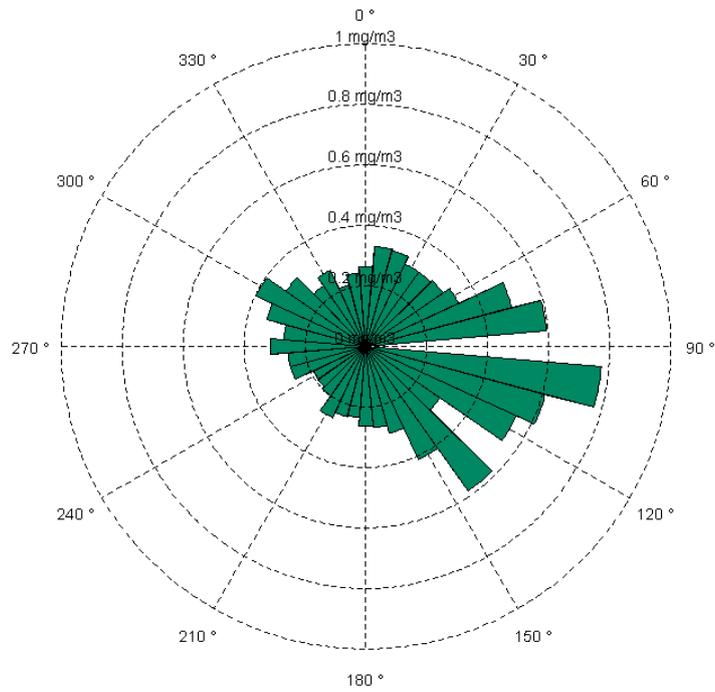


roses de pollution CO

Rose de pollution (moyenne sur toute la campagne) en CO à la Gendarmerie



lution (moyenne sur toute la campagne) en CO sur la station de trafic routier de Nantes (boulevard v



annexe 4 : tests statistiques (Cf guide de référence de l'Inéris)

Vérifications préalables

La vérification des hypothèses faites pour construire la stratégie de prélèvement est un préalable à toute analyse des supports de prélèvement et interprétation des résultats. Elles doivent être validées après la campagne de mesures, notamment par l'étude des données météorologiques enregistrées localement et du niveau de fonctionnement du pendant la campagne de mesure. Il faut s'assurer que les roses des vents et/ou des pluies mesurées pendant les périodes effectives de prélèvements sont comparables à celles qui avaient été établies pour la période de l'année qui devait être étudiée.

Les pourcentages de temps où les points de prélèvement impacté et témoin choisis sont sous le vent de l'installation (axe du vent +/- 20°, $v > 1,5$ m/s) pendant la durée effective des mesures sont mises en perspective avec les pourcentages attendus pour la période de l'année que l'on cherche à caractériser (base de comparaison pluriannuelle). Cette comparaison des taux d'expertises est utilisée comme indicateur de la représentativité de la campagne de mesure. Elle sera également conduite pour les périodes de précipitation lorsque des dépôts atmosphériques seront mesurés.

Si des divergences fortes apparaissent il peut être décidé de ne pas engager les analyses des prélèvements réalisés et de réengager une campagne de mesures en retravaillant éventuellement la stratégie de mesure/d'échantillonnage, ou de requalifier certains points de mesure.

Dans le cas de prélèvement de lichen/mousse in situ, il faut vérifier que les zones de prélèvement ont bien été choisies après étude des conditions de dispersion sur la période d'investigation souhaitée (année(s) passée(s) ou période du dysfonctionnement).

Les critères de performances doivent également être vérifiés lors de cette étape. (voir chapitre Contrôles qualité)

Exploitation des données d'une campagne de mesure

Les niveaux mesurés au point d'impact retenu sont appréciés par rapport **Prise en compte des incertitudes et de la dispersion des mesures**

Les différences observées entre les valeurs mesurées au point impacté retenu et l'environnement local témoin sont évaluées au regard de l'incertitude de la méthode de mesure utilisée et de la variabilité de la matrice.

On évalue tout d'abord si l'écart observé est supérieur à l'incertitude₍₆₁₎ de la méthode de mesure intégrant le prélèvement et l'analyse. La différence entre deux valeurs mesurées pourra être considérée comme significative lorsqu'elle sera supérieure à l'incertitude élargie de la chaîne de mesure ($U=2xu$).

Ensuite, si on dispose de plusieurs valeurs de mesures en un point on peut compléter cette évaluation par une prise en compte de l'intervalle de confiance associée à la moyenne déduite des résultats₍₆₂₎, ou mieux par la réalisation d'un test statistique adapté.

Concernant la mesure des dépôts atmosphériques, compte tenu du faible nombre de résultats de mesure par point de prélèvement disponibles à l'issue de chaque campagne (1 à 2 valeurs), seule la connaissance de l'incertitude de la chaîne de mesure permet d'apprécier si cette différence est significative.

Les techniques de mesure des concentrations dans l'air permettent de disposer, à chaque campagne, d'un nombre plus ou moins important de résultats de mesure en fonction des méthodes utilisées.

Pour les méthodes manuelles on a accès à un nombre limité de résultats de mesures lors de chaque campagne de prélèvement (1 à 10 valeurs par point de prélèvement).

Pour ce faible nombre de mesure, le calcul de l'intervalle de confiance de la moyenne est biaisé, il est alors préférable de l'estimer en utilisant l'étendue des valeurs mesurées (différence entre la valeur maximale et minimale)

Interprétation des résultats de mesure

Exploitation des données d'une campagne de mesure

Paramètre associé au résultat d'un mesurage, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées à la chaîne de mesure.

La différence entre deux valeurs mesurées pourra être considérée comme significativement différente si les intervalles de confiance associés sont totalement disjoints (pas de données communes entre les intervalles de confiance associés aux résultats).

Pour comparer deux séries mesurées aux points « impacté » et « témoin » on peut également conduire un test statistique adapté aux faible nombre de mesures (Comparaison de deux moyennes – Test de l'étendu.

