

évaluation de la qualité de l'air

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

campagne 2018

mars 2019

air | pays de
la Loire
www.airpl.org



sommaire

synthèse	1
introduction	3
le dispositif de surveillance.....	4
cinq sites de mesure équipés pour la campagne.....	5
deux types d'indicateurs de la pollution atmosphérique	8
les périodes de mesure.....	9
récapitulatif	10
situation météorologique	11
précipitations, températures, insolation	11
vents.....	11
résultats des mesures de retombées atmosphériques....	14
mesure des dépôts de dioxines et furanes	14
mesure des retombées totales et solubles en métaux lourds, ions chlorure et sodium	17
résultats des mesures de concentrations atmosphériques	18
chlorures particulaires et chlorure d'hydrogène	18
métaux lourds dans l'air	20
polluants mesurés en continu sur le site de l'école de la Métairie et par les stations du réseau Air Pays de la Loire	24
conclusions.....	32
annexes	37
glossaire	49

contributions

Coordination de l'étude - Rédaction : Maëlle Jouanny, Mise en page : Bérangère Poussin, exploitation du matériel de mesure : Arnaud Tricoire, Sonia Cécile et équipe métrologique, validation : Corentin Lemaire /François Ducroz /Pauline Baron-Renou.

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 2016 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 de Couëron et la mairie de Saint-Jean-de-Boiseau pour nous avoir permis d'installer notre matériel.

synthèse

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

Depuis la publication des arrêtés préfectoraux du 2 juillet 1992 et du 14 avril 2003, une surveillance annuelle de la qualité de l'air autour de l'établissement est exigée. Air Pays de la Loire a été retenu pour réaliser, depuis 1997, une surveillance annuelle de la qualité de l'air dans l'environnement d'Arc-en-Ciel.

Deux types d'indicateurs sont ciblés :

- les concentrations en polluants atmosphériques, qui comprennent les métaux lourds, le chlorure d'hydrogène HCl, le dioxyde d'azote NO₂, le dioxyde de soufre SO₂, le monoxyde de carbone CO ainsi que les particules fines PM10 ;
- les retombées atmosphériques, 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 sur 10 semaines

En 2018, la période de prélèvements s'est étendue du 5 septembre au 14 novembre, comprenant une interruption du fonctionnement de l'installation du 3 octobre au 24 octobre.

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, Cr) ;
 - **les ions chlorure**, pour tracer l'acide chlorhydrique ;
 - **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 :
 - **les chlorures particuliers** (embruns marins) et **l'acide chlorhydrique**,
 - les **métaux lourds** en suspension dans l'air.
- des concentrations atmosphériques des polluants suivis en continu par Air Pays de la Loire : **dioxyde d'azote, ozone, monoxyde de carbone, dioxyde de soufre et particules fines inférieures à 10µm.**

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 (autour de 1 pg d'équivalent toxique total par m² et par jour d'exposition) sont sensiblement similaires à ceux relevés sur le site rural de référence non influencé par Arc-en-Ciel, 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 valeurs relevées s'inscrivent dans un historique de faible présence de ces composés, avec des niveaux similaires à ceux de 2005, 2006, 2009, 2012, 2014, 2015, 2016 et 2017.

Niveau du polluant : faible



Pas d'influence d'Arc-en-Ciel

métaux lourds, dans l'air et dans les retombées

Les niveaux de métaux dans les eaux de pluies 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, hormis pour le cuivre où une élévation des concentrations dans l'air a été détectée sur le site de Saint-Jean-de-Boiseau du 12 au 18 septembre (en lien avec une probable activité parasite à proximité immédiate du site). 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 (cimetière de la Bouteillerie), suggérant un respect des valeurs cibles réglementaires.

Par ailleurs, l'évolution des taux relevés au cours de la campagne n'est pas corrélée avec l'exposition des sites aux vents venant de l'Unité de Valorisation Énergétique (UVE), excluant une influence décelable de celui-ci sur les concentrations de l'air en métaux lourds.

Niveau du polluant : faible



Pas d'influence d'Arc-en-Ciel

chlorures

Les niveaux en chlorures particuliers et en acide chlorhydrique dans l'air sont également dans le prolongement des valeurs relevées les années précédentes.

On constate en particulier une bonne corrélation des niveaux de chlorures particuliers avec les vents d'ouest, signe d'apport d'embruns marins par ces vents. L'acide chlorhydrique quant à lui est renforcé lors d'épisodes de vents faibles, pendant lesquels il est produit par la dégradation des aérosols marins.

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

polluants réglementés suivis en continu par Air Pays de la Loire

Les niveaux de NO₂ prennent des valeurs intermédiaires entre celles relevées à Nantes et celles relevées en milieu rural. Les niveaux de PM10 et d'O₃ 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.

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.

Niveau du polluant : faible



Pas d'influence d'Arc-en-Ciel

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

Les teneurs en polluants enregistrées dans l'environnement d'Arc-en-Ciel et ciblées par Air Pays de la Loire sont représentatives d'une zone périurbaine non influencée par l'établissement.

introduction

Située sur la commune de Couëron, le site d'Arc-en-Ciel 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 du 2 juillet 1992 et du 14 avril 2003 qui imposent une surveillance annuelle de la qualité de l'air autour de l'établissement.

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, acide chlorhydrique, et dioxyde d'azote. En 2003, à cette surveillance, s'est rajoutée 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 permet de mesurer en continu les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone et les particules fines PM10.

Ce rapport rassemble les résultats de la campagne de mesure qui s'est déroulée du 5 septembre au 14 novembre 2018. Il présente successivement :

- le dispositif de mesure mis en œuvre ;
- les conditions météorologiques dans lesquelles s'est déroulée la campagne ;
- les résultats de mesure et leur interprétation en termes de suivi réglementaire et de contribution des activités d'Arc-en-Ciel sur les concentrations enregistrées. D'abord pour les mesures de retombées atmosphériques, puis pour les mesures de concentrations dans l'air.

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, via la collecte et l'analyse des eaux de pluie.

Plusieurs polluants (9 métaux, acide chlorhydrique, oxydes d'azote, dioxyde de soufre, particules PM10, monoxyde de carbone, ozone, dioxines et furanes) 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 5 sites de mesure :

- 3 situés dans l'environnement immédiat d'Arc-en-Ciel ;
- 2 non influencés, pour comparaison.

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.

cinq sites de mesure équipés pour la campagne

trois sites de prélèvement localisés dans les zones de retombées maximales

Ces trois 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 Partisol) permettant de prélever des échantillons d'air, à raison d'un par semaine tout au long de la campagne. Ces échantillons sont ensuite analysés en laboratoire pour mesurer les concentrations atmosphériques en métaux et en chlorures. L'école de la Métairie a par ailleurs accueilli un camion laboratoire 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 ozone).



Figure 1 : localisation des trois sites 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 et de filtres pour les métaux et le chlorures, en marron, le site de l'école de la Métairie, équipé comme les deux précédents et accueillant de plus un camion laboratoire (pour le NO₂, le SO₂, l'O₃ les PM10 et le CO)

N° Site	Nom	Adresse	Distance à l'UVE
1	École de la Métairie	Rue de Trevellec, Couëron	1,1 km au nord nord-est
2	Couëron	Salle de l'estuaire, Couëron	0,9 km à l'ouest nord-ouest
3	Saint-Jean-de-Boiseau	Cimetière	1,8 km au sud-ouest

Tableau 1 : caractéristiques des 3 sites de mesure dans l'environnement d'Arc-en-Ciel



Photo 1 : camion laboratoire sur le site de la Métairie



Photo 2 : partisol au cimetière de Saint-Jean-de-Boiseau

des sites non influencés par Arc-en-Ciel pour les métaux et les polluants réglementés

Afin de comparer les résultats des mesures 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 installé à l'école de la Métairie pendant la campagne.

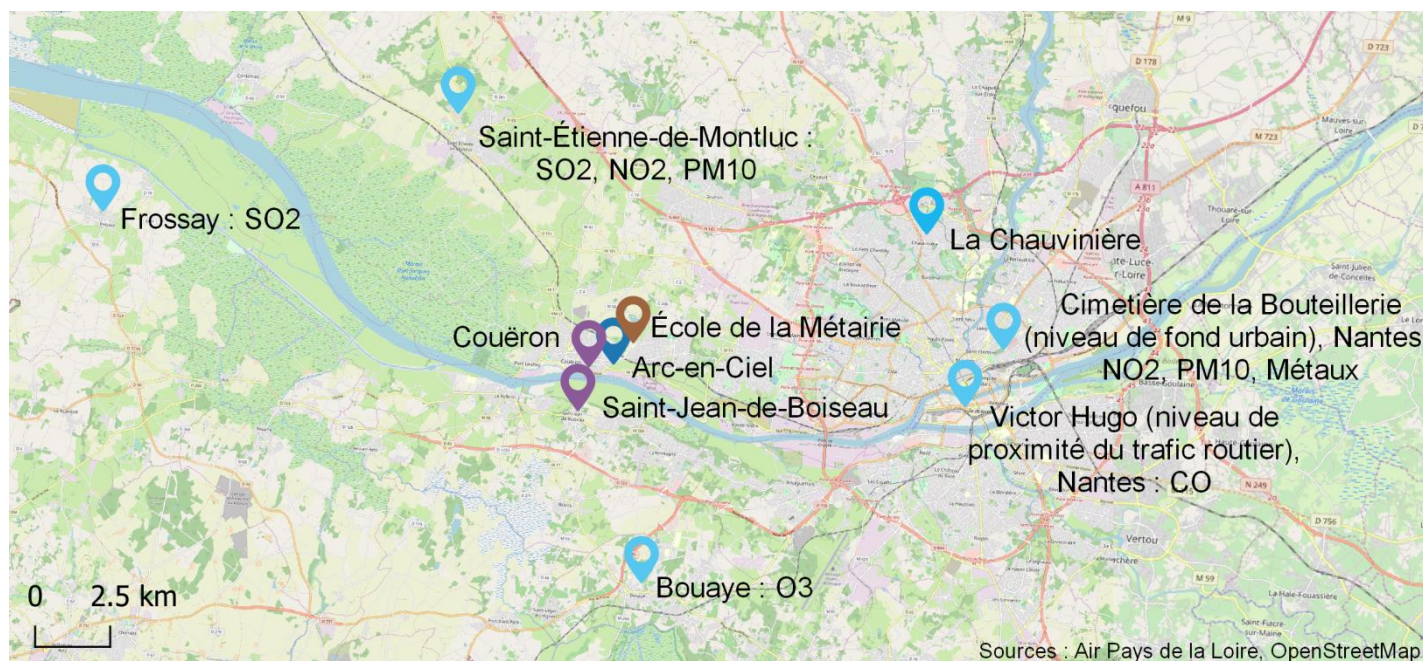


Figure 2 : localisation des différentes stations du réseau Air Pays de la Loire dont les résultats ont été utilisés pour comparer les mesures du camion laboratoire à des sites non influencés par l'UVE. En bleu foncé, violet et rouge, voir Figure 1, en bleu ciel les stations du réseau, avec les polluants mesurés sur chacune d'entre elles, en vert le site de la Chauvinère, où a été installée une jauge de récupération d'eaux pluviales afin de déterminer le niveau de fond en dioxines et furanes

pour les dioxines et les furanes

Les résultats d'analyse des trois jauges de récupération d'eaux pluviales placées autour d'Arc-en-Ciel seront comparés à ceux de jauges placées hors de l'influence du site, à Nantes et en Vendée.

