



évaluation de la qualité de l'air

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

campagne 2013

mars 2014



sommaire

synthèse	1
introduction	6
le dispositif de surveillance	7
cinq sites de mesure.....	8
deux types d'indicateurs de la pollution atmosphérique	10
les périodes de mesure.....	10
récapitulatif.....	11
les résultats	12
situation météorologique.....	13
mesure des retombées atmosphériques	16
mesure des concentrations atmosphériques.....	21
conclusions	36
annexes	37
annexe 1 : Air Pays de la Loire	38
annexe 2 : techniques d'évaluation.....	39
annexe 3 : types des sites de mesure.....	44
annexe 4 : polluants	45
annexe 5 : seuils de qualité de l'air 2013.....	48
annexe 6 : évolution des concentrations en métaux dans l'air en fonction du nombre d'heures où le site de mesure se situe sous les vents de l'établissement.....	49
bibliographie	52
glossaire	54
abréviations	54
définitions.....	55

contributions

Coordination de l'étude : François Ducroz, Rédaction : Alexandre Algoët, Mise en page : Bérangère Poussin, Exploitation du matériel de mesure : Arnaud Tricoire et équipe métrologie opérationnelle, Photographies : Veolia Propreté, Arnaud Tricoire, Validation : François Ducroz et Arnaud rebours.

conditions de diffusion

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé pour assurer la surveillance de la qualité de l'air dans la région des pays de la Loire, au titre de l'article L. 221-3 du code de l'environnement, précisé par l'arrêté du 3 août 2013 pris par le Ministère chargé de l'Écologie.

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

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

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

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

remerciements

Nous remercions la mairie de Couëron et la mairie de Saint-Jean-de-Boiseau pour avoir accepté l'installation de notre matériel.

synthèse

contexte → une qualité de l'air réglementée

Chaque année, l'Unité de Valorisation Energétique (UVE) Arc-en-Ciel, située à Couëron (Loire-Atlantique) traite près de 240 000 tonnes de déchets de l'agglomération Nantaise [1].

Depuis les arrêtés préfectoraux du 2 juillet 1992 et du 14 avril 2003, une surveillance annuelle de la qualité de l'air autour de l'UVE, est exigée. Air Pays de la Loire a été retenu pour répondre à cette exigence et réalise, depuis 1997, une surveillance annuelle de la qualité de l'air dans l'environnement de l'établissement.

Deux types d'indicateurs sont ciblés par ce processus de surveillance :

- les 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 les dioxines et furannes, et les métaux lourds.

objectifs → suivi réglementaire et évaluation de l'impact d'Arc-en-Ciel

Cette surveillance annuelle a pour but :

- de comparer la qualité de l'air aux valeurs réglementaires,
- d'évaluer l'impact des émissions d'Arc-en-Ciel sur la qualité de l'air environnant.

moyens → une campagne d'évaluation aux techniques de mesures normalisées

deux indicateurs de pollution

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 ;
- les concentrations atmosphériques.

une campagne de mesure hivernale de 7 semaines : du 8 novembre au 26 décembre 2013

Durant la période de prélèvement, du 8 novembre au 26 décembre 2013, le fonctionnement de l'unité de valorisation énergétique a été nominal.

les polluants mesurés

Les polluants suivants émis par l'incinération des déchets ont été mesurés soit dans l'air soit dans les eaux de pluie à l'aide de différentes techniques de collecte et d'analyse normalisées selon la commande passée par l'établissement Arc-en-Ciel :

- **9 métaux** : As, Ni, Cd, Pb, Zn, Cr, Cu, Hg, Mn, analysés dans l'air et dans les eaux de pluie (normes FDT 90-119, NF EN ISO 5961, NF EN 1233, NF EN 1483, NF EN ISO 11-885) ;
- **l'acide chlorhydrique** via la mesure des chlorures analysés dans l'air (INRS 009 – NF ISO 10 304-2) et dans la précipitation (NF EN ISO 10304-2) ;
- **les dioxines et furannes**, dont les 17 congénères toxiques, analysés dans les eaux de pluie (Durif 2001 ; US EPA 1613) ;
- **le dioxyde d'azote** (NF EN 14211), **le monoxyde de carbone** (NF EN 14626), **le dioxyde de soufre** (NF EN 14212) et **les particules fines**, mesurés dans l'air.