Dans le cas où on souhaite déterminer si la moyenne mesurée est supérieure à une valeur donnée (μ_0) on utilise un test de comparaison unilatéral basé sur l'étendue des valeurs mesurées.

$$IC95\% = X \pm k_1 * W$$

Nombre de mesures : 2 3 4 5 6 7 8 9 10

k_1 ($\alpha=0.05$) 6,343 1,230 0,710 0,500 0,395 0,330 0,283 0,250 0,226

IC95% = Intervalle de confiance à 95%

X =valeur moyenne des valeurs mesurées

W = étendue (valeur max. – valeur min.)

Condition d'utilisation : Population supposée normale, valeur vraie de l'écart-type inconnue

si $X > \mu_0 + k_2 * W$

on peut affirmer avec au plus 5% chances de se tromper que la valeur vraie de la moyenne (μ) est supérieure à la valeur moyenne de la caractéristique donnée (μ_0)

Nombre de mesures : 2 3 4 5 6 7 8 9 10

k_2 ($\alpha=0.05$) 3,152 0,882 0,526 0,324 0,310 0,260 0,227 0,202 0,183

μ_0 = valeur moyenne de la caractéristique à la laquelle on souhaite comparer la moyenne des valeurs mesurées

X =valeur moyenne des valeurs mesurées

W = étendue des valeurs mesurées (valeur max. – valeur min.)

Condition d'utilisation : Population supposée normale, valeur vraie de l'écart-type inconnue

Les méthodes «automatiques», de nombreuses données de mesures sont disponibles en un point de mesure (> 200 valeurs après quelques jours de mesures). Cette répétition importante des mesures permet de diminuer la composante aléatoire de l'incertitude de la mesure et d'améliorer la connaissance de son intervalle de confiance.

Des tests statistiques adaptés aux grande séries doivent être également utilisés pour tester la représentativité de la différence entre deux moyennes (test de Student ou t-test(64)) ou d'une moyenne à une valeur donnée.

Lors de l'utilisation d'un test statistique, le critère d'acceptabilité choisi doit être compatible avec l'incertitude de la méthode de mesure utilisée. Lorsque le nombre de valeurs disponible le permet (≥ 10), une représentation type «boîte de Tukey» (ou boîte à moustache, ou boxplot(65)) , peut être utilisée afin de visualiser l'étendue et les valeurs caractéristiques de la distribution des résultats et ainsi comparer des résultats obtenus en différents points.

Retombées totales en métaux

As	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint-Jean-de-Boiseau			
phase 1	0,5	0,7	0,3			
phase 2	0,1	0,1	0,1			
Analyse de variance: un facteur						
RAPPORT DÉTAILLÉ						
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance		
Gendarmerie	2	0,563988059	0,28199403	0,05663882		
Stade Hauray	2	0,800717484	0,400358742	0,16446393		
Saint-Jean-de-Boiseau	2	0,456060252	0,228030126	0,0257756		
ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,03107964	2	0,01553982	0,18883575	0,83705841	9,552094496
A l'intérieur des groupes	0,246878352	3	0,082292784			
Total	0,277957992	5				
Cd	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint-Jean-de-Boiseau			
phase 1	0,1	0,1	0,1			
phase 2	0,1	0,1	0,1			
Analyse de variance: un facteur						
RAPPORT DÉTAILLÉ						
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance		
Gendarmerie	2	0,164975324	0,082487662	0,00194971		
Stade Hauray	2	0,239569563	0,119784781	7,6563E-05		
Saint-Jean-de-Boiseau	2	0,169154411	0,084577206	0,00179143		
ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,001756676	2	0,000878338	0,69021057	0,5667716	9,552094496
A l'intérieur des groupes	0,003817697	3	0,001272566			
Total	0,005574373	5				
Pb	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint-Jean-de-Boiseau			
phase 1	0,5	0,7	0,3			
phase 2	0,1	0,1	0,1			
Analyse de variance: un facteur						
RAPPORT DÉTAILLÉ						
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance		
Gendarmerie	2	0,563988059	0,28199403	0,05663882		
Stade Hauray	2	0,800717484	0,400358742	0,16446393		
Saint-Jean-de-Boiseau	2	0,456060252	0,228030126	0,0257756		
ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,03107964	2	0,01553982	0,18883575	0,83705841	9,552094496
A l'intérieur des groupes	0,246878352	3	0,082292784			
Total	0,277957992	5				

Sb		Gendarmerie	Stade Hauray	Saint-Jean-de-Boiseau		
phase 1		1,4	0,3	0,9		
phase 2		0,1	0,1	0,1		
Analyse de variance: un facteur						
RAPPORT DÉTAILLÉ						
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance		
Gendarmerie	2	1,480777493	0,740388746	0,78545174		
Stade Hauray	2	0,457157532	0,228578766	0,026441346		
Saint-Jean-de-Boiseau	2	1,025317873	0,512658936	0,317052031		
ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,26300791	2	0,131503955	0,349451766	0,730419526	9,552094496
A l'intérieur des groupes	1,128945118	3	0,376315039			
Total	1,391953028	5				
Mg		Gendarmerie	Stade Hauray	Saint-Jean-de-Boiseau		
phase 1		12,8	18,2	14,9		
phase 2		2,2	5,4	2,6		
Analyse de variance: un facteur						
RAPPORT DÉTAILLÉ						
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance		
Gendarmerie	2	14,9425316	7,4712658	55,92647941		
Stade Hauray	2	23,65000155	11,82500078	81,50265604		
Saint-Jean-de-Boiseau	2	17,49092745	8,745463727	76,11524248		
ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	20,0414247	2	10,02071235	0,140777001	0,874102876	9,552094496
A l'intérieur des groupes	213,5443779	3	71,18145931			
Total	233,5858026	5				
Vd		Gendarmerie	Stade Hauray	Saint-Jean-de-Boiseau		
phase 1		1,3	1,6	1,3		
phase 2		0,6	0,6	0,6		
Analyse de variance: un facteur						
RAPPORT DÉTAILLÉ						
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance		
Gendarmerie	2	1,821696444	0,910848222	0,234334063		
Stade Hauray	2	2,171267678	1,085633839	0,535914634		
Saint-Jean-de-Boiseau	2	1,824895164	0,912447582	0,231090102		
ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,040364033	2	0,020182016	0,060465099	0,942444532	9,552094496
A l'intérieur des groupes	1,001338799	3	0,3337796			
Total	1,041702832	5				
Ni		Gendarmerie	Stade Hauray	Saint-Jean-de-Boiseau		
phase 1		1,6	1,4	1,7		
phase 2		1,8	0,9	1,3		
Analyse de variance: un facteur						
RAPPORT DÉTAILLÉ						
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance		
Gendarmerie	2	3,346050404	1,673025202	0,01220343		
Stade Hauray	2	2,317099724	1,158549862	0,09304431		
Saint-Jean-de-Boiseau	2	3,001687043	1,500843522	0,0856395		
ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,274330904	2	0,137165452	2,15570382	0,2628333	9,552094496
A l'intérieur des groupes	0,190887242	3	0,063629081			
Total	0,465218146	5				
Co		Gendarmerie	Stade Hauray	Saint-Jean-de-Boiseau		
phase 1		0,6	0,6	0,6		
phase 2		0,6	0,6	0,1		
Analyse de variance: un facteur						
RAPPORT DÉTAILLÉ						
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance		
Gendarmerie	2	1,138162849	0,569081425	5,616E-07		
Stade Hauray	2	1,140587821	0,570293911	1,0635E-05		
Saint-Jean-de-Boiseau	2	0,62651046	0,31325523	0,13107445		
ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,087678263	2	0,043839132	1,00329365	0,46384106	9,552094496
A l'intérieur des groupes	0,131085645	3	0,043695215			
Total	0,218763908	5				