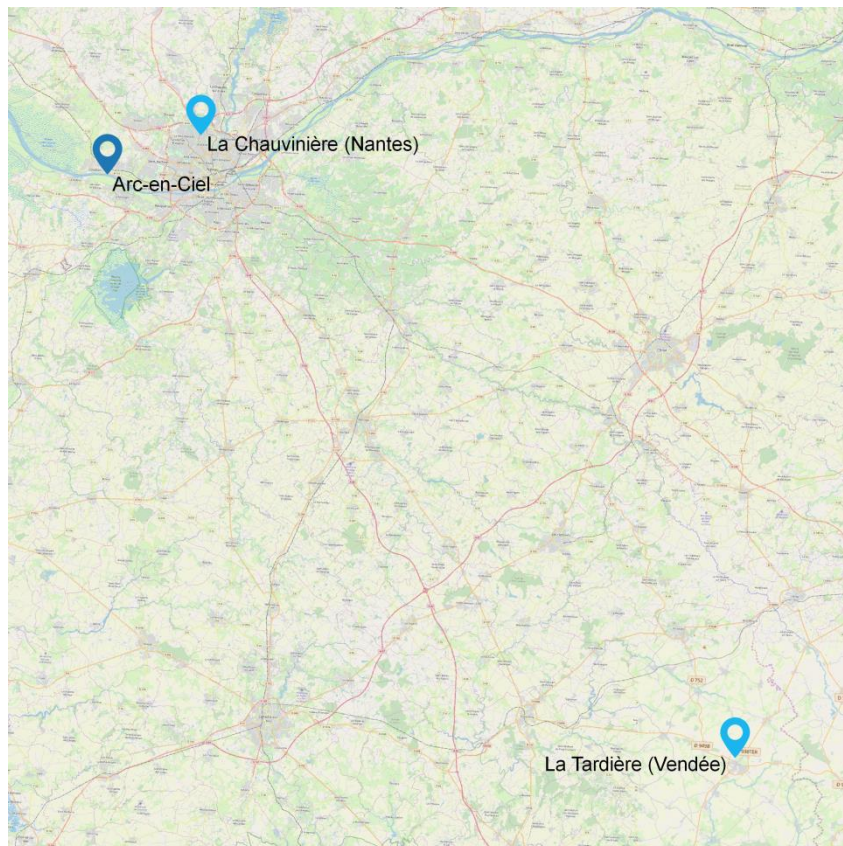


Figure 3 : localisation des jauges de récupérations d'eaux de pluie utilisées pour mesurer les retombées en dioxines et furanes dans les zones non influencées par Arc-en-Ciel (en bleu clair les jauges, en bleu foncé Arc-en-Ciel)



Photo 3 : jauges de récupération des eaux de pluie (à gauche pour l'analyse des dioxines et les furanes, à droite pour les métaux)

deux types d'indicateurs de la pollution atmosphérique

les concentrations atmosphériques

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

- **8 métaux lourds** visés par l'arrêté ministériel du 25 janvier 1991 relatif aux installations d'incinération de résidus urbains : arsenic (As), cadmium (Cd), chrome (Cr), cuivre (Cu), manganèse (Mn), nickel (Ni), plomb (Pb). En complément, le zinc (Zn) a également été analysé pour son potentiel supposé à tracer les émissions des usines d'incinération d'ordures ménagères ;
- **les chlorures** en phase aérosols (sels de mer) et l'acide chlorhydrique (HCl), sous forme gazeuse ;
- **les oxydes d'azote NO_x, le dioxyde de soufre SO₂, les particules fines PM10, l'ozone O₃ ainsi que le monoxyde de carbone CO** ont été mesurés sur le site de l'école de la Métairie.

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 NO_x et en PM10 (au cimetière de la Bouteillerie à Nantes et à Saint-Étienne-de-Montluc), en SO₂ (à Saint-Étienne-de-Montluc et à Frossay), en O₃ (à Bouaye et au cimetière de la Bouteillerie à Nantes) 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 analyseur de métaux.

Les prélèvements en métaux et chlorures sont réalisés sur des filtres 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, une collecte des dépôts totaux est effectuée sur les trois sites (Métairie, Couëron et Saint-Jean-de-Boiseau) pour une analyse en laboratoire des métaux, des ions chlorure et sodium et des dioxines et furanes.

Des collectes de dépôts pour l'analyse des dioxines et furanes ont également été réalisées sur les sites non influencés de la Chauvinière (Nantes) et de la Tardière (Vendée).

Une description complète des techniques de collecte et d'analyse ainsi que des normes utilisées est disponible en annexe 2.

les périodes de mesure

Cette campagne d'évaluation s'est déroulée **du 5 septembre au 14 novembre 2018**.

A noter que des dégradations ont eu lieu sur les jauges de récupération des retombées de métaux et de dioxines et furanes sur le site de la Salle de l'estuaire à Couëron. En conséquence :

- la jauge de retombées des métaux a été remplacée le 27 septembre (absence de donnée du 5 au 26 septembre)
- la jauge de retombées des dioxines et furanes a été remplacée le 24 octobre (absence de données du 5 septembre au 23 octobre).

Par ailleurs, la campagne 2018 comprenait un arrêt technique de l'UVE sur 3 semaines (ligne 1 semaine 40 et 41 et ligne 2 semaine 41 et 42). Air Pays de la Loire et Arc en Ciel ont donc convenu d'interrompre les prélèvements lors de cette période.

Le tableau 2 présente les périodes de prélèvement des métaux lourds et du chlorure d'hydrogène dans l'air.

Période	Date début	Date fin
S1	05/09/2018	12/09/2018
S2	12/09/2018	19/09/2018
S3	19/09/2018	26/09/2018
S4	26/09/2018	03/10/2018
S5	24/10/2018	31/10/2018
S6	31/10/2018	07/11/2018
S7	07/11/2018	14/11/2018

Tableau 2 : périodes de prélèvement pour la mesure des métaux lourds et des chlorures dans l'air, sur les 3 sites (école de la Métairie, Couëron et Saint-Jean-de-Boiseau)

Les périodes de mesure des retombées atmosphériques de dioxines et furanes sont résumées dans le tableau 3 (retrait des collecteurs lors des semaines 5, 6 et 7).

Site	Date début	Date fin
Sur les sites de l'école de la Métairie et Saint-Jean-de-Boiseau	05/09/2018	14/11/2018
Site de la salle de l'estuaire à Couëron	24/10/2018	14/11/2018
Site de la Chauvinière, Nantes	06/09/2018	14/11/2018
Site de la Tardière, Vendée	09/09/2018	13/11/2018

Tableau 3 : périodes d'exposition des collecteurs d'eaux de pluie pour les dioxines et furanes

Les périodes de mesure des retombées atmosphériques de métaux et chlorures sont résumées dans le tableau 3 (retrait des collecteurs lors des semaines 5, 6 et 7).

Site	Date début	Date fin
Sur les sites de l'école de la Métairie et Saint-Jean-de-Boiseau	05/09/2018	14/11/2018
Site de la salle de l'estuaire à Couëron	27/09/2018	14/11/2018

Tableau 4 : périodes d'exposition des collecteurs d'eaux de pluie pour les métaux et chlorures

Les mesures par analyseurs automatiques (NO_x, SO₂, CO, PM₁₀, O₃) ont été réalisées sur l'ensemble de cette période, soit du 5 septembre au 14 novembre 2018.

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 et chlorures particulaires	NO ₂ , SO ₂ , CO, PM10, O ₃	dioxines et furanes	métaux [*]	ions chlorures et sodium
Durée d'exposition		Hebdomadaire (7 échantillons par site)		Quart-horaire	Sur toute la campagne		
École de la Métairie	industriel	X	X	X	X	X	X
Couëron	industriel	X	X		X	X	X
Saint-Jean-de-Boiseau	industriel	X	X		X	X	X
La Chauvinière	urbain (non influencé)				X		
La Tardière	rural (non influencé)				X		
Cimetière de la Bouteillerie	urbain (non influencé)	X (As, Ni, Cd, Pb)		X			
Autres stations	non influencé			X			

Tableau 5 : typologie des sites, polluants étudiés et durée des prélèvements

^{*} As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn

situation météorologique

précipitations, températures, insolation¹

La campagne s'est déroulée dans un contexte météorologique variable en termes de précipitations et de température. Ainsi, certaines journées ont connu des forts écarts aux normales de saison pour ces variables. Cette fin d'année 2018 a été marquée par une douceur des températures, un ensoleillement régulier et peu de précipitations.

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. Grâce aux données de la station Météo France de Nantes-Atlantique, il est possible de retracer les conditions météorologiques durant la campagne. Le tableau ci-dessous 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 (+/- 10 °) sont considérés afin de respecter le caractère directionnel du panache.

période	dates	Part de la semaine sous influence			Roses des vents hebdomadaires
		École de la Métairie	Couëron	Saint-Jean-de-Boiseau	
		200°-220°	90°-110°	30°-50°	
S1	du 05/09/2018 au 11/09/2018	3%	1%	10%	
S2	du 12/09/2018 au 18/09/2018	11%	2%	17%	

¹ Source : Bulletin Climatique Mensuel Régional, Météo France (consulté pour les mois de septembre, octobre et novembre 2018)

<p>S3</p>	<p>du 19/09/2018 au 25/09/2018</p>	<p>14%</p>	<p>0%</p>	<p>17%</p>	
<p>S4</p>	<p>du 26/09/2018 au 02/10/2018</p>	<p>1%</p>	<p>1%</p>	<p>29%</p>	
<p>S5</p>	<p>du 24/10/2018 au 30/10/2018</p>	<p>2%</p>	<p>1%</p>	<p>12%</p>	
<p>S6</p>	<p>du 31/10/2018 au 06/11/2018</p>	<p>5%</p>	<p>12%</p>	<p>6%</p>	

S7	du 07/11/2018 au 14/11/2018	31%	1%	4%	
		9%	3%	18%	

Tableau 6 : caractéristiques météorologiques et nombre d'heures d'influence d'Arc-en-Ciel durant la campagne de mesure

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 nord-est, à l'origine de la surexposition du site de Saint-Jean-de-Boiseau aux vents en provenance de l'établissement Arc-en-Ciel par rapport aux autres sites de mesure. A noter que des vents de sud sont présents sur cette période, en quantité moins importante que les vents de nord-est, mettant le site de l'école de Métairie sous les vents de l'établissement Arc-en-Ciel.

En revanche, le détail hebdomadaire des vents montre une variabilité d'origine de ces derniers durant la campagne, c'est pourquoi une analyse par semaine sera particulièrement appropriée pour les prélèvements sur filtres.

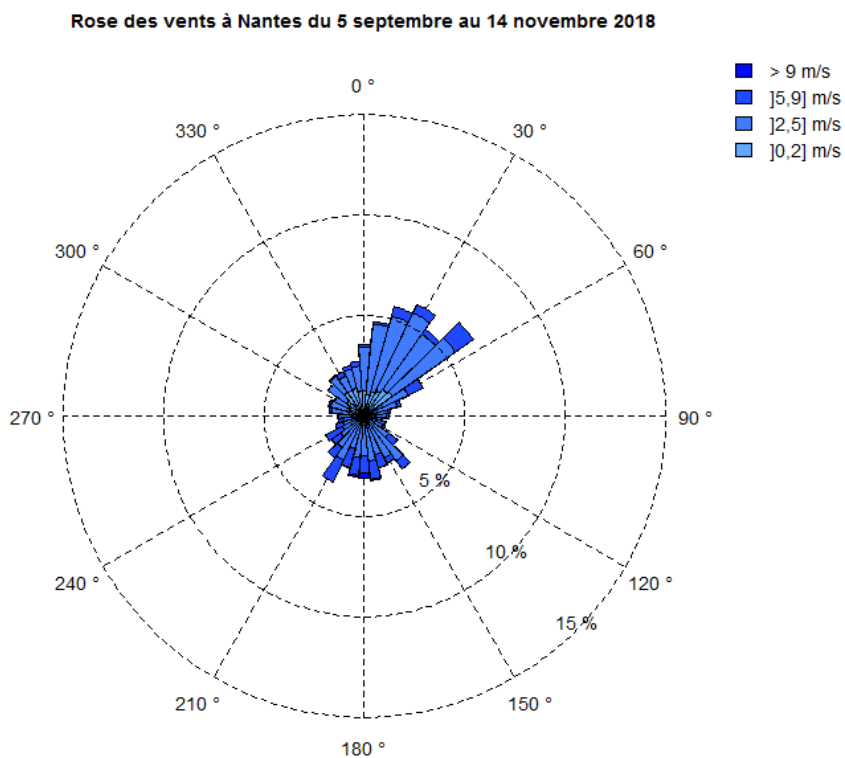


Figure 4 : rose des vents calculée sur l'ensemble de la période de mesure (station météorologique de Nantes-Atlantique)

résultats des mesures de retombées atmosphériques

mesure des dépôts de dioxines et furanes

méthodologie

Après la collecte, les échantillons d'eaux de pluie sont envoyés en laboratoire (voir annexe 6 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-Tétrachloro-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

	École de la Métairie	Stade de Couëron	Saint-Jean-de-Boiseau	La Chauvinière	La Tardière
Toxicité équivalente totale (I-TEQ) en ppeq/m ² /jour	0,80	1,80	0,83	0,43	0,76

Tableau 7 : toxicité équivalente totale (OTAN) sur chaque site

Les résultats montrent :

- ➔ des niveaux très faibles,
- ➔ des niveaux homogènes entre les sites de l'école de la Métairie et de Saint-Jean-de-Boiseau et ceux éloignés,
- ➔ des niveaux homogènes sur les sites localisés autour d'Arc-en-Ciel et ceci malgré la différence d'exposition aux émissions de l'établissement.