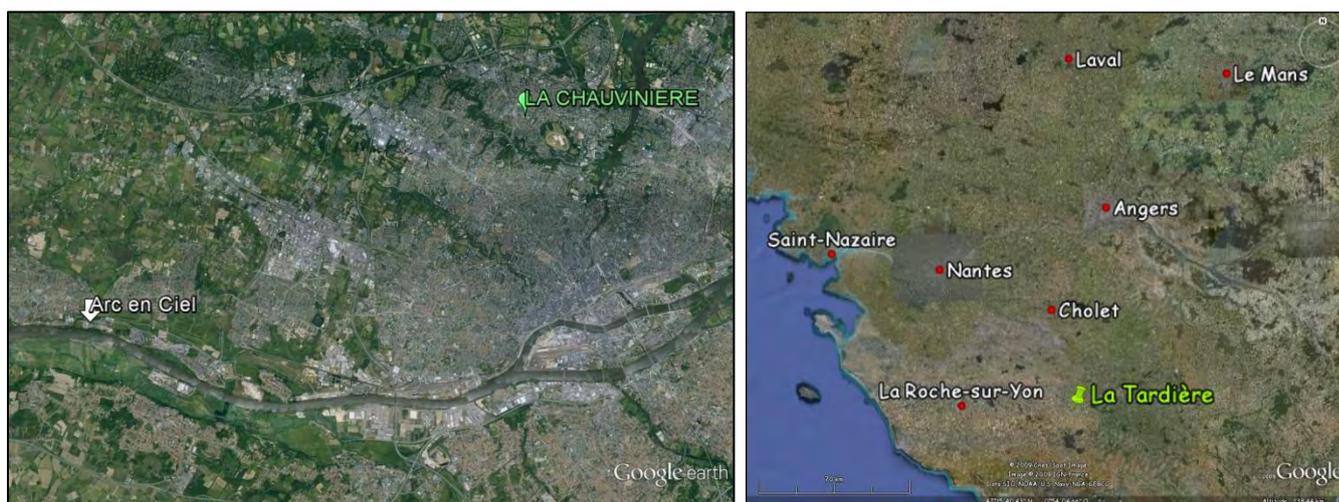
trois sites de mesure dans l'environnement d'Arc-en-Ciel



Localisation des 3 sites de mesure dans l'environnement d'Arc-en-Ciel

deux sites de mesure non influencés par les rejets de l'établissement

Deux sites de mesure non influencés par les rejets de l'établissement Arc-en-Ciel, le site urbain de la Chauvinière à Nantes et le site rural de la Tardière en Vendée ont également été instrumentés. Sur ces deux sites, des collecteurs de précipitations ont été installés pour la collecte et l'analyse des dioxines et furannes dans les eaux de pluie. Ces mesures permettent de comparer les dépôts de dioxines et furannes avec ceux relevés dans l'environnement de l'usine.

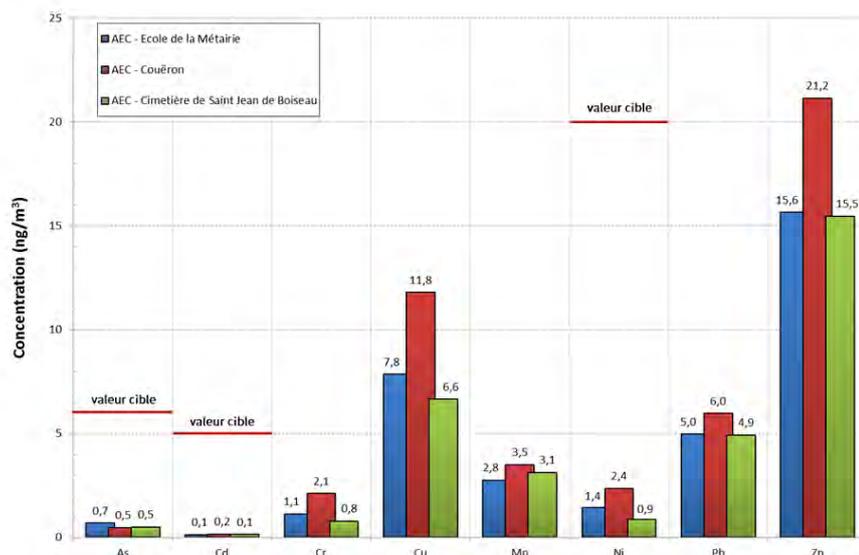


Localisation des sites de la Chauvinière (dans l'agglomération nantaise) et de la Tardière en Vendée