Retombées totales en dioxines et furanes

Phase 1					dioxines																																
4 jaugez Expo 1 mois (site témoins Stade Houray et Basse Indre)																																					
en pg/m2/jour	Gendarmerie	St-Jean-de-Bois	Stade Houray	Basse-Indre	en pg/m2/jour	Gendarmerie	St-Jean-de-Bois	Stade Houray	Basse-Indre																												
Total dioxines	0,444	0,457	0,444	0,444	phase 1	0,444	0,457	0,444	0,444																												
Total furanes	0,170	0,174	0,169	0,161	phase 2	0,443	0,443	0,447	0,443																												
	0,614	0,631	0,613	0,605																																	
Analyse de variance: un facteur																																					
Phase 2					RAPPORT DÉTAILLÉ																																
					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Groupes</th> <th>Nombre d'échantillons</th> <th>Somme</th> <th>Moyenne</th> <th>Variance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gendarmerie</td> <td>2</td> <td>0,887897548</td> <td>0,443948774</td> <td>4,581E-07</td> </tr> <tr> <td>St-Jean-de-Bois</td> <td>2</td> <td>0,893548963</td> <td>0,446774482</td> <td>3,096E-05</td> </tr> <tr> <td>Stade Houray</td> <td>2</td> <td>0,890566628</td> <td>0,445283314</td> <td>3,322E-06</td> </tr> <tr> <td>Basse-Indre</td> <td>2</td> <td>0,887672495</td> <td>0,443836248</td> <td>4,532E-07</td> </tr> </tbody> </table>					Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance	Gendarmerie	2	0,887897548	0,443948774	4,581E-07	St-Jean-de-Bois	2	0,893548963	0,446774482	3,096E-05	Stade Houray	2	0,890566628	0,445283314	3,322E-06	Basse-Indre	2	0,887672495	0,443836248	4,532E-07			
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance																																	
Gendarmerie	2	0,887897548	0,443948774	4,581E-07																																	
St-Jean-de-Bois	2	0,893548963	0,446774482	3,096E-05																																	
Stade Houray	2	0,890566628	0,445283314	3,322E-06																																	
Basse-Indre	2	0,887672495	0,443836248	4,532E-07																																	
en pg/m2/jour	Gendarmerie	St-Jean-de-Bois	Stade Houray	Basse-Indre																																	
Total dioxines	0,443	0,443	0,447	0,443																																	
Total furanes	0,169	0,169	0,171	0,194																																	
	0,613	0,612	0,617	0,637																																	
Phase 1&2					ANALYSE DE VARIANCE																																
					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Source des variations</th> <th>Somme des carrés</th> <th>Degré de liberté</th> <th>Moyenne des carrés</th> <th>F</th> <th>Probabilité</th> <th>Valeur critique pour F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Entre Groupes</td> <td>4,66299E-05</td> <td>3</td> <td>1,55433E-05</td> <td>0,6531177</td> <td>0,6216629</td> <td>6,591382116</td> </tr> <tr> <td>A l'intérieur des groupes</td> <td>3,51944E-05</td> <td>4</td> <td>2,37986E-05</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>0,000141824</td> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F	Entre Groupes	4,66299E-05	3	1,55433E-05	0,6531177	0,6216629	6,591382116	A l'intérieur des groupes	3,51944E-05	4	2,37986E-05				Total	0,000141824	7				
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F																															
Entre Groupes	4,66299E-05	3	1,55433E-05	0,6531177	0,6216629	6,591382116																															
A l'intérieur des groupes	3,51944E-05	4	2,37986E-05																																		
Total	0,000141824	7																																			
en pg/m2/jour	Gendarmerie	St-Jean-de-Bois	Stade Houray	Basse-Indre																																	
Total dioxines	0,444	0,450	0,445	0,444																																	
Total furanes	0,169	0,172	0,170	0,177																																	
	0,613	0,622	0,615	0,621																																	
étendue					furanes																																
en pg/m2/jour	Gendarmerie	St-Jean-de-Bois	Stade Houray	Basse-Indre																																	
Total dioxines	0,001	0,013	0,003	0,001																																	
Total furanes	0,000	0,005	0,001	0,033																																	
	0,001	0,019	0,004	0,032																																	
IC à partir de l'étendue																																					
en pg/m2/jour	Gendarmerie	St-Jean-de-Bois	Stade Houray	Basse-Indre																																	
Total dioxines	[0,438 ; 0,45]	[0,364 ; 0,535]	[0,429 ; 0,462]	[0,438 ; 0,45]																																	
Total furanes	[0,167 ; 0,172]	[0,139 ; 0,204]	[0,162 ; 0,178]	[-0,031 ; 0,386]																																	
	[0,605 ; 0,622]	[0,504 ; 0,733]	[0,531 ; 0,639]	[0,419 ; 0,824]																																	
IC à partir de l'étendue					RAPPORT DÉTAILLÉ																																
					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Groupes</th> <th>Nombre d'échantillons</th> <th>Somme</th> <th>Moyenne</th> <th>Variance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gendarmerie</td> <td>2</td> <td>0,338952046</td> <td>0,169476023</td> <td>3,525E-08</td> </tr> <tr> <td>St-Jean-de-Bois</td> <td>2</td> <td>0,343515672</td> <td>0,171757836</td> <td>1,304E-05</td> </tr> <tr> <td>Stade Houray</td> <td>2</td> <td>0,333901402</td> <td>0,166950701</td> <td>7,361E-07</td> </tr> <tr> <td>Basse-Indre</td> <td>2</td> <td>0,354519329</td> <td>0,177259665</td> <td>0,0005408</td> </tr> </tbody> </table>					Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance	Gendarmerie	2	0,338952046	0,169476023	3,525E-08	St-Jean-de-Bois	2	0,343515672	0,171757836	1,304E-05	Stade Houray	2	0,333901402	0,166950701	7,361E-07	Basse-Indre	2	0,354519329	0,177259665	0,0005408			
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance																																	
Gendarmerie	2	0,338952046	0,169476023	3,525E-08																																	
St-Jean-de-Bois	2	0,343515672	0,171757836	1,304E-05																																	
Stade Houray	2	0,333901402	0,166950701	7,361E-07																																	
Basse-Indre	2	0,354519329	0,177259665	0,0005408																																	
en pg/m2/jour	Gendarmerie	St-Jean-de-Bois	Stade Houray	Basse-Indre																																	
Total dioxines	0,006	0,086	0,016	0,006																																	
Total furanes	0,003	0,032	0,008	0,209																																	
	0,009	0,118	0,024	0,203																																	
ANALYSE DE VARIANCE																																					
					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Source des variations</th> <th>Somme des carrés</th> <th>Degré de liberté</th> <th>Moyenne des carrés</th> <th>F</th> <th>Probabilité</th> <th>Valeur critique pour F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Entre Groupes</td> <td>7,64869E-05</td> <td>3</td> <td>2,54956E-05</td> <td>0,1838501</td> <td>0,3022037</td> <td>6,591382116</td> </tr> <tr> <td>A l'intérieur des groupes</td> <td>0,000554705</td> <td>4</td> <td>0,000138676</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>0,000631192</td> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F	Entre Groupes	7,64869E-05	3	2,54956E-05	0,1838501	0,3022037	6,591382116	A l'intérieur des groupes	0,000554705	4	0,000138676				Total	0,000631192	7				
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F																															
Entre Groupes	7,64869E-05	3	2,54956E-05	0,1838501	0,3022037	6,591382116																															
A l'intérieur des groupes	0,000554705	4	0,000138676																																		
Total	0,000631192	7																																			