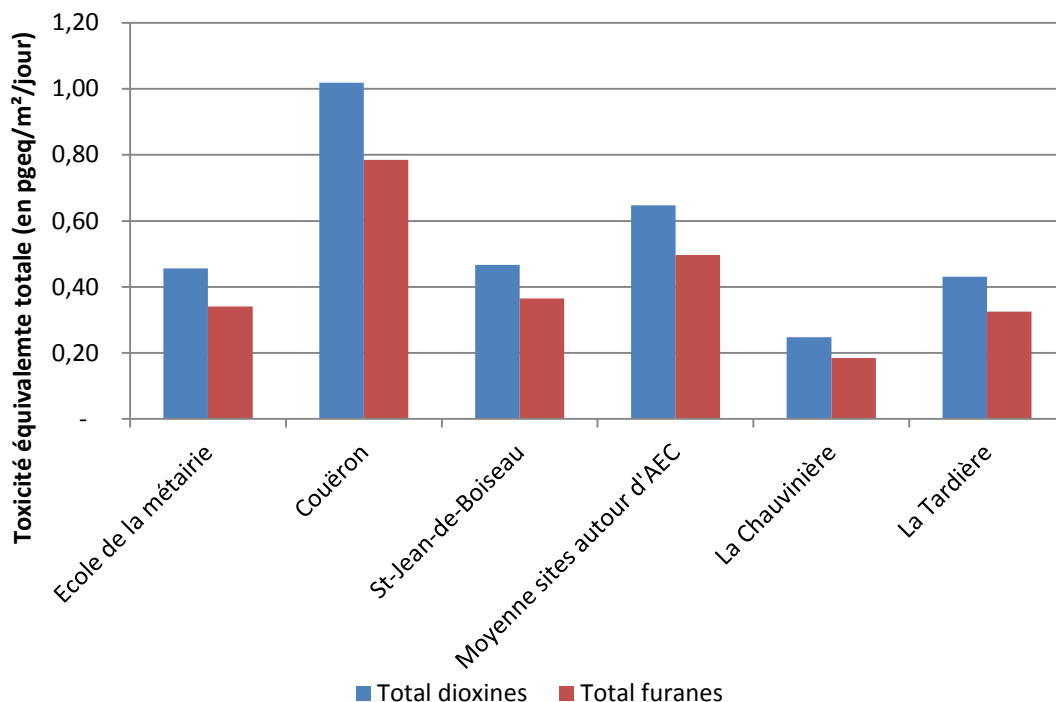


Figure 5 : toxicité équivalente des dioxines et des furanes mesurées sur chaque site

La figure 5 montre une prédominance des dioxines sur les furanes quel que soit le site de mesure.

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 montre 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 avait été transféré à l'école de la Métairie en 2010.

Les niveaux enregistrés en 2018 autour d'Arc-en-Ciel font partie des niveaux les plus faibles enregistrés depuis 10 ans,. 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 2018.

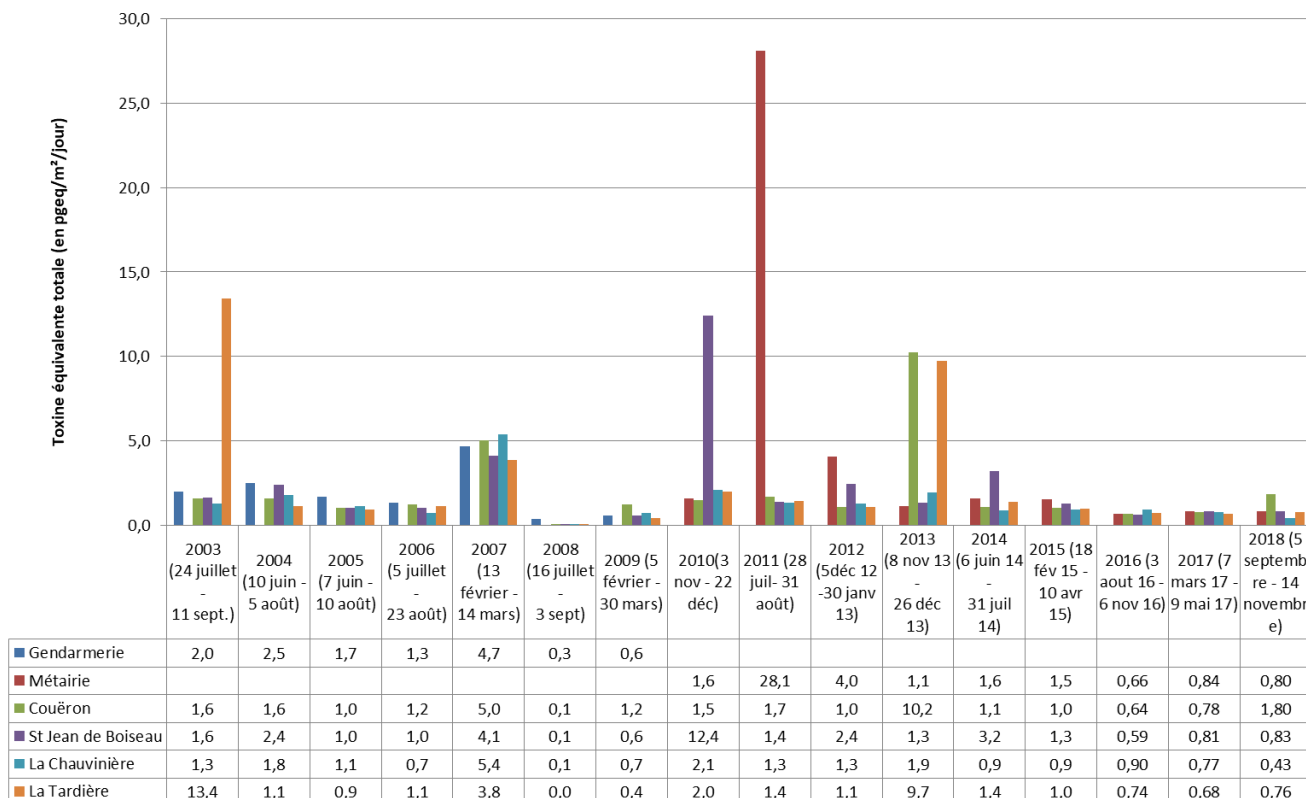


Figure 6 : évolution des retombées en dioxines et furanes autour d'Arc-en-Ciel depuis 2003

mesure des retombées totales et solubles en métaux lourds, ions chlorure et sodium

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. A noter, des dégradations sur le site de la salle de l'estuaire à Couëron a entraîné l'absence de données pour les retombées de métaux entre le 5 septembre et le 27 septembre 2018.

résultats : 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 2017	Arc-en-Ciel 2018	Valeurs réglementaires allemandes et suisses
Arsenic	0,6 – 0,7	0,05 – 1,3	0,4 – 0,9	0,3 – 0,4	4
Cadmium	0,2 – 0,9	0,3 – 3,0	0,0 – 0,1	0,0 – 1,3	2
Chrome	1,7 – 6,7	1,8 – 17,6	1,1 – 1,5	1,2 – 1,5	-
Cuivre	3,5 – 9,5	2,1 – 67,9	5,0 – 11,4	3,9 – 8,4	-
Manganèse	7,2 – 14,7	8,5 – 24,6	10,4 – 29,7	8,5 – 10,4	-
Nickel	1,6 – 3,7	1,0 – 22,9	0,7 – 1,2	1,0 – 1,4	15
Plomb	3,3 – 10,3	0,4 – 106	1,4 – 5,7	0,8 – 3,7	100
Zinc	17,8 – 219	10 – 285	12,9 – 37,5	9,1 – 25,7	400

Tableau 8 : 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 2018 correspondent aux ordres de grandeur des niveaux habituellement enregistrés en zone rurale. Notons que ces résultats sont inférieurs aux valeurs de la campagne 2017, exceptés pour le Cadmium et le Nickel.

De plus, la comparaison des données de 2018 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.

résultats des mesures de concentrations atmosphériques

chlorures particuliers et chlorure d'hydrogène

résultats

Les figures suivantes représentent l'évolution des concentrations en chlorures particuliers et acide chlorhydrique relevées pendant la campagne, sur 7 périodes d'échantillonnage.

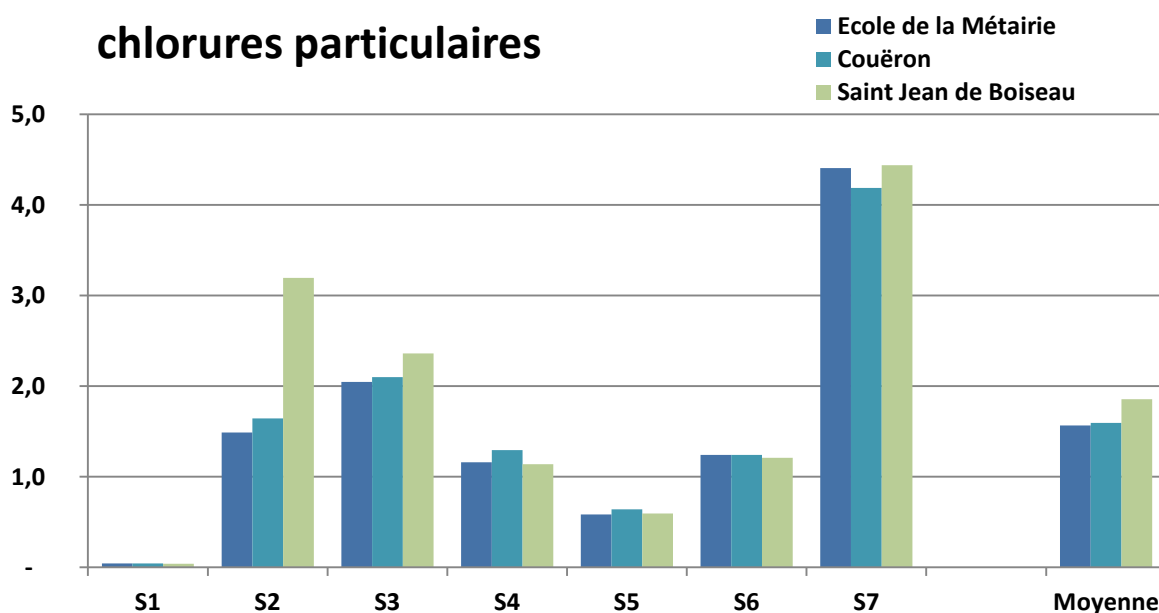


Figure 7 : évolution des concentrations en chlorures particuliers durant les 7 périodes de la campagne, sur les 3 sites (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

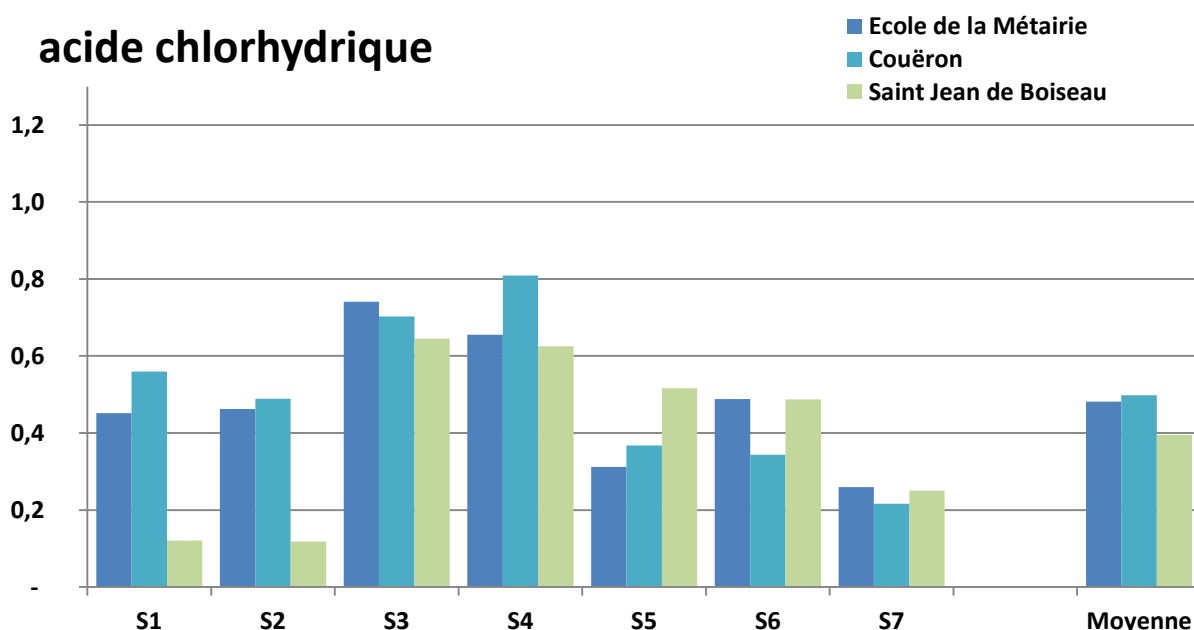


Figure 8 : évolution des concentrations en chlorures gazeux durant les 7 périodes de la campagne, sur les 3 sites (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Les maxima en chlorures particuliers sont observés lors de la semaine 7 par vents de sud-ouest modérés à forts. Ce constat est cohérent avec l'identification des embruns marins comme principale source de chlorures particuliers.

Par ailleurs, on pourra constater que lors des semaines non exposées aux vents d'ouest, semaine 4, 5 et 6, les chlorures particuliers présentent des niveaux plus faibles, alors que les chlorures gazeux se trouvent eux renforcés, signe de la dégradation de NaCl en HCl par l'acide sulfurique de l'air (phénomène connu sous le nom de vieillissement de l'aérosol marin).