résultats

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

Les concentrations de métaux lourds mesurées dans l'environnement de l'établissement ont de fortes probabilités de respecter les valeurs cibles, que ce soit dans l'air ambiant (décret 2010 -1250 du 21/10/2010) ou dans les retombées atmosphériques (réglementations allemandes et suisses). A titre d'exemple, les concentrations atmosphériques en As, Ni, Cd et Pb mesurées sur les 7 semaines de campagne, représentent par extrapolation à l'année, au maximum 12% des valeurs réglementaires.



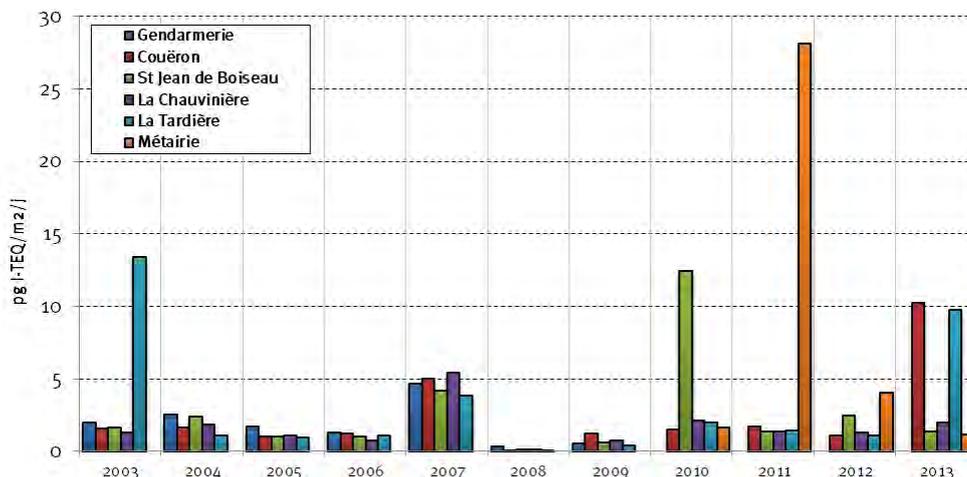
Concentrations moyennes en métaux lourds dans l'air ambiant en 2013 dans l'environnement d'Arc en Ciel

Les niveaux d'acide chlorhydrique (HCl) mesurés dans l'environnement d'Arc-en-Ciel, sont par extrapolation à l'année, plus de 100 fois plus faibles que la valeur limite fixée par la réglementation allemande à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (TA Luft, 1986).

Le maximum horaire en dioxyde d'azote NO_2 ($84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 9 décembre 2013) est resté inférieur au seuil de recommandation et d'information fixé à $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Concernant les particules fines PM_{10} , la procédure de recommandation et d'information a été déclenchée à plusieurs reprises en décembre 2013 (dépassement du seuil de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne 24-horaire), en lien avec des épisodes de pollution généralisés à l'ensemble de la région et non attribuables aux émissions d'Arc En Ciel.

dépôts de dioxines et furannes : pas d'impact décelable des émissions de l'établissement



Historique des dépôts totaux de dioxines et furannes (pg ITEQ / m² / j) mesurés dans l'environnement d'Arc-en-Ciel et sur les sites non influencés depuis 2003

Pendant la campagne de mesure 2013, les sites de Couëron et la Tardière montrent des niveaux de dioxines et furannes plus élevés. Néanmoins, l'étude des teneurs en dioxines et furannes à l'émission a montré des niveaux très faibles (0.009 ng/m³ ITEQ en novembre 2013). L'analyse des profils de répartition des dioxines et furannes étant comparable sur les 5 sites de mesure, et étant donné que le site de Couëron a en moyenne été exposé six fois moins longtemps que les autres sites aux vents en provenance d'Arc en Ciel, on peut donc raisonnablement penser que **ces niveaux ne sont pas dus aux émissions de l'établissement Arc-en-Ciel** et qu'ils sont vraisemblablement causés par des combustions parasites, hypothèse également applicable au site rural de la Tardière, non influencé par les activités de l'établissement.