Concentrations atmosphériques en métaux

Phase 1															
3 sites, 1 filtre par semaine (site témoin Stade Houray)															
Arsenic				Cadmium											
concentrations, en µg/m ³	Phase quinzaine	Stade Houray	Saint Jean de Boisceau	concentrations, en µg/m ³	Phase quinzaine	Stade Houray	Saint Jean de Boisceau								
S1	0,10	0,09	0,09	S1	0,01	0,01	0,01								
S2	0,17	0,16	0,16	S2	0,02	0,04	0,03								
S3	0,23	0,22	0,22	S3	0,02	0,02	0,02								
S4	0,17	0,18	0,18	S4	0,02	0,02	0,01								
Moyenne	0,17	0,16	0,16	Moyenne	0,02	0,02	0,02								
Ecart-type	0,1	0,1	0,1	Ecart-type	0,0	0,0	0,0								
Etendue	0,13	0,13	0,13	Etendue	0,02	0,04	0,02								
ICinf	0,06	0,07	0,07	ICinf	0,01	0,00	0,00								
ICsup	0,26	0,26	0,26	ICsup	0,03	0,05	0,03								
Analyse de variance: un facteur															
RAPPORT DÉTAILLÉ															
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance	Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance						
Gendarmerie	4	0,66464651	0,166166413	0,00277236	Gendarmerie	4	0,070446076	0,01761519	6,3239E-05						
Stade Houray	4	0,652318395	0,163229596	0,00310354	Stade Houray	4	0,089117121	0,02223278	0,00023139						
Saint Jean de Boisceau	4	0,646808172	0,161702193	0,00313679	Saint Jean de Boisceau	4	0,068096501	0,01702425	7,5337E-05						
ANALYSE DE VARIANCE															
Source des variations		Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F	Source des variations		Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes		4,10645E-05	2	2,05322E-05	0,06683339	0,9319446	4,256434729	Entre Groupes		6,66509E-05	2	3,33254E-05	2,7020624	0,76319311	4,256434729
A l'intérieur des groupes		0,027039866	9	0,003004443				A l'intérieur des groupes		0,00110562	9	0,000123407			
Total		0,027080331	11					Total		0,001177353	11				