Enfin, il faut noter que les niveaux de HCl sont inférieurs à $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 chlorures

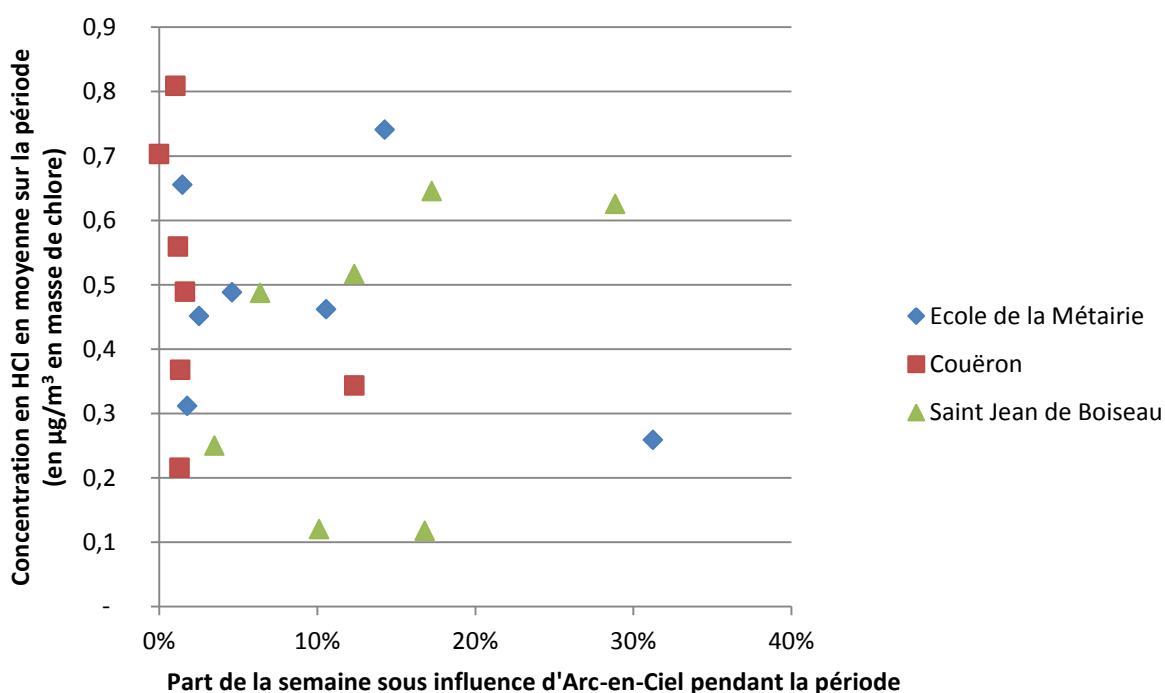


Figure 9 : corrélation entre les concentrations moyennes en chlorures gazeux et l'influence totale d'Arc-en-Ciel sur le site de mesure (approximée par la part de la semaine où la direction du vent correspond à la direction "Arc-en-Ciel -> Site de mesure")

Le diagramme précédent met en correspondance les différentes mesures de concentrations en chlorures atmosphériques avec la part de la semaine où le site de mesure en question a été sous le vent de l'UVE.

Notons que la semaine où le site de l'école de la Métairie a été le plus sous les vents correspond à la concentration la plus faible en HCl. A l'inverse, pour le site de Saint-Jean-de-Boiseau, la semaine avec le plus d'influence d'Arc-en-Ciel correspond à la deuxième plus importante concentration en HCl.

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.

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 6 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	500 (valeur limite)	Décret 2010-1250
cadmium Cd	5	Recommandation OMS
manganèse Mn	150	Recommandation OMS

Tableau 9 : valeurs cibles pour les métaux dans l'air

résultats

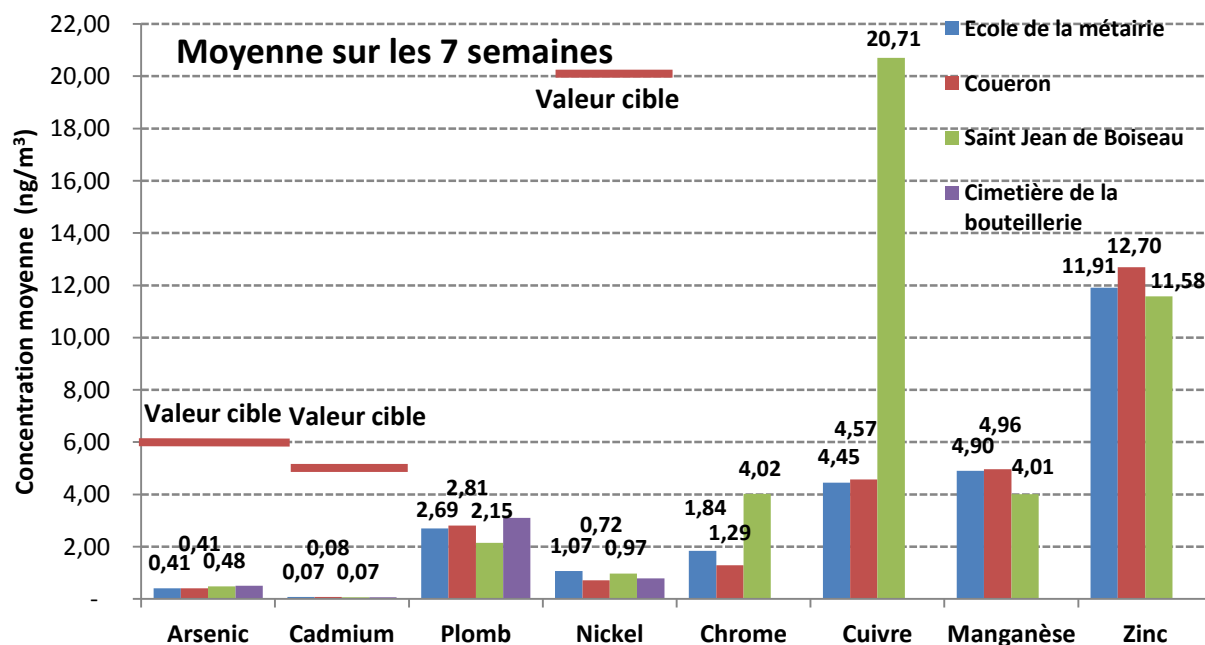


Figure 10 : concentration moyenne en métaux lourds mesurée pendant la période de la campagne

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 des représentatifs d'un milieu urbain de fond. A noter que les concentrations en cuivre sont plus élevées à Saint-Jean-de-Boiseau, du 12 au 18 septembre, en lien avec une probable activité parasite en semaine 2, autour du site (par exemple un traitement fongicide au sulfate de cuivre).

influence de l'UVE

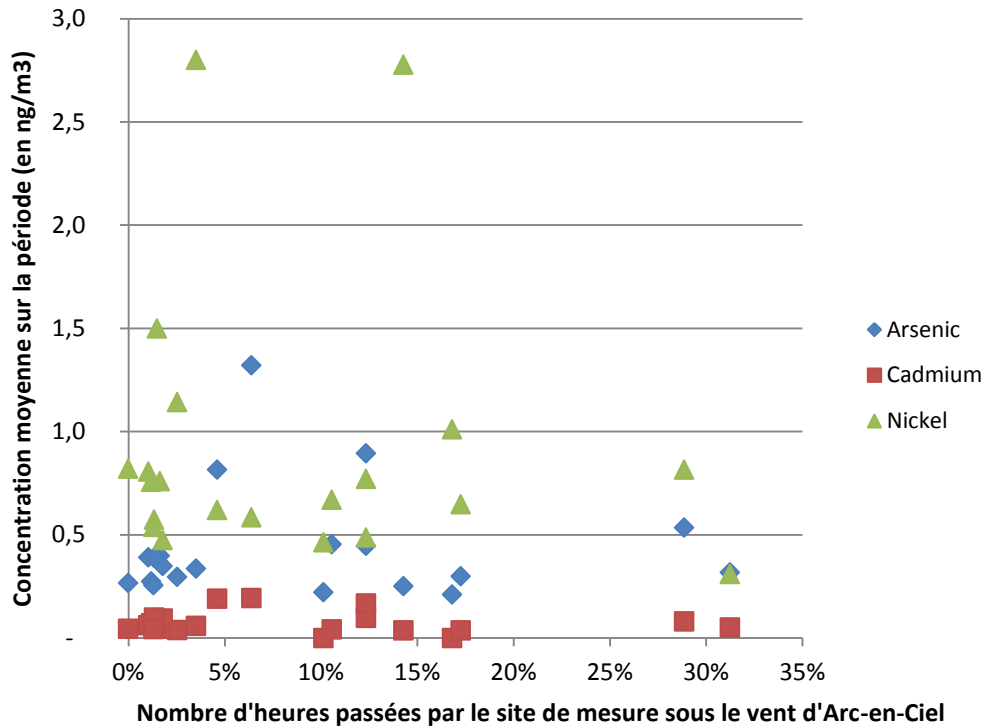


Figure 11 : corrélation entre la concentration moyenne et la part de la semaine passée par le site sous le vent d'Arc-en-Ciel (pour l'arsenic, le cadmium et le nickel)

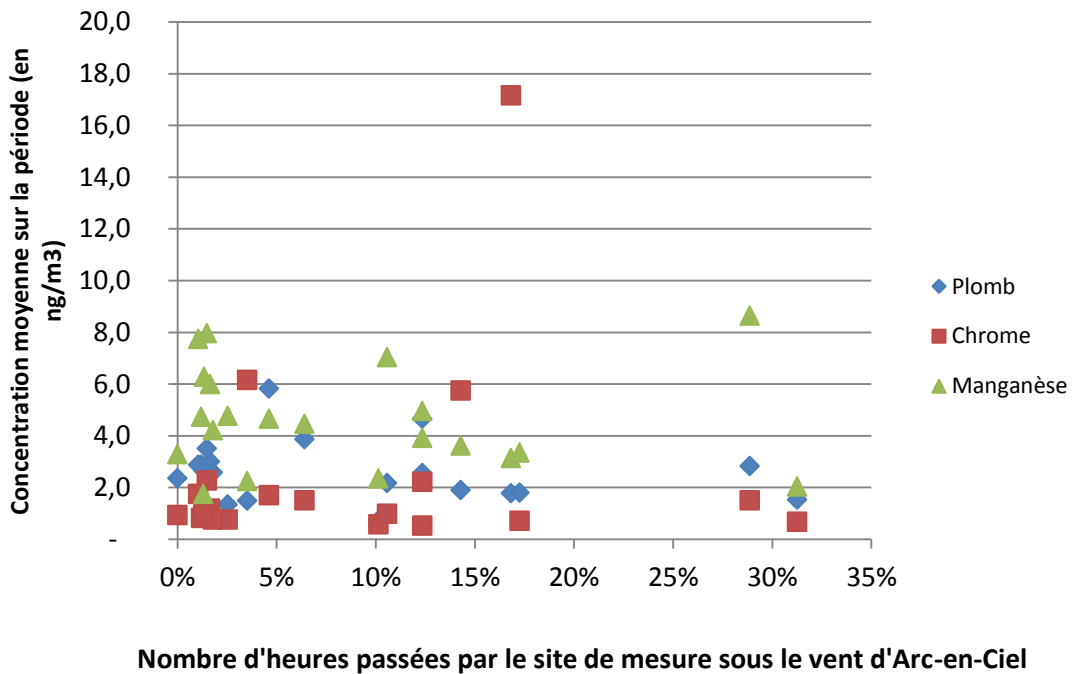


Figure 12 : corrélation entre la concentration moyenne et la part de la semaine passée par le site sous le vent d'Arc-en-Ciel (pour le plomb, le chrome et le manganèse)