D'une manière générale, les faibles niveaux de dépôts de dioxines et furannes relevés en 2013 (inférieurs à 10 pg I-TEQ/m²/jour) ainsi que l'homogénéité des concentrations sur les sites de Métairie et Saint-Jean-de-Boiseau, potentiellement impactés, suggèrent que **l'influence de l'établissement n'est pas visible sur les différents congénères étudiés à proximité de l'établissement**. La concordance des résultats avec l'historique de suivi de l'environnement d'Arc-en-Ciel tend à confirmer cette conclusion. Le dépôt mesuré en 2011 à l'école de la Métairie de 28 pg I-TEQ/m²/j, lié à la présence d'une source de combustion de matières organiques, probablement de déchets verts, n'est plus détectée en 2012 [36] et 2013.

pas d'impact significatif des émissions de l'établissement sur la qualité de l'air environnant

L'étude du potentiel impact de l'établissement Arc-en-Ciel sur la qualité de l'air environnant a été réalisée à partir de la rose de pollution des niveaux de pointe pour le dioxyde d'azote (ci-dessous), le dioxyde de soufre, les particules PM₁₀ et le monoxyde de carbone. Cette représentation indique l'intensité de la pollution mesurée en fonction de la direction des vents et permet d'identifier les secteurs de vent pour lesquels la concentration est maximale.



Rose de pollution des niveaux de pointe (percentile 98) en dioxyde d'azote NO₂ à l'École de la Métairie

Concernant le dioxyde d'azote NO₂, les particules fines PM₁₀, le dioxyde de soufre SO₂, et le monoxyde de carbone CO, aucune des roses de pollution ne fait apparaître d'élévation des niveaux de pointe dans le secteur de vent en provenance d'Arc-en-Ciel.

Ceci suggère que l'impact de l'établissement n'est pas significatif sur les concentrations de NO₂, SO₂, PM₁₀ ni CO dans son environnement et durant la campagne de mesure.

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 des 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 et des particules fines PM10.

Les résultats de la campagne de mesure menée du 8 novembre au 26 décembre 2013 montrent des niveaux de pollution qui respectent la réglementation et comparables à ceux enregistrés en milieu urbain non influencé.

D'après les résultats de la campagne de mesure menée du 8 novembre au 26 décembre 2013 :

- l'influence de l'établissement sur les niveaux de dioxines et furannes dans l'air environnant n'est pas apparue significative, les concentrations plus élevées mesurées au niveau du stade des Ardillets à Couëron et à la Tardière (site rural) étant probablement dues à des combustions de matières organiques ;
- les concentrations en métaux lourds, relevées aussi bien dans les retombées atmosphériques que dans l'air ambiant, restent faibles et sont inférieures aux valeurs réglementaires ;
- aucune relation de corrélation n'a été mise en évidence entre les niveaux de chlorure d'hydrogène dans l'air et les rejets de l'UVE ;
- aucune augmentation significative des niveaux de dioxyde de soufre SO₂, dioxyde d'azote NO₂, monoxyde de carbone CO ou particules fines PM10 n'est observée dans le secteur de vent en provenance d'Arc-en-Ciel.

En résumé, la campagne de mesure 2013 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.

introduction

Située sur la commune de Couëron, l'Unité de Valorisation Energétique (UVE) Arc-en-Ciel traite, chaque année, près de 240 000 tonnes de déchets [1]. Ce site est notamment doté d'un centre de traitement et de valorisation des déchets qui lui permet de valoriser 98% des déchets ménagers réceptionnés et de produire annuellement 13 000 MWh électriques [1].

Depuis les arrêtés préfectoraux du 2 juillet 1992 et du 14 avril 2003, une surveillance annuelle de la qualité de l'air autour de l'UVE, est exigée.

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 rajoutée la mesure des dépôts totaux en dioxines et furannes 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. Il est positionné de manière à discriminer l'influence potentielle de l'établissement Arc-en-Ciel par rapport à d'autres sources de polluants.