Phase 2															
3 sites, 1 filtre par semaine (site témoin Stade Houray)															
Arsenic				Cadmium											
concentrations, en µg/m ³	Phase quinzaine	Stade Houray	Saint Jean de Boisceau	concentrations, en µg/m ³	Phase quinzaine	Stade Houray	Saint Jean de Boisceau								
S1	0,06	0,16	0,23	S1	0,02	0,03	0,05								
S2	0,16	0,16	0,11	S2	0,04	0,04	0,04								
S3	0,36	0,35	0,01	S3	0,19	0,16	0,01								
S4		0,49	0,51	S4		0,17	0,17								
Moyenne	0,19	0,29	0,21	Moyenne	0,08	0,10	0,07								
Ecart-type	0,2	0,2	0,2	Ecart-type	0,1	0,1	0,1								
Etendue	0,30	0,33	0,50	Etendue	0,17	0,16	0,16								
ICinf	0,02	0,05	0,14	ICinf	0,04	0,00	0,05								
ICsup	0,40	0,53	0,57	ICsup	0,20	0,20	0,18								
Analyse de variance: un facteur															
RAPPORT DÉTAILLÉ															
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance	Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance						
Gendarmerie	3	0,576508637	0,192169546	0,02330173	Gendarmerie	3	0,244616452	0,08153817	0,00853637						
Stade Houray	4	1,59138801	0,298347	0,02651571	Stade Houray	4	0,403529644	0,100892411	0,00552169						
Saint Jean de Boisceau	4	0,834352411	0,208588103	0,04662238	Saint Jean de Boisceau	4	0,267383561	0,06684563	0,0050336						
ANALYSE DE VARIANCE															
Source des variations		Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F	Source des variations		Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes		0,01621901	2	0,008109505	0,28918682	0,75638014	4,458970108	Entre Groupes		0,002328767	2	0,001164383	0,19107204	0,8297351	4,458970108
A l'intérieur des groupes		0,29261315	8	0,036576689				A l'intérieur des groupes		0,048751602	8	0,006093535			
Total		0,28824515	10					Total		0,051080363	10				

Phase 1															
concentrations, en µg/m ³															
Plomb				Nickel											
concentrations, en µg/m ³	Phase quinzaine	Stade Houray	Saint Jean de Boisceau	concentrations, en µg/m ³	Phase quinzaine	Stade Houray	Saint Jean de Boisceau								
S1	0,30	0,43	0,27	S1	0,22	0,27	0,12								
S2	1,95	1,08	1,43	S2	0,23	0,23	0,22								
S3	1,65	1,25	1,76	S3	0,34	0,38	0,39								
S4	0,83	1,45	1,59	S4	0,25	0,37	0,24								
Moyenne	1,18	1,07	1,26	Moyenne	0,26	0,21	0,25								
Ecart-type	0,8	0,4	0,7	Ecart-type	0,1	0,1	0,1								
Etendue	1,65	0,97	1,43	Etendue	0,12	0,15	0,27								
ICinf	0,02	0,28	0,20	ICinf	0,18	0,20	0,05								
ICsup	2,35	1,75	2,32	ICsup	0,35	0,42	0,44								
Analyse de variance: un facteur															
RAPPORT DÉTAILLÉ															
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance	Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance						
Gendarmerie	4	4,735971872	1,183942968	0,56757827	Gendarmerie	4	1,045743236	0,261437324	0,00316529						
Stade Houray	4	4,272043972	1,068012468	0,12834489	Stade Houray	4	1,241006882	0,310257172	0,00562457						
Saint Jean de Boisceau	4	5,051051942	1,262762985	0,45718588	Saint Jean de Boisceau	4	0,832631333	0,208157833	0,01453116						
ANALYSE DE VARIANCE															
Source des variations		Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F	Source des variations		Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes		0,076755034	2	0,038377517	0,09618863	0,9032559	4,256434729	Entre Groupes		0,009018862	2	0,004509431	0,63683402	0,5121264	4,256434729
A l'intérieur des groupes		3,532070708	9	0,393189679				A l'intérieur des groupes		0,063729129	9	0,007081014			
Total		3,608825742	11					Total		0,07274739	11				

Phase 2															
concentrations, en µg/m ³															
Plomb				Nickel											
concentrations, en µg/m ³	Phase quinzaine	Stade Houray	Saint Jean de Boisceau	concentrations, en µg/m ³	Phase quinzaine	Stade Houray	Saint Jean de Boisceau								
S1	0,32	0,30	1,02	S1	0,25	0,23	0,25								
S2	0,45	0,50	0,47	S2	0,23	0,13	0,26								
S3	3,25	3,18	0,12	S3	0,15	0,21	0,03								
S4		3,02	3,02	S4		0,46	0,36								
Moyenne	1,45	3,40	1,16	Moyenne	0,41	0,26	0,24								
Ecart-type	1,8	3,9	1,3	Ecart-type	0,3	0,1	0,1								
Etendue	3,25	3,52	2,90	Etendue	0,52	0,23	0,27								
ICinf	0,66	2,65	0,90	ICinf	0,04	0,02	0,05								
ICsup	3,77	9,45	3,22	ICsup	0,78	0,50	0,43								
Analyse de variance: un facteur															
RAPPORT DÉTAILLÉ															
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance	Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance						
Gendarmerie	3	4,362026221	1,45400874	3,41219376	Gendarmerie	3	1,227053754	0,409017918	0,08817396						
Stade Houray	4	13,397266105	3,349415276	15,4323254	Stade Houray	4	1,032442553	0,258110638	0,02034663						
Saint Jean de Boisceau	4	4,637378372	1,159344593	1,67824419	Saint Jean de Boisceau	4	0,393120254	0,098280566	0,01038545						
ANALYSE DE VARIANCE															
Source des variations		Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F	Source des variations		Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes		11,5207465	2	5,760373251	0,75230761	0,48535691	4,458970108	Entre Groupes		0,056309264	2	0,028154632	0,82310026	0,47308024	4,458970108
A l'intérieur des groupes		56,1623902	8	7,02029775				A l'intérieur des groupes		0,275844738	8	0,034480992			
Total		67,6831367	10					Total		0,328354001	10				

Phase 1					Phase 2				
Chrome	Phase gazouse				Chrome	Phase gazouse			
concentrations, en µg/m3	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boisieu		concentrations, en µg/m3	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boisieu	
S1	0,10	0,21	0,90		S1	2,45	1,43	0,90	
S2	0,10	0,09	0,16		S2	2,27	1,86	1,14	
S3	1,46	2,06	2,37		S3	2,11	2,15	2,83	
S4	0,91	1,00	0,29		S4	2,76	2,07	1,93	
Moyenne	0,56	0,84	0,71		Moyenne	2,40	2,04	1,87	
Ecart-type	0,6	0,3	1,1		Ecart-type	0,3	0,5	0,8	
Etendue	1,36	1,97	2,37		Etendue	0,65	1,26	1,84	
ICinf	0,40	0,35	0,39		ICinf	1,94	1,14	0,95	
ICsup	1,53	2,24	2,39		ICsup	2,86	2,34	3,18	