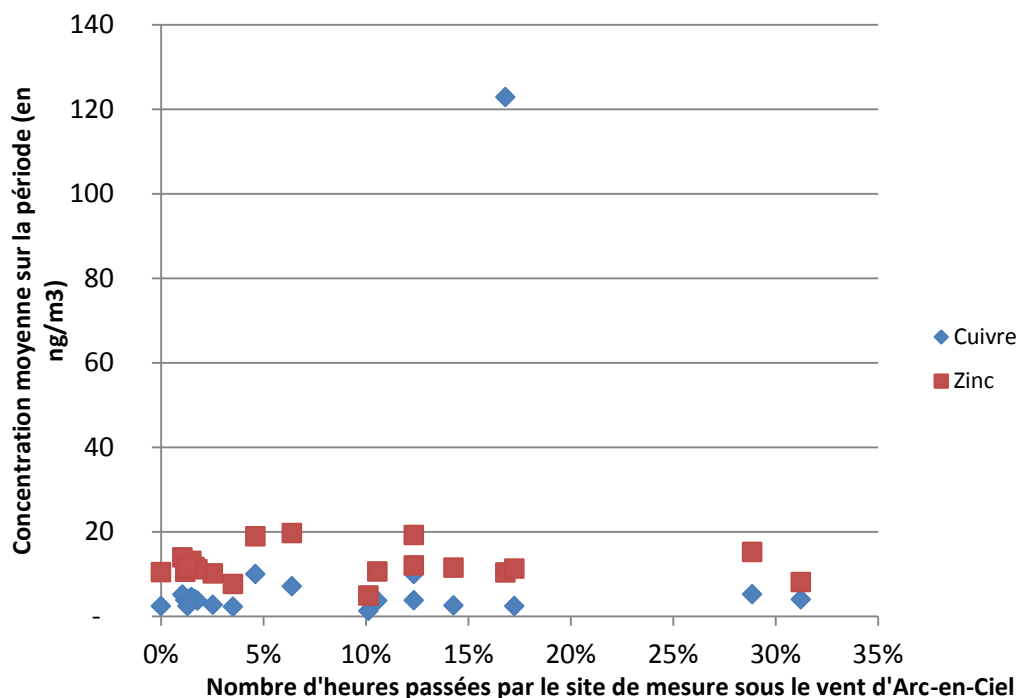


Figure 13 : corrélation entre la concentration moyenne et la part de la semaine passée par le site sous le vent d'Arc-en-Ciel (pour le cuivre et le zinc)

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

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

Ceci indique une absence de l'influence des émissions de l'UVE sur les teneurs atmosphériques mesurées à proximité.

historique

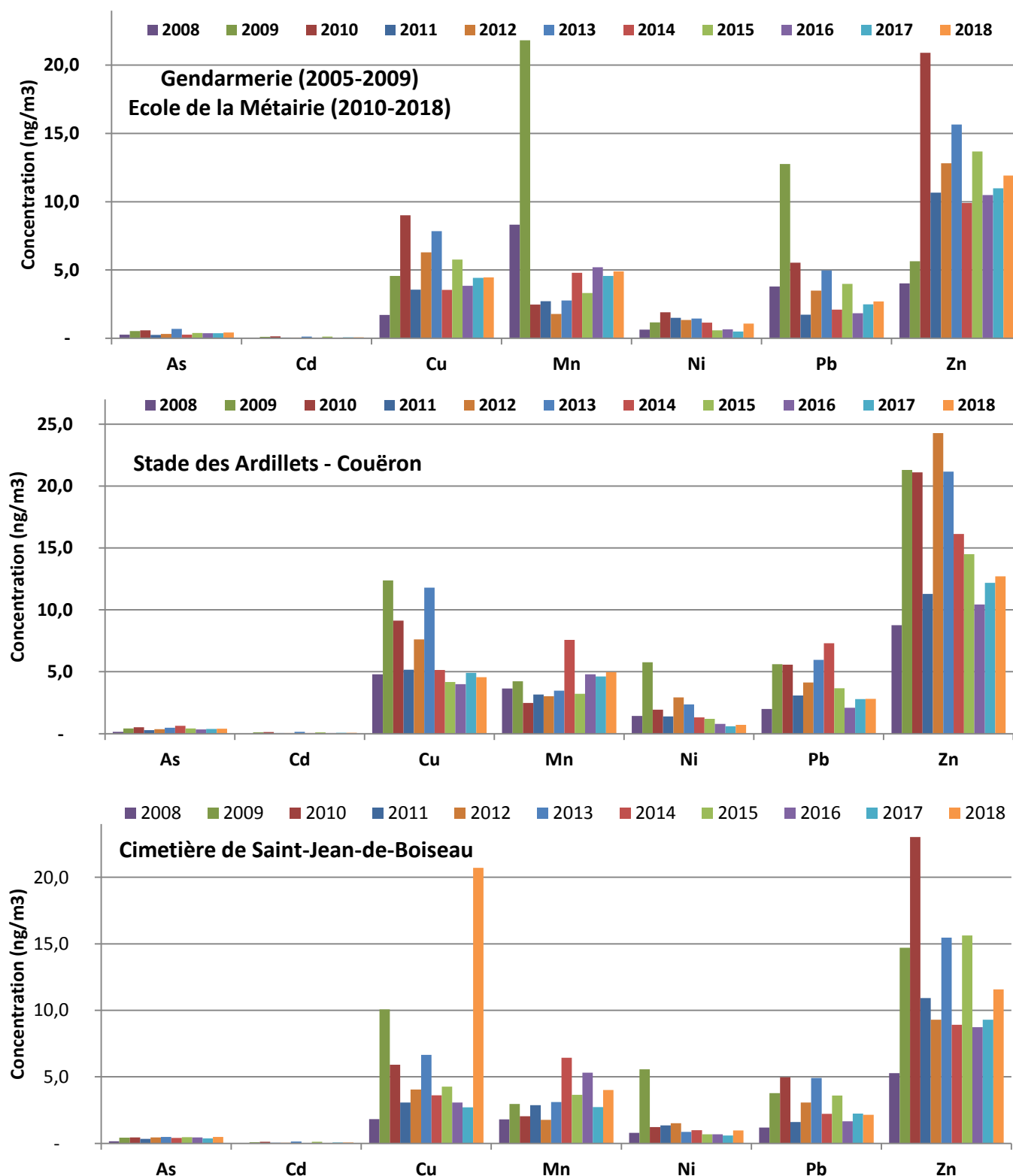


Figure 14 : évolution des concentrations en métaux lourds depuis 2005, pour chaque site autour d'Arc-en-Ciel

L'historique des concentrations atmosphériques en métaux lourds dans l'environnement d'Arc-en-Ciel indique que les niveaux relevés en 2018 sont proches de ceux de 2017 (hormis pour le cuivre), et dans la fourchette basse par rapport à ceux relevés antérieurement. Une nouvelle fois, l'influence d'Arc-en-Ciel ne peut être directement établie. En effet, les concentrations en cuivre sont probablement liées à une activité parasite autour du site de Saint-Jean-de-Boiseau (par exemple un traitement fongicide au sulfate de cuivre) survenue en semaine 2 est à l'origine de ces concentrations.

polluants mesurés en continu sur le site de l'école de la Métairie 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 évolution et dispersion des mesures

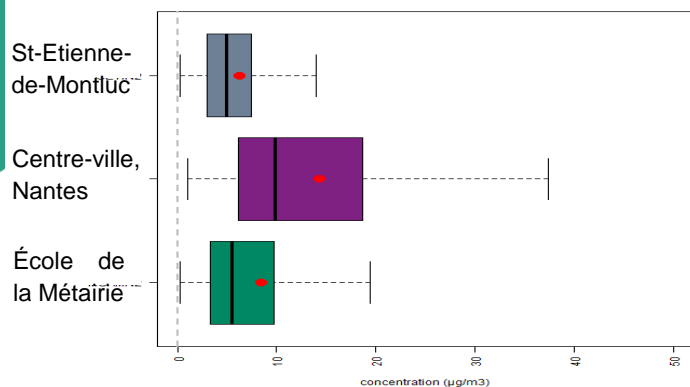


Figure 15 : distribution des mesures de dioxyde d'azote sur la durée de la campagne, pour chaque site. La ligne noire représente la concentration médiane, le point rouge la moyenne.

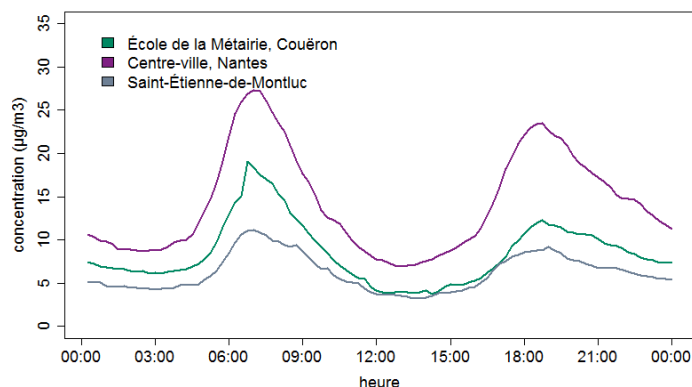


Figure 16 : jour moyen en concentration de NO₂, pour chaque site.

La moyenne est calculée sur chaque point de mesure quart-horaire.

Les figures 15 et 16 montrent que le niveau de NO₂ au niveau de l'école de la Métairie se comporte, dans son évolution et dans sa dispersion statistique, de la même manière que des niveaux sur des 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.

L'amplitude est à mi-chemin entre celui du site urbain de la Bouteillerie et celui, plus rural, de Saint-Étienne-de-Montluc, ce qui correspond à la situation géographique de Couëron.

Enfin, précisons que lors du redémarrage de l'installation, le 23 octobre pour les deux lignes, le site de l'École de la Métairie n'était pas sous les vents d'Arc-en-Ciel. Nous ne pouvons donc pas conclure sur une éventuelle influence des émissions de l'établissement sur les concentrations atmosphériques mesurées à proximité lors de cette phase.

roses de pollution

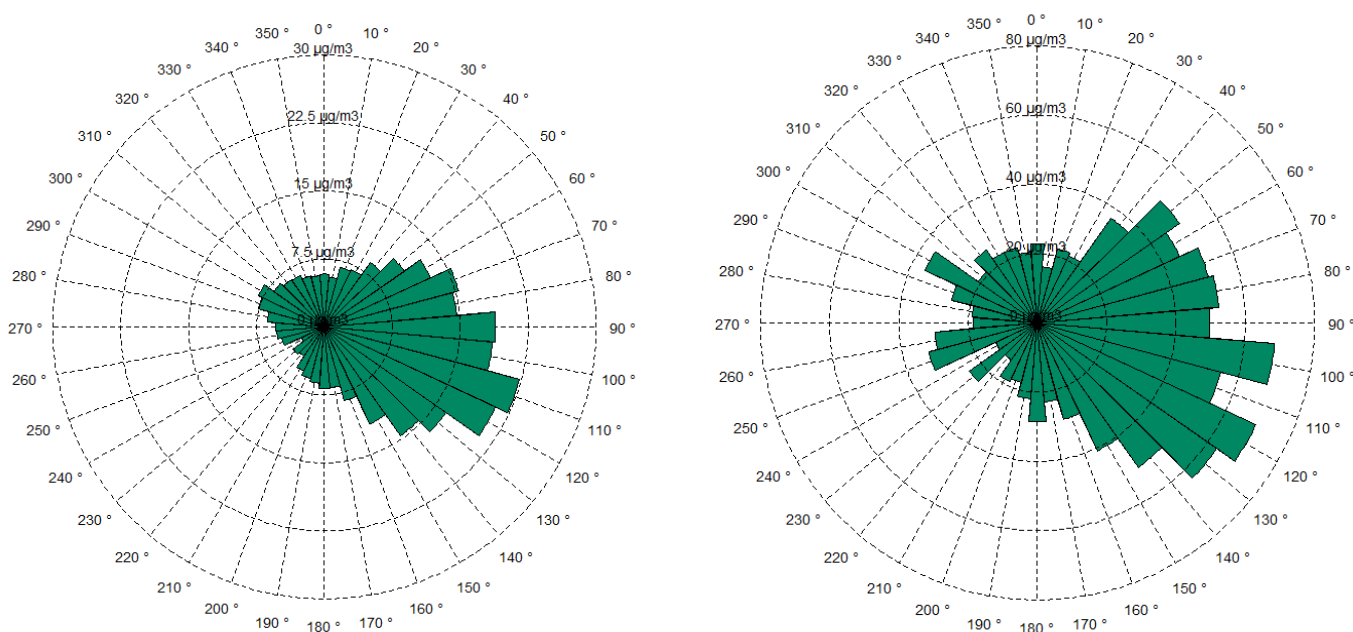


Figure 17 : roses de pollution au NO₂ sur le site de l'école de la Métairie (en moyenne à gauche, 98^{ème} percentile à droite)

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 l'école de la Métairie est plus élevés par vents 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 200-220°).

particules fines PM10 évolution et dispersion des mesures

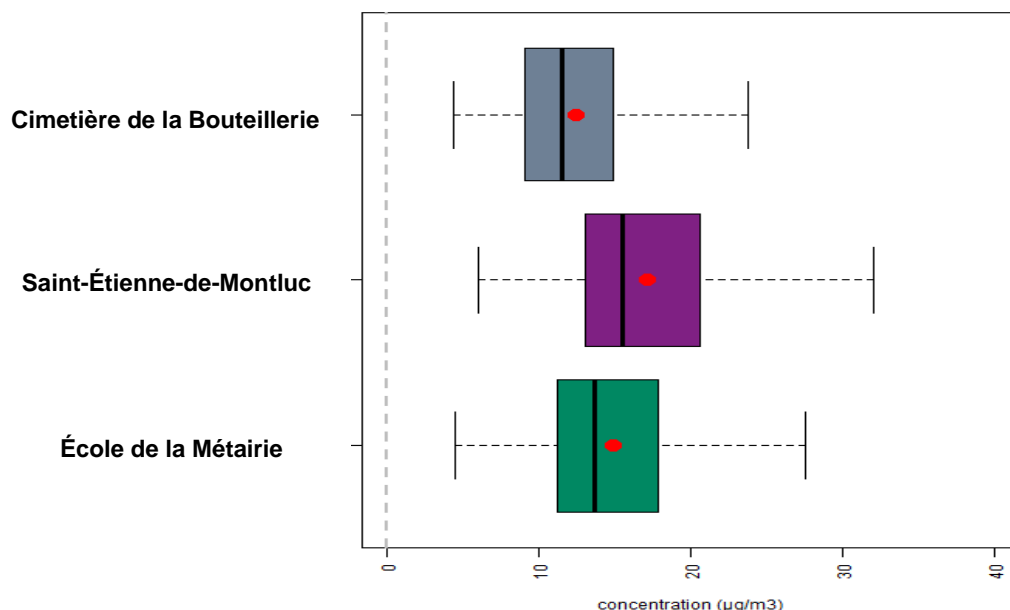


Figure 18 : distribution des mesures de particules fines PM10 sur la durée de la campagne, pour chaque site. La ligne noire représente la concentration médiane, le point rouge la moyenne