Ce rapport rassemble les résultats de la campagne de mesure qui s'est déroulée du 8 novembre au 26 décembre 2013. Il présente successivement :

- le dispositif de mesure mis en œuvre ;
- 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.

le dispositif de surveillance

Arc en Ciel, en commandant cette campagne d'évaluation, a donné son accord sur la nature du dispositif et des méthodes de mesure employées.

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 Energétique. 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, chlorure d'hydrogène, oxydes d'azote, dioxyde de soufre, particules PM10, monoxyde de carbone, dioxines et furannes) 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.

cinq sites de mesure

trois sites de prélèvement localisés dans les zones de retombées maximales



Figure 1 : localisation des 3 sites de mesure situés dans l'environnement d'Arc-en-Ciel

N° Site	Nom	Adresse	Distance à l'UVE
1	Ecole de la Métairie	Rue de Trevellec, Couëron	1 100 m au nord nord-est
2	Couëron	Ancienne prison de Couëron, près du stade des Ardilletts	940 m à l'ouest nord-ouest
3	St-Jean-de-Boiseau	Cimetière de St-Jean-de-Boiseau	1 800 m 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 : cimetière de St-Jean-de-Boiseau

deux sites non influencés par Arc-en-Ciel

Deux sites de mesure non influencés par les rejets de l'UVE, le site urbain de la Chauvinière à Nantes et le site rural de la Tardière en Vendée, ont été dotés de collecteurs de précipitations permettant notamment la collecte et l'analyse des dioxines et furannes dans les eaux de pluie. Les mesures enregistrées sur ces deux sites fournissent une référence pour les valeurs de dépôts de dioxines et furannes en environnement urbain et rural, durant la période d'étude.

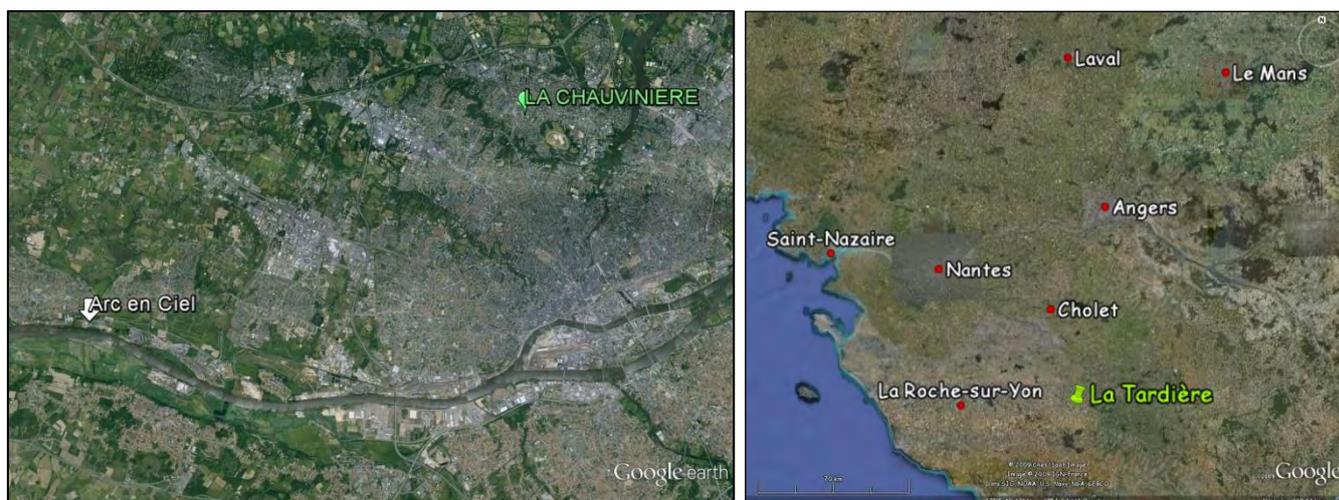


Figure 2 : localisation des sites de la Chauvinière et de la Tardière

deux types d'indicateurs de la pollution atmosphérique

les concentrations atmosphériques

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

- **9 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), mercure (Hg), 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 (Cl)** en phase aérosols (sels de mer) et le chlorure d'hydrogène (HCl) ;
- **les oxydes d'azote NOx, le dioxyde de soufre SO₂, les particules fines PM10 ainsi que le monoxyde de carbone CO** ont été mesurés sur le site de l'École de la Métairie.