ANALYSE DE VARIANCE					ANALYSE DE VARIANCE								
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F	Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,15317438	2	0,07658719	0,09273343	0,91228582	4,256434723	Entre Groupes	0,57900518	2	0,28950259	0,30072078	0,42313571	4,256434723
A l'intérieur des groupes	7,4449618931	9	0,8272293257				A l'intérieur des groupes	2,799466219	9	0,311052031			
Total	7,6031366323	11					Total	3,378471453	11				

Phase 1					Phase 2				
Chrome	Phase gazouse				Chrome	Phase gazouse			
concentrations, en µg/m3	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boisieu		concentrations, en µg/m3	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boisieu	
S1	2,44	1,58	1,77		S1	1,56	1,13	1,13	
S2	0,34	0,24	0,28		S2	1,97	1,05	0,34	
S3	4,75	0,46	0,11		S3	4,97	4,09	0,14	
S4		1,28	0,87		S4		6,29	4,37	
Moyenne	2,51	0,88	0,76		Moyenne	2,76	3,14	1,81	
Ecart-type	2,2	0,6	0,7		Ecart-type	1,9	2,5	2,2	
Etendue	4,41	1,34	1,66		Etendue	3,61	5,24	4,63	
ICinf	0,62	0,07	0,42		ICinf	0,20	0,58	1,62	
ICsup	5,64	1,83	1,94		ICsup	5,33	6,86	5,24	

ANALYSE DE VARIANCE					ANALYSE DE VARIANCE								
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F	Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	6,250326305	2	3,125163153	1,97763291	0,20050336	4,458970108	Entre Groupes	3,753310625	2	1,866655313	0,36757668	0,70392221	4,458970108
A l'intérieur des groupes	12,64203661	8	1,580254576				A l'intérieur des groupes	40,62619627	8	5,078274534			
Total	18,89236351	10					Total	44,3535069	10				

Phase 1					Phase 2				
Manganèse	Phase gazouse				Vanadium	Phase gazouse			
concentrations, en µg/m3	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boisieu		concentrations, en µg/m3	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boisieu	
S1	1,00	0,83	0,61		S1	0,24	0,21	0,22	
S2	2,54	2,54	2,41		S2	0,45	0,44	0,44	
S3	6,29	6,42	5,49		S3	0,83	0,97	0,87	
S4	3,19	3,11	3,12		S4	0,48	0,49	0,46	
Moyenne	3,26	3,23	2,91		Moyenne	0,52	0,53	0,50	
Ecart-type	2,2	2,3	2,0		Ecart-type	0,3	0,3	0,3	
Etendue	5,23	5,53	4,87		Etendue	0,65	0,75	0,65	
ICinf	0,50	0,74	0,55		ICinf	0,05	0,01	0,04	
ICsup	7,01	7,20	6,37		ICsup	0,98	1,06	0,96	

ANALYSE DE VARIANCE					ANALYSE DE VARIANCE								
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F	Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,301678213	2	0,150839106	0,0312635	0,96832433	4,256434723	Entre Groupes	0,00161937	2	0,000809689	0,002533	0,36833038	4,256434723
A l'intérieur des groupes	43,4229009	9	4,824766166				A l'intérieur des groupes	0,739378274	9	0,082598253			
Total	43,72457911	11					Total	0,741060671	11				

Phase 1					Phase 2				
Manganèse	Phase gazouse				Vanadium	Phase gazouse			
concentrations, en µg/m3	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boisieu		concentrations, en µg/m3	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boisieu	
S1	0,78	1,41	0,61		S1	0,16	0,16	0,15	
S2	0,71	0,63	0,66		S2	0,16	0,16	0,16	
S3	2,52	1,46	0,12		S3	0,24	0,20	0,12	
S4		3,22	2,36		S4		0,35	0,32	
Moyenne	1,34	1,68	0,39		Moyenne	0,19	0,22	0,19	
Ecart-type	1,0	1,1	1,0		Ecart-type	0,0	0,1	0,1	
Etendue	1,81	2,59	2,25		Etendue	0,08	0,19	0,20	
ICinf	0,05	0,16	0,60		ICinf	0,15	0,09	0,05	
ICsup	2,62	3,52	2,56		ICsup	0,24	0,35	0,33	

ANALYSE DE VARIANCE					ANALYSE DE VARIANCE								
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F	Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,34784325	2	0,173921625	0,44570783	0,65534448	4,458970108	Entre Groupes	0,002357635	2	0,001178818	0,16730293	0,63212656	4,458970108
A l'intérieur des groupes	6,506407879	8	0,813259735				A l'intérieur des groupes	0,69055319	8	0,086291648			
Total	6,85425113	10					Total	0,69291083	10				

Phase 1						
Antimoine	Phase gazeuse					
concentrations, en µg/m3	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boisseu			
S1	0,19	0,13	0,13			
S2	0,34	0,47	0,42			
S3	0,23	0,15	0,23			
S4	0,27	0,22	0,19			
Moyenne	0,26	0,24	0,24			
Ecart-type	0,1	0,2	0,1			
Etendue	0,15	0,34	0,29			
ICinf	0,15	0,01	0,04			
ICsup	0,36	0,48	0,44			
Analyse de variance: un facteur						
RAPPORT DÉTAILLÉ						
<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>		
Gendarmerie	4	1,025545918	0,256386479	0,0042304		
Stade Hauray	4	0,978766382	0,244691596	0,02384088		
Saint Jean de Boisseu	4	0,957885789	0,239471447	0,01547374		
ANALYSE DE VARIANCE						
<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	0,000600185	2	0,000300092	0,02067463	0,37958401	4,256434729
A l'intérieur des groupes	0,130635053	9	0,014515007			
Total	0,131235244	11				
Phase 2						
Antimoine	Phase gazeuse					
concentrations, en µg/m3	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boisseu			
S1	0,16	0,07	0,08			
S2	0,07	0,07	0,07			
S3	0,60	0,64	0,12			
S4		0,34	0,63			
Moyenne	0,28	0,43	0,22			
Ecart-type	0,3	0,4	0,3			
Etendue	0,53	0,87	0,56			
ICinf	0,10	0,19	0,18			
ICsup	0,65	1,05	0,62			
Analyse de variance: un facteur						
RAPPORT DÉTAILLÉ						
<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>		
Gendarmerie	3	0,827800911	0,275933637	0,07975979		
Stade Hauray	4	1,717674531	0,429418633	0,18704979		
Saint Jean de Boisseu	4	0,892041685	0,223010421	0,07432732		
ANALYSE DE VARIANCE						
<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	0,090724702	2	0,045362351	0,38456891	0,63267955	4,458970108
A l'intérieur des groupes	0,343650932	8	0,117956366			
Total	1,034375634	10				