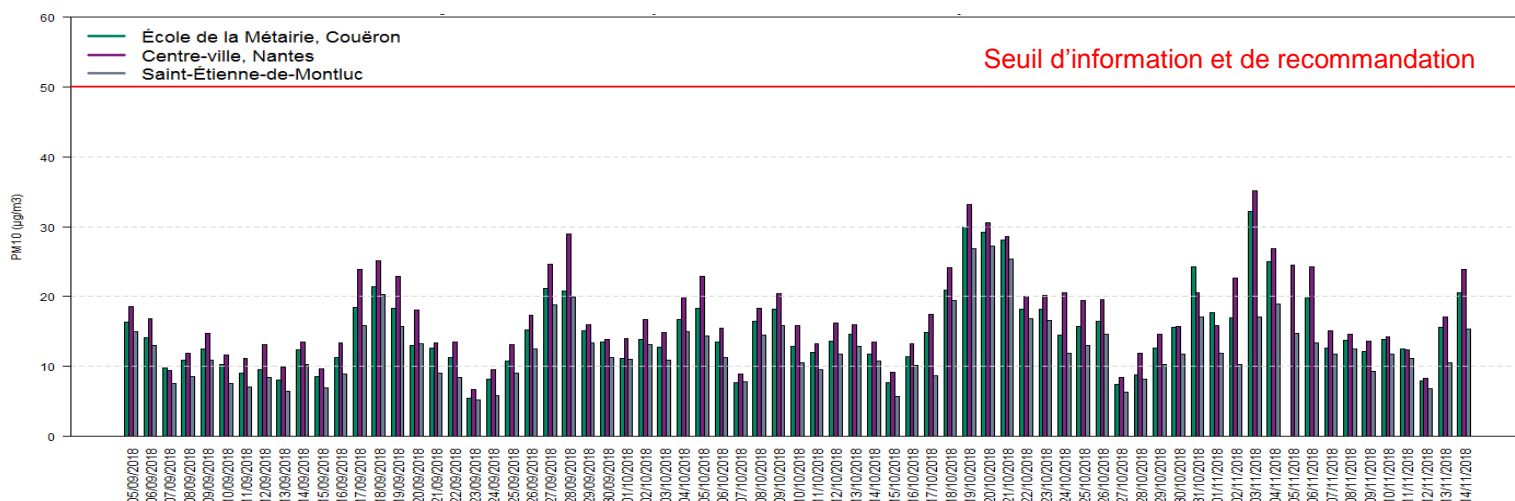


Figure 19 : évolution de la concentration en particules fines PM10 pendant la campagne (en moyenne journalière), pour chaque site

La figure 18 présente la distribution statistique des mesures de particules fines à l'école de la Métairie et compare celle-ci aux distributions relevées à Nantes et à Saint-Étienne-de-Montluc. La figure 19 présente quant à elle, les évolutions de ces niveaux journaliers au cours de la période.

Les niveaux en particules fines PM10 restent assez faibles sur le site de l'École de la Métairie, compris entre les niveaux du site urbain de Nantes et du site de fond de Saint-Étienne de Montluc. On notera que ces trois niveaux évoluent de manière synchronisée.

Les concentrations en particules fines PM₁₀ des trois sites sont bien inférieures au seuil de recommandation et d'information.

rose de pollution

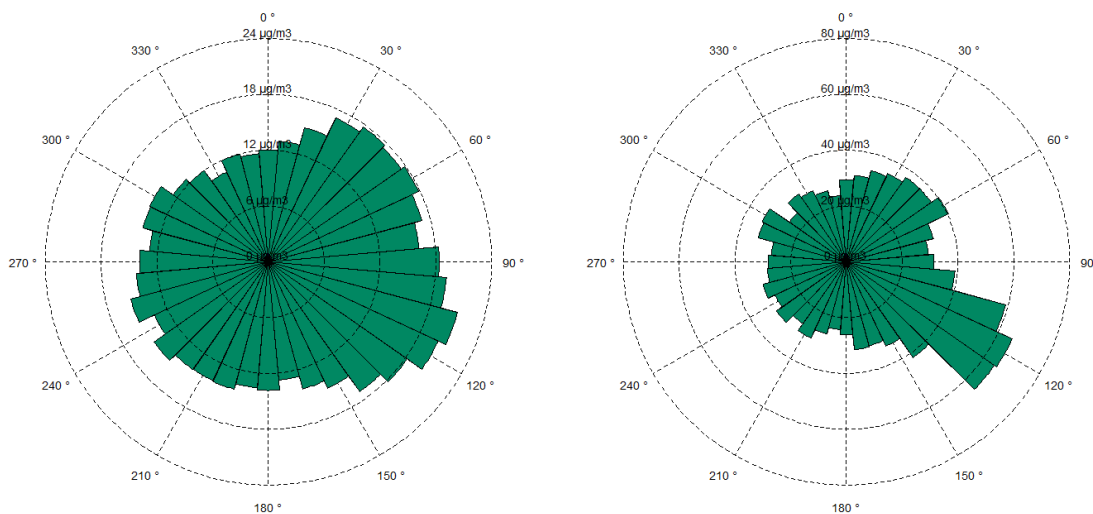


Figure 20 : roses de pollution au PM₁₀ sur le site de l'école de la Métairie (en moyenne à gauche, 98^{ème} percentile à droite)

Les roses de pollution établies sur le site de La Métairie pour les particules fines ne mettent pas en évidence d'influence d'Arc-en-Ciel sur les niveaux de ce polluant (le secteur 200-220° n'est pas particulièrement déterminant). En effet, on retrouve plutôt l'influence de l'agglomération Nantaise sur les niveaux moyens en particules fines PM10 et surtout sur la rose de pollution du 98^{ème} percentile.

dioxyde de soufre résultats des mesures

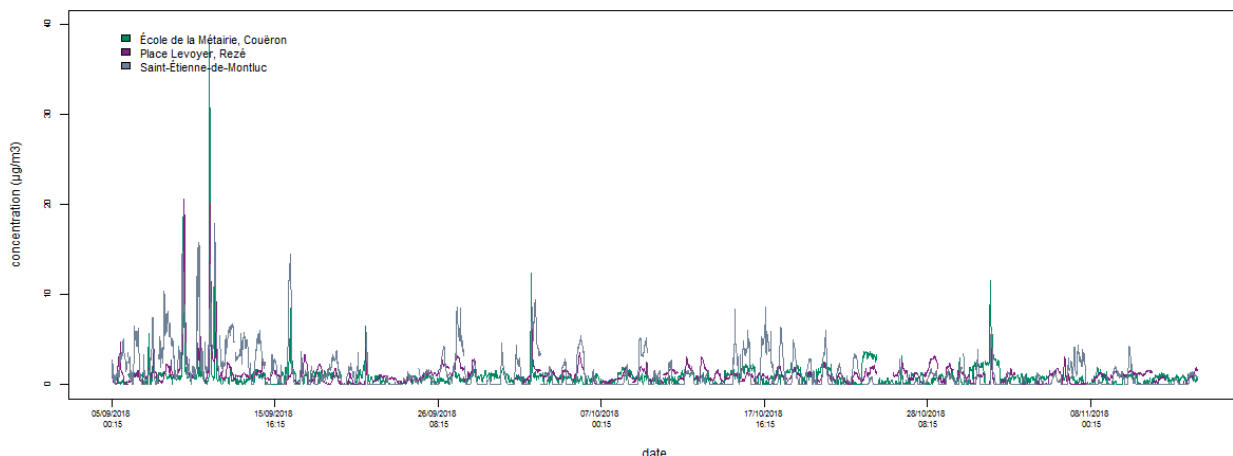


Figure 21 : moyenne horaire des mesures en SO₂ sur le site de l'école de la Métairie

Le graphique ci-dessus présente les valeurs des concentrations horaires en dioxyde de soufre relevées lors de la campagne. On constate des niveaux de fond (autour de 0,5 µg/m³) et de pointe (<40 µg/m³) très faibles comparés au seuil de recommandation et d'information fixé à 300 µg/m³ en moyenne sur une heure. On notera que ces niveaux sont peu différents des niveaux relevés dans les zones non influencés par l'UVE.

roses de pollution

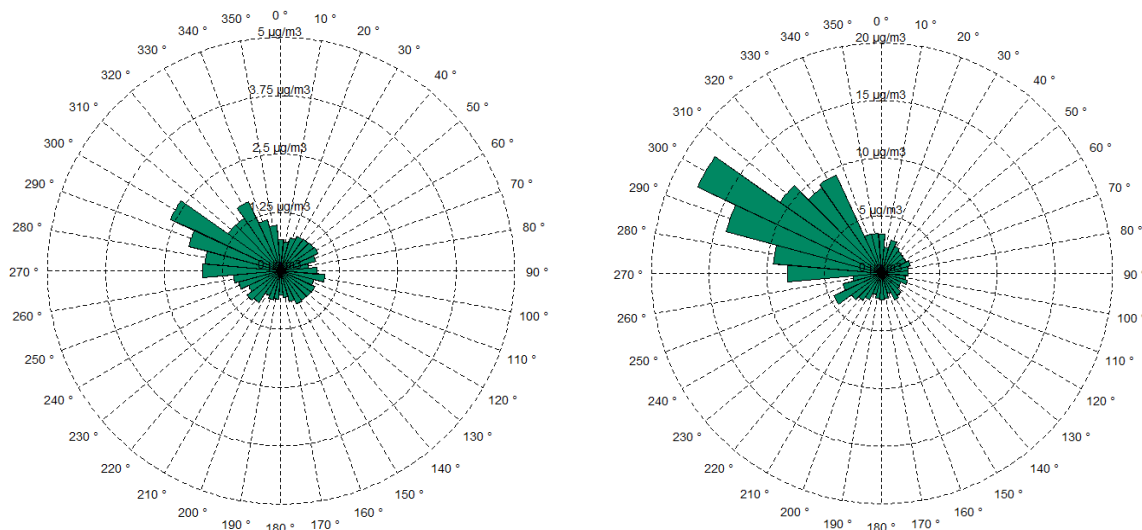


Figure 22 : roses de pollution au dioxyde de soufre sur le site de l'école de la Métairie (en moyenne à gauche, 98^{ème} percentile à droite)

Les roses de pollution confirment l'absence d'influence d'Arc-en-Ciel sur les niveaux en SO₂ dans son environnement. On remarque que les pics pointent vers le nord-ouest, suggérant plutôt une influence des industries de Basse-Loire (raffinerie Total ou centrale thermique de Cordemais), notamment les 9 et 11 septembre 2018.

monoxyde de carbone résultats

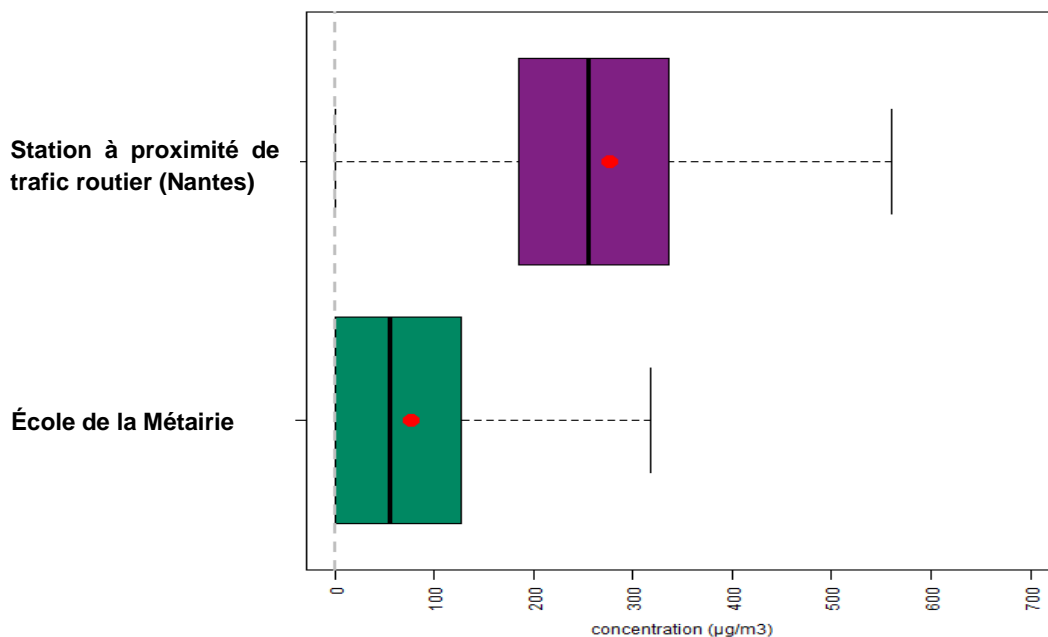


Figure 23 : distribution des mesures de concentration en monoxyde de carbone pendant la campagne. La ligne noire est la médiane, le point rouge la moyenne

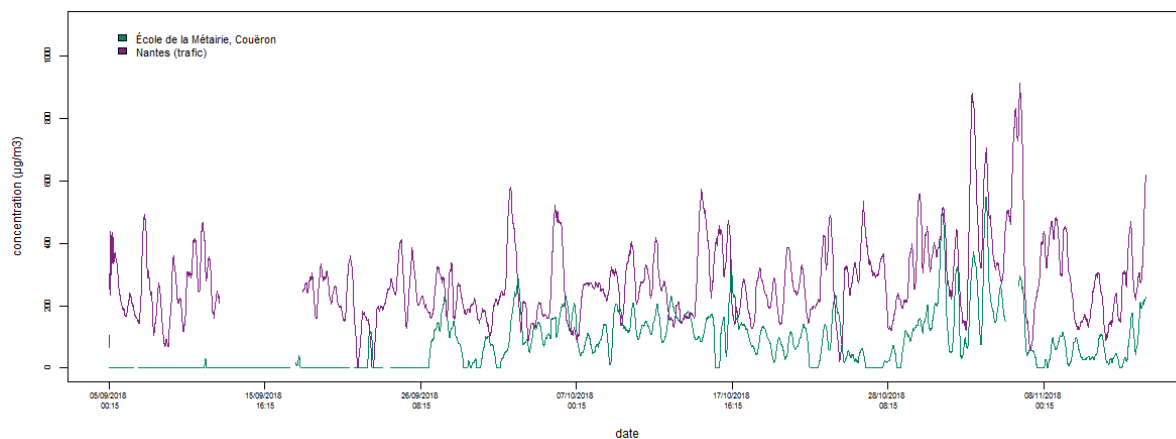


Figure 24 : évolution du niveau 8-horaire glissant en monoxyde de carbone pendant la campagne, sur deux sites

Les résultats présentés sur les graphiques ci-dessus mettent en avant des niveaux de monoxyde de carbone à la Métairie très faibles, proches des limites de détection. Ces niveaux sont par ailleurs bien inférieurs aux valeurs relevées sur le boulevard Victor-Hugo, site en proximité de trafic routier à Nantes.

Le monoxyde de carbone n'est plus un polluant préoccupant pour la qualité de l'air ambiant, même à proximité du trafic routier, sa valeur limite étant réglementairement fixée à 10 mg/m³ pour le maximum journalier de la moyenne 8-horaire glissante (toutes les heures, une moyenne sur 8 heures est calculée). Les niveaux enregistrés à l'école de la Métairie demeurent plus de 50 fois inférieurs à cette valeur réglementaire.

rose de pollution

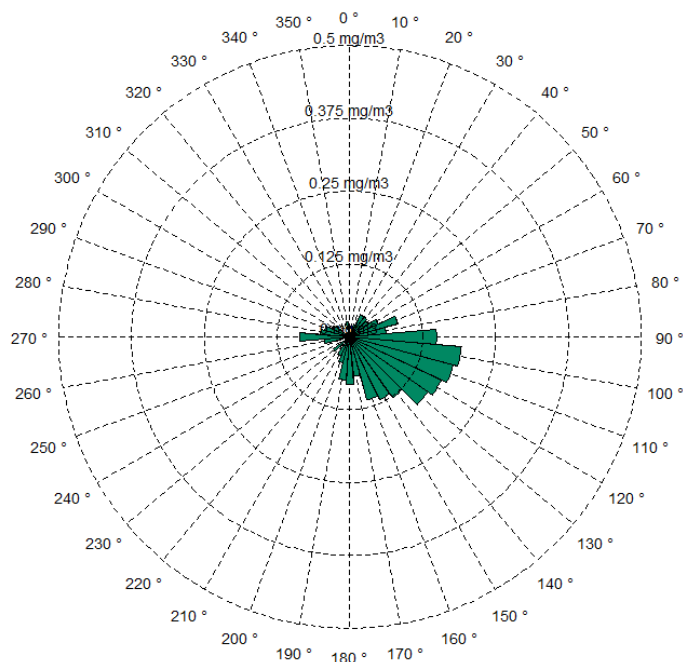


Figure 25 : rose de pollution au monoxyde de carbone sur le site de l'école de la Métairie (en moyenne)

La rose de pollution indique l'absence d'influence de l'UVE sur les niveaux de monoxyde de carbone relevés à la Métairie. Comme pour le dioxyde d'azote, on retrouve plutôt l'influence de l'agglomération Nantaise sur les niveaux moyens de ce polluant.

ozone évolution et dispersion des mesures

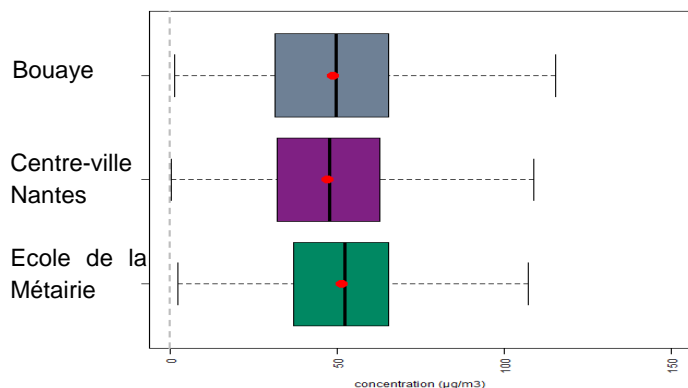


Figure 266 : distribution des mesures d'ozone sur la durée de la campagne, pour chaque site. La ligne noire représente la concentration médiane, le point rouge la moyenne

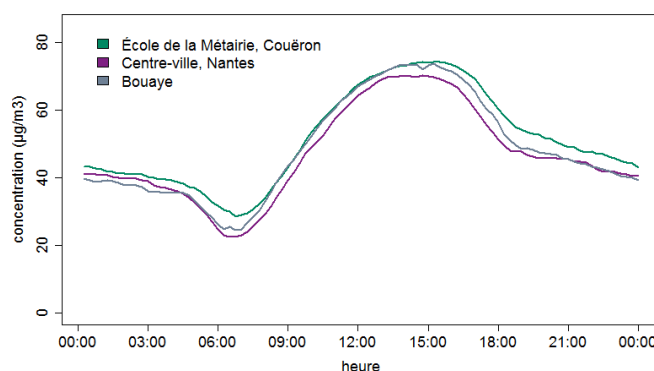


Figure 27 : jour moyen en concentration d'ozone, pour chaque site. La moyenne est calculée sur chaque point de mesure quart-horaire

Les figures 26 et 27 montrent que le niveau d'ozone au niveau de l'école de la Métairie se comporte, dans son évolution et dans sa dispersion statistique, de la même manière que des niveaux sur des sites non exposés à l'UVE. L'évolution du niveau d'ozone dans la journée est caractéristique : la nuit, la couche limite (plus basse couche de l'atmosphère) baisse entraînant une concentration des oxydes d'azote qui dégradent l'ozone, le matin, la couche limite monte, les oxydes d'azote sont moins concentrés, ils consomment moins d'ozone.

rose de pollution

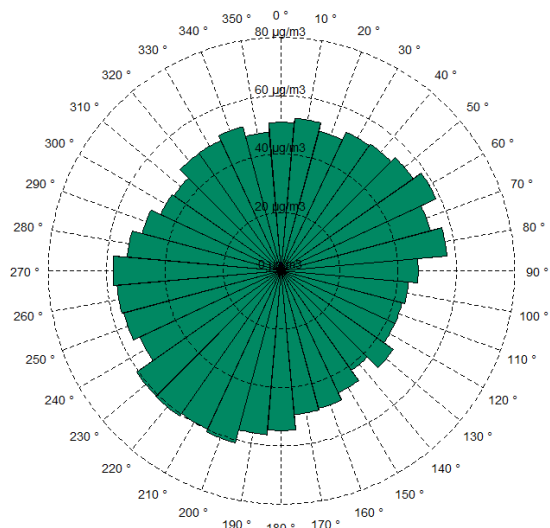


Figure 27 : rose de pollution à l'ozone sur le site de l'école de la Métairie (en moyenne)

La rose de pollution établie sur le site de La Métairie pour l'ozone ne met pas en évidence d'influence d'Arc-en-Ciel sur les niveaux de ce polluant (le secteur 200-220° n'est pas particulièrement déterminant).

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, 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 fines PM10 et de l'ozone.

Les résultats de la campagne de mesure menée du 5 septembre au 14 novembre 2018 montrent que dans l'environnement du centre de traitement et de valorisation des déchets Arc-en-Ciel :

- les valeurs de référence pour les métaux lourds réglementés (Arsenic, Cadmium, Plomb, Nickel) sont largement 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, Plomb, Nickel, Zinc, Manganèse, Mercure et Cuivre) dans son environnement n'est pas significative ;
- aucun lien de causalité n'a été établi entre les niveaux d'acide chlorhydrique 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 l'air environnant ;
- aucune augmentation significative des niveaux de dioxyde de soufre SO₂, dioxyde d'azote NO₂, monoxyde de carbone CO, particules fines PM10 ou ozone O₃ n'est observée dans le secteur de vent en provenance d'Arc-en-Ciel et les niveaux réglementaires sont respectés à Couëron.
- on ne peut pas conclure sur l'éventuelle influence des émissions de l'établissement lors de la phase de redémarrage sachant que le site de mesure n'était pas sous les vents de l'établissement.

En résumé, la campagne de mesure 2018 n'a pas montré d'influence notable des émissions d'Arc-en-Ciel sur les niveaux des différents polluants ciblés par Air Pays de la Loire. Par ailleurs, ces niveaux, relativement faibles au regard des normes en vigueur, correspondent à une qualité d'air représentative d'un milieu périurbain.

table des figures

Figure 1 : localisation des trois sites 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 et de filtres pour les métaux et le chlorures, en marron, le site de l'école de la Métairie, équipé comme les deux précédents et accueillant de plus un camion laboratoire (pour le NO ₂ , le SO ₂ , l'O ₃ les PM10 et le CO).....	5
Figure 2 : localisation des différentes 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. En bleu foncé, violet et rouge, voir Figure 1, en bleu ciel les stations du réseau, avec les polluants mesurés sur chacune d'entre elles, en vert le site de la Chauvinère, où a été installée une jauge de récupération d'eaux pluviales afin de déterminer le niveau de fond en dioxines et furanes.....	6
Figure 3 : localisation des jauges de récupérations d'eaux de pluie utilisées pour mesurer les retombées en dioxines et furanes dans les zones non influencées par Arc-en-Ciel (en bleu clair les jauges, en bleu foncé Arc-en-Ciel).....	7
Figure 4 : rose des vents calculée sur l'ensemble de la période de mesure (station météorologique de Nantes-Atlantique).....	13
Figure 5 : toxicité équivalente des dioxines et des furanes mesurées sur chaque site.....	15
Figure 6 : évolution des retombées en dioxines et furanes autour d'Arc-en-Ciel depuis 2003.....	16
Figure 7 : évolution des concentrations en chlorures particuliers durant les 7 périodes de la campagne, sur les 3 sites (en µg/m ³).....	18
Figure 8 : évolution des concentrations en chlorures gazeux durant les 7 périodes de la campagne, sur les 3 sites (en µg/m ³).....	18
Figure 9 : corrélation entre les concentrations moyennes en chlorures gazeux et l'influence totale d'Arc-en-Ciel sur le site de mesure (approximée par la part de la semaine où la direction du vent correspond à la direction "Arc-en-Ciel -> Site de mesure".....	19
Figure 10 : concentration moyenne en métaux lourds mesurée pendant la période de la campagne.....	20
Figure 11 : corrélation entre la concentration moyenne et la part de la semaine passée par le site sous le vent d'Arc-en-Ciel (pour l'arsenic, le cadmium et le nickel).....	21
Figure 12 : corrélation entre la concentration moyenne et la part de la semaine passée par le site sous le vent d'Arc-en-Ciel (pour le plomb, le chrome et le manganèse).....	21
Figure 13 : corrélation entre la concentration moyenne et la part de la semaine passée par le site sous le vent d'Arc-en-Ciel (pour le cuivre et le zinc).....	22
Figure 14 : évolution des concentrations en métaux lourds depuis 2005, pour chaque site autour d'Arc-en-Ciel..	23
Figure 15 : distribution des mesures de dioxyde d'azote sur la durée de la campagne, pour chaque site. La ligne noire représente la concentration médiane, le point rouge la moyenne.....	24
Figure 16 : jour moyen en concentration de NO ₂ , pour chaque site.....	24
Figure 17 : roses de pollution au NO ₂ sur le site de l'école de la Métairie (en moyenne à gauche, 98 ^{ème} percentile à droite).....	25
Figure 18 : distribution des mesures de particules fines PM10 sur la durée de la campagne, pour chaque site. La ligne noire représente la concentration médiane, le point rouge la moyenne.....	26
Figure 19 : évolution de la concentration en particules fines PM10 pendant la campagne (en moyenne journalière), pour chaque site.....	26
Figure 20 : roses de pollution au PM ₁₀ sur le site de l'école de la Métairie (en moyenne à gauche, 98 ^{ème} percentile à droite).....	27
Figure 21 : moyenne horaire des mesures en SO ₂ sur le site de l'école de la Métairie.....	28
Figure 22 : roses de pollution au dioxyde de soufre sur le site de l'école de la Métairie (en moyenne à gauche, 98 ^{ème} percentile à droite).....	28
Figure 23 : distribution des mesures de concentration en monoxyde de carbone pendant la campagne. La ligne noire est la médiane, le point rouge la moyenne.....	29
Figure 24 : évolution du niveau 8-horaire glissant en monoxyde de carbone pendant la campagne, sur deux sites.....	29
Figure 25 : rose de pollution au monoxyde de carbone sur le site de l'école de la Métairie (en moyenne).....	30
Figure 26 : distribution des mesures d'ozone sur la durée de la campagne, pour chaque site. La ligne noire représente la concentration médiane, le point rouge la moyenne.....	31
Figure 27 : jour moyen en concentration d'ozone, pour chaque site. La moyenne est calculée sur chaque point de mesure quart-horaire.....	31
Figure 28 : rose de pollution à l'ozone sur le site de l'école de la Métairie (en moyenne).....	31