concentrations atmosphériques en HCl

Analyse de variance: un facteur						
RAPPORT DÉTAILLÉ						
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance		
Gendarmerie	4	1,2624638	0,31561595	0,00756501		
Stade Hauray	4	1,39072777	0,34768194	0,00295146		
Saint Jean de Boiseau	4	1,19565702	0,29891425	0,00496974		
ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	critique pour F
Entre Groupes	0,004913949	2	0,00245697	0,47596684	0,63607403	4,25649473
A l'intérieur des groupe:	0,046458641	9	0,00516207			
Total	0,051372591	11				
Analyse de variance: un facteur						
RAPPORT DÉTAILLÉ						
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance		
Gendarmerie	3	0,5806275	0,1935425	0,03132764		
Stade Hauray	4	0,42880296	0,10720074	0,00184139		
Saint Jean de Boiseau	4	0,77761372	0,19440343	0,02621116		
ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour
Entre Groupes	0,01919424	2	0,00959712	0,52295773	0,61171601	4,45897011
A l'intérieur des groupe:	0,146812936	8	0,01835162			
Total	0,166007175	10				
Analyse de variance: un facteur						
RAPPORT DÉTAILLÉ						
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance		
Gendarmerie	4	1,2624638	0,31561595	0,00756501		
Stade Hauray	4	1,39072777	0,34768194	0,00295146		
ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	0,002056456	1	0,00205646	0,39109242	0,55475039	5,987377607
A l'intérieur des groupes	0,031549412	6	0,00525824			
Total	0,033605868	7				

annexe 3 : Air Pays de la Loire

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

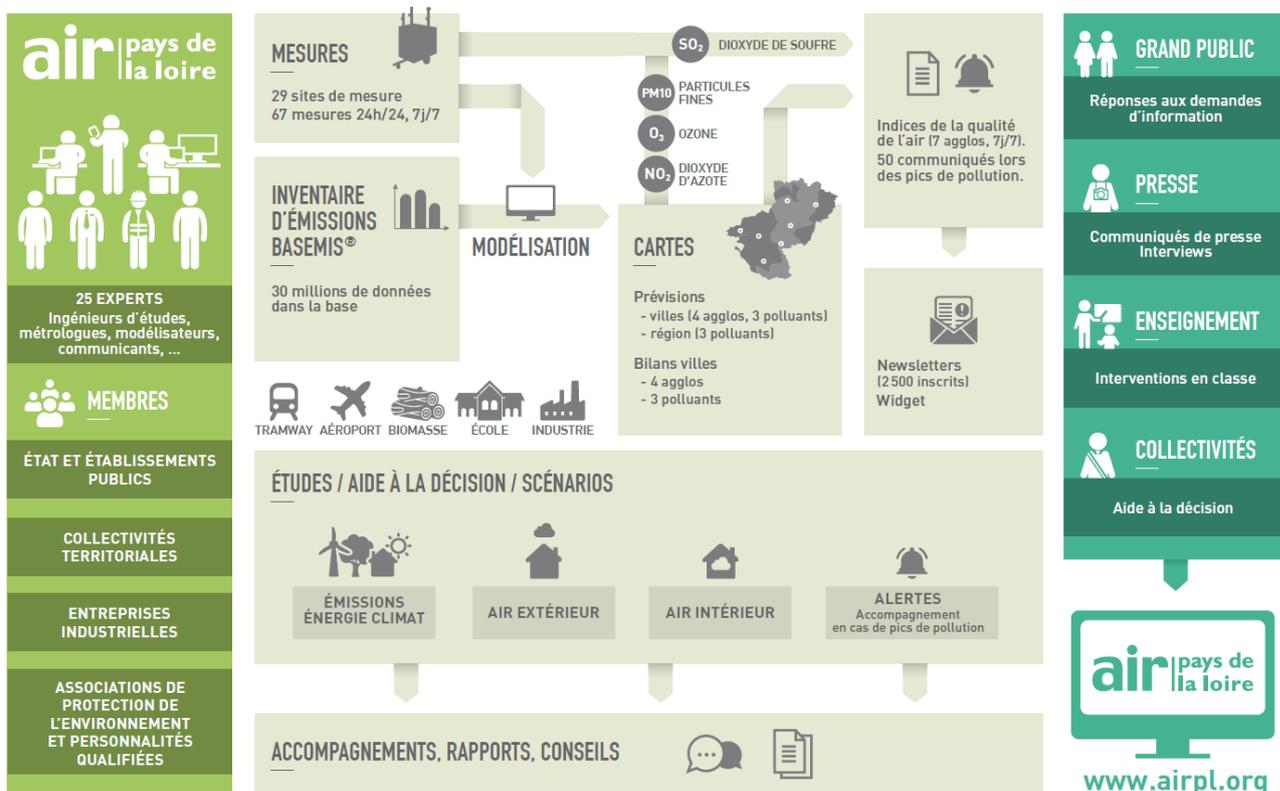
Air Pays de la Loire met quotidiennement à disposition de tous des informations sur la qualité de l'air :

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

Ses domaines d'expertise portent sur :