table des tableaux

Tableau 1 : caractéristiques des 3 sites de mesure dans l'environnement d'Arc-en-Ciel	5
Tableau 2 : périodes de prélèvement pour la mesure des métaux lourds et des chlorures dans l'air, sur les 3 sites (école de la Métairie, Couëron et Saint-Jean-de-Boiseau)	9
Tableau 3 : périodes d'exposition des collecteurs d'eaux de pluie pour les dioxines et furanes	9
Tableau 4 : périodes d'exposition des collecteurs d'eaux de pluie pour les métaux et chlorures	9
Tableau 5 : typologie des sites, polluants étudiés et durée des prélèvements	10
Tableau 6 : caractéristiques météorologiques et nombre d'heures d'influence d'Arc-en-Ciel durant la campagne de mesure	13
Tableau 7 : toxicité équivalente totale (OTAN) sur chaque site	14
Tableau 8 : 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	17
Tableau 9 : valeurs cibles pour les métaux dans l'air.....	20

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, "Evaluation 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, "Etude 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

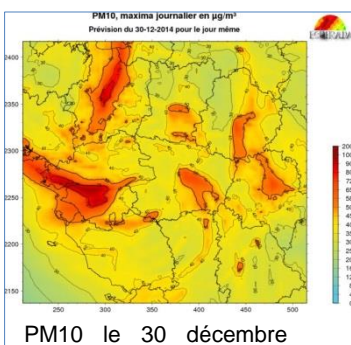
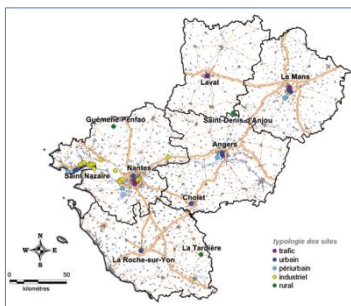
- annexe 1 : Air Pays de la Loire
- annexe 2 : techniques d'évaluation
- annexe 3 : types des sites de mesure
- annexe 4 : polluants
- annexe 5 : seuils de qualité de l'air 2018
- annexe 6 : laboratoires d'analyses

annexe 1 : Air Pays de la Loire

Dotée d'une solide expertise riche de trente ans d'expérience, Air Pays de la Loire est agréée par le Ministère de la Transition écologique et solidaire pour surveiller la qualité de l'air de la région des Pays de la Loire. Air Pays de la Loire regroupe de manière équilibrée l'ensemble des acteurs de la qualité de l'air : services de l'État et établissements publics, collectivités territoriales, industriels et associations et personnalités qualifiées.

Air Pays de la Loire mène deux missions d'intérêt général : surveiller et informer.

surveiller pour savoir et comprendre



l'air de la région sous haute surveillance

Fonctionnant 24 heures sur 24, le dispositif permanent de surveillance est constitué d'une trentaine de sites de mesure, déployés sur l'ensemble de la région : principales agglomérations, zones industrielles et zones rurales.

mesurer où et quand c'est nécessaire

Air Pays de la Loire s'est doté de systèmes mobiles de mesure (laboratoires mobiles, préleveurs...). Ces appareils permettent d'établir un diagnostic complet de la qualité de l'air dans des secteurs non couverts par le réseau permanent. Des campagnes de mesure temporaires et ciblées sont ainsi menées régulièrement sur l'ensemble de la région.

la fiabilité des mesures garantie

Les mesures de qualité de l'air consistent le plus souvent à détecter de très faibles traces de polluants. Elles nécessitent donc le respect de protocoles très précis. Pour assurer la qualité de ces mesures, Air Pays de la Loire dispose d'un laboratoire d'étalonnage, airpl.lab accrédité par le Cofrac et raccordé au Laboratoire National d'Essais.

simuler et cartographier la pollution

Pour évaluer la pollution dans les secteurs non mesurés, Air Pays de la Loire utilise des logiciels de modélisation. Ces logiciels simulent la répartition de la pollution dans le temps et l'espace et permettent d'obtenir une cartographie de la qualité de l'air. La modélisation permet par ailleurs d'estimer l'impact de la réduction, permanente ou ponctuelle, des rejets polluants. Elle constitue un outil d'aide à la décision pour les autorités publiques compétentes et les acteurs privés.

prévoir la qualité de l'air

Si le public souhaite connaître la pollution prévue pour le lendemain afin de pouvoir adapter ses activités, les autorités politiques ont, elles, besoin d'anticiper les pics de pollution pour pouvoir prendre les mesures adaptées. En réponse à cette attente, Air Pays de la Loire réalise des prévisions de la pollution atmosphérique grâce à la plateforme interrégionale ESERALDA.

informer pour prévenir



pics de pollution : une vigilance permanente

En cas d'épisode de pollution, une information spécifique est adressée aux autorités publiques, aux médias et à tous les internautes inscrits gratuitement. Suivant les concentrations de pollution atteintes, le préfet de département prend, si nécessaire, des mesures visant à réduire les émissions de polluants (limitations de vitesse, diminution d'activités industrielles...)

sur Internet : tous les résultats, tous les dossiers

Le site Internet www.airpl.org donne accès à de très nombreuses informations sur la qualité de l'air des Pays de la Loire. Elles sont actualisées toutes les heures. On y trouve les cartes de pollution et de vigilance, les communiqués d'alerte, les indices de la qualité de l'air, les mesures de pollution heure par heure, les actualités, toutes les publications d'Air Pays de la Loire...

annexe 2 : techniques d'évaluation

mesures des dépôts de dioxines et furanes

méthode

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



Collecteur installé sur site

période

Du 5 septembre au 14 novembre 2018 pour l'ensemble des sites de mesure.

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 équivalent totale.

mesures de dépôts de métaux, chlorures et sodium

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

période

Du 5 septembre au 14 novembre 2018 pour l'ensemble des sites de mesure.

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.

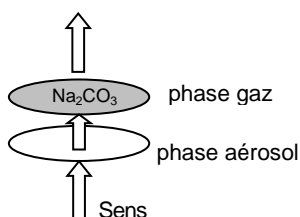
mesures des concentrations atmosphériques en chlorures particuliers et gazeux



Vue du préleveur de chlorures particuliers et 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**), par le Alpa Chimies. 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 $1\text{m}^3/\text{h}$ de $0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

analyse des filtres

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

Les concentrations en chlorures sur les filtres témoins (généralement inférieures à la limite de quantification) sont déduites des concentrations calculées pour les échantillons réels.

mesures des concentrations atmosphériques de métaux



Vue d'un système de prélèvement par filtre

méthode

Collecte des particules en suspension de diamètre inférieur à 10 μm (PM10) sur des filtres en fibre de quartz avec un débit de 1 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 Partisol spéciation (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	0,03
Cd	0,005	0,03
Cr	0,05	0,3
Cu	0,005	0,03
Mn	0,05	0,3
Ni	0,005	0,03
Pb	0,05	0,3
Zn	0,05	0,3

Limites de quantification

prise en compte des éventuelles contaminations

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

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

mesures des concentrations atmosphériques en dioxyde d'azote

méthode - normes

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

pas de temps :

Tous les quarts d'heure.

étalonnage :

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

mesures des concentrations atmosphériques en dioxyde de soufre

méthode - normes

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

pas de temps :

Tous les quarts d'heure.

étalonnage :

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

mesures des concentrations atmosphériques en monoxyde de carbone

méthode - normes

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

pas de temps :

Tous les quarts d'heure.

étalonnage :

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

mesures des concentrations atmosphériques en particules PM10

méthode – normes

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

pas de temps : Tous les quarts d'heure

mesures des concentrations atmosphériques en ozone

méthode - normes

L'ozone est mesuré par la technique de spectrométrie d'absorption UV selon la norme **NF EN 14625**.

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".

annexe 3 : types des sites de mesure

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



sites urbains

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



sites de trafic

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



sites industriels

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



sites ruraux

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

annexe 4 : 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 5 : seuils de qualité de l'air 2018

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 ⁽⁴⁾	-	-	-	-	-
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	-	40	-	30	10	2	-	50	0,25	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ADT 40 ⁽⁶⁾	6 000 ⁽⁶⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valeur cible	ADT 40 ⁽⁶⁾	18 000 ⁽⁶⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne annuelle	-	-	-	-	20	-	-	-	0,006	0,005	0,02	0,001	
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽⁷⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

(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 3ans
 (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 6 : laboratoires d'analyses

analyses de filtres et des retombées métaux

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 filtres chlorures

ALPA CHIMIES
49, rue Mustel
CS 34063
76022 ROUEN CEDEX 3
Accrédité par le COFRAC au titre de la norme NF EN ISO/CEI 17025 : 2005.

analyse des retombées dioxines et furanes

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.

glossaire

abréviations

Aasqa	Association agréée de surveillance de la qualité de l'air
Airpl.lab	Laboratoire d'étalonnage d'Air Pays de la Loire
As	arsenic
Cd	cadmium
CO	monoxyde de carbone
CO ₂	dioxyde de carbone
COV	composés organiques volatils
CTVD	Centre de Traitement et de Valorisation des Déchets
Cu	cuiivre
FDMS	Filter dynamics measurement system
Fe	fer
I-TEQ	équivalent toxiques dioxines et furanes
LCSQA	laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air
ng	nanogramme (= 1 milliardième de gramme)
Ni	nickel
NO	monoxyde d'azote
NO ₂	dioxyde d'azote
NO _x	oxydes d'azote (= dioxyde d'azote + monoxyde d'azote)
O ₃	ozone
OMS	Organisation mondiale de la santé
pg	picogramme
PM ₁₀	particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm
PM _{2,5}	particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm
PNSE	plan national santé environnement
PPA	plan de protection de l'atmosphère
Ppm	partie par million
PRSE	plan régional santé environnement
PRQA	plan régional pour la qualité de l'air
PSQA	programme de surveillance de la qualité de l'air
SO ₂	dioxyde de soufre
TEOM	tapered element oscillating microbalance
TU	temps universel
US EPA	Agence américaine de protection de l'environnement
UVE	Unité de valorisation énergétique
µg	microgramme (= 1 millionième de gramme)
Zn	zinc

définitions

AOT40	somme des différences entre les moyennes horaires supérieures à $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, calculée sur l'ensemble des moyennes horaires mesurées entre 8 h et 20 h de mai à juillet
heure TU	heure exprimée en Temps Universel (= heure solaire)
métaux réglementés	arsenic, cadmium, nickel, plomb
moyenne 8-horaire	moyenne sur 8 heures
percentile x	niveau de pollution respecté par x % des données de la série statistique considérée
taux de représentativité	pourcentage de données valides sur une période considérée
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, à atteindre là dans la mesure du possible sur une période donnée
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 limite	niveau maximale 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
seuil de recommandation et 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

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