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

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



annexe 4 : techniques d'évaluation

mesures des dépôts de dioxines et furanes

méthode

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



Collecteur installé sur site

mise en œuvre

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

analyses et normes d'analyse

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

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

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

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

prise en compte d'éventuelles contaminations

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

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

mesures de dépôts de métaux lourds

méthode

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



Vue d'une jauge Owen

mise en œuvre

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

analyse des eaux de pluie par le laboratoire IANESCO

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

Limites de quantification :

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

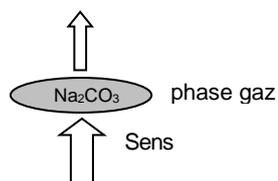
mesures des concentrations atmosphériques en acide chlorhydrique gazeux



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 NO_2CO_3 (5 %).



pas de temps

Prélèvement hebdomadaire.

analyse des filtres

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

analyse des filtres

Chaque semaine, Air Pays de la Loire a adressé au Laboratoire 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



méthode

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

pas de temps

Prélèvement hebdomadaire.

mise en œuvre

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

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

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

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

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

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

Limites de quantification

prise en compte des éventuelles contaminations

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

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

mesures des concentrations atmosphériques en dioxyde d'azote

méthode - normes

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

pas de temps

Tous les quarts d'heure.

étalonnage

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

mesures des concentrations atmosphériques en dioxyde de soufre

méthode - normes

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

pas de temps

Tous les quarts d'heure.

étalonnage

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

mesures des concentrations atmosphériques en monoxyde de carbone

méthode - normes

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

pas de temps

Tous les quarts d'heure.

étalonnage

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

mesures des concentrations atmosphériques en particules PM10

méthode – normes

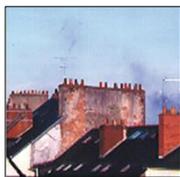
Les mesures de poussières fines sont effectuées à l'aide du système TEOM-FDMS, Cette technique est équivalente à la méthode gravimétrique de référence de la norme **NF EN 12341**. Elle prend en compte la fraction volatile de l'aérosol et est utilisée depuis le 1^{er} janvier 2007 par les réseaux de surveillance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

pas de temps :

Tous les quarts d'heure.

annexe 5 : 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.



fond urbain

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.



influence 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.



influence industrielle

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.



fond rural

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 6 : polluants

les oxydes d'azote (NO_x)

Les NO_x comprennent essentiellement le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂), Ils résultent de la combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air à haute température, Environ 95 % de ces oxydes sont la conséquence de l'utilisation des combustibles fossiles (pétrole, charbon et gaz naturel). Le trafic routier (61 %) 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 PM2,5 (diamètre inférieur à 2,5 µm) pénètrent plus profondément dans les poumons. Celles-ci peuvent rester en suspension pendant des jours, voire pendant plusieurs semaines et parcourir de longues distances.

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

les métaux dits "lourds" (plomb...)

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.

le monoxyde de carbone (CO)

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

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

le dioxyde de soufre (SO₂)

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

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

l'ozone (O₃)

C'est le polluant secondaire majeur qui se forme par l'action des ultraviolets du soleil sur les polluants primaires, directement émis par les sources, que sont les oxydes d'azote, les composés organiques volatils et le monoxyde de carbone. C'est un polluant chimique présent au niveau du sol : on parle d'ozone troposphérique que l'on distingue de l'ozone stratosphérique, observé à une vingtaine de kilomètres d'altitude et qui forme la couche d'ozone.

Capable de pénétrer profondément dans les poumons, l'ozone provoque à forte concentration une inflammation et une hyperréactivité des bronches. Des irritations du nez et de la gorge surviennent généralement, accompagnées d'une gêne respiratoire. Des irritations oculaires sont aussi observées.

Les enfants dont l'appareil respiratoire est en plein développement, les asthmatiques, les insuffisants respiratoires chroniques et les personnes âgées sont souvent plus sensibles à la pollution par l'ozone.

Les effets de l'ozone se trouvent accentués par les efforts physiques intenses, lesquels en augmentant le volume d'air inspiré, accroissent celui d'ozone inhalé.

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).

les dioxines et les 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 7 : seuils de qualité de l'air 2020

SEUILS DE DÉCLENCHEMENT DES ÉPISODES DE POLLUTION

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

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

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

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

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

AUTRES SEUILS RÉGLEMENTAIRES

Décret 2010-1250 du 21/10/2010

TYPE DE SEUIL (µg/m ³)	DURÉE CONSIDÉRÉE	POLLUANTS												
		OZONE (O ₃)	DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂)	OXYDES D'AZOTE (NO _x)	PARTICULES FINES (PM10)	PARTICULES FINES (PM2.5)	BENZÈNE	MONOXYDE DE CARBONE (CO)	DIOXYDE DE SOUFRE (SO ₂)	PLOMB	ARSENIC	CADMIUM	NICKEL	BENZO(a) PYRÈNE
Valeur limite	Moyenne annuelle	-	40	30 ⁽¹⁾	40	25	5	-	20 ⁽¹⁾	0,5	-	-	-	-
	Moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	20 ⁽¹⁾	-	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	50 ⁽¹⁾	-	-	-	125 ⁽¹⁾	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	200 ⁽⁴⁾	-	-	-	-	-	350 ⁽¹⁾	-	-	-	-	-
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	-	40	-	30	10	2	-	50	0,25	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽⁹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ADT 40	6 000 ⁽¹¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valeur cible	ADT 40	18 000 ⁽¹¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne annuelle	-	-	-	-	20	-	-	-	0,006	0,005	0,02	0,001	
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽⁹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

(1) pour la protection de la végétation
(2) à ne pas dépasser plus de 35j par an (percentile 90,4 annuel)
(3) à ne pas dépasser plus de 3j par an (percentile 97,2 annuel)
(4) à ne pas dépasser plus de 18h par an (percentile 99,79 annuel)
(5) à ne pas dépasser plus de 24h par an (percentile 99,73 annuel)
(6) en moyenne sur 5ans, 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 25j par an en moyenne sur 5ans
(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.

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

airpays de la Loire

5 rue Edouard Nignon – CS 70709 – 44307 Nantes cedex 3

Tél + 33 (0)2 28 22 02 02

Fax + 33 (0)2 40 68 95 29

contact@airpl.org

air | pays de
la Loire
www.airpl.org