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 St-Jean-de-Boiseau) pour une analyse en laboratoire des métaux, des chlorures et sodium et des dioxines et furannes.

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

Une description complète des techniques de collecte et d'analyse ainsi que des normes utilisées sont reportées en [annexe 2](#).

les périodes de mesure

Cette campagne d'évaluation s'est déroulée **du 8 novembre 2013 au 26 décembre 2013**. Le tableau 2 présente les périodes de prélèvement des métaux lourds et du chlorure d'hydrogène dans l'air. Les périodes de mesure des retombées atmosphériques sont résumées dans le tableau 3.

Les mesures par analyseurs automatiques (NOx, SO₂, CO, PM₁₀) ont été réalisées du 8 novembre au 26 décembre 2013.

Période	Date début	Date fin
S1	08/11/13	14/11/13
S2	14/11/13	21/11/13
S3	21/11/13	28/11/13
S4	28/11/13	05/12/13
S5	05/12/13	12/12/13
S6	12/12/13	19/12/13
S7	19/12/13	26/12/13

Tableau 2 : périodes de prélèvement pour la mesure des métaux lourds et du chlorure d'hydrogène dans l'air, sur les 3 sites de l'École de la Métairie, Couëron et St-Jean-de-Boiseau

Site	Date début	Date fin
Sur les 3 sites de l'environnement de l'UVE	12/11/13	26/12/13
Site de la Chauvinière	12/11/13	26/12/13
Site de la Tardière	12/11/13	26/12/13

Tableau 3 : périodes d'exposition des collecteurs d'eaux de pluie

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, PM ₁₀	dioxines et furannes	métaux*	ions chlorures et sodium
Ecole de la Métairie	Industriel	X	X	X (en continu)	X	X	X
Couëron	industriel	X	X		X	X	X
St-Jean-de-Boiseau	industriel	X	X		X	X	X
La Chauvinière	urbain (non influencé)				X		
La Tardière	rural (non influencé)				X		

X 7 séquences hebdomadaires du 08/11/13 au 26/12/13

X 6 semaines d'exposition du 12/11/13 au 26/12/13

Tableau 4 : typologie des sites, polluants étudiés et durée des prélèvements

* As, Cd, Cr, Cu, Mn, Hg, Ni, Pb, Zn

les résultats

La présentation des résultats de mesure s'articule autour des 3 axes suivants :

- les conditions météorologiques observées durant la campagne d'évaluation ;
- l'interprétation des résultats des retombées atmosphériques ;
- l'interprétation des résultats des concentrations des différents polluants mesurées dans l'air.

situation météorologique

précipitations, températures, insolation

Au niveau de l'agglomération Nantaise, le mois de novembre 2013 est rythmé par des épisodes pluvieux importants et de fortes gelées en fin de mois. Ce constat est confirmé par les relevés, avec des températures légèrement inférieures aux normales de saison (en moyenne - 0,5°C sur la température maximale moyenne), un ensoleillement déficitaire (environ - 10%), et des précipitations excédentaires (environ + 30% par rapport aux normales de saison, principalement en début de mois).

Si la présence d'un anticyclone a fait profiter l'agglomération Nantaise d'une situation météorologique majoritairement calme et sèche de la fin novembre jusqu'à mi-décembre, un ensemble dépressionnaire a ensuite provoqué l'apparition de pluies abondantes et de vents forts, conclue par le passage de la tempête « Dirk » lors de la 4^{ème} décennie. En moyenne, le mois de décembre 2013 se caractérise par un ensoleillement et des précipitations excédentaires (respectivement +54% et +35% par rapport aux normales de saison) et des températures supérieures aux normales saisonnières.

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 de Nantes-Atlantique (propriété de Météo France), 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. A noter que des secteurs de faible écart angulaire (+/- 10°) sont considérés afin de respecter le caractère directionnel du panache.

		Nombre d'heures d'influence			Profil des roses des vents hebdomadaires
		École de la Métairie	Couëron	St-Jean-de-Boiseau	
période	dates	200°-220°	105°-125°	30°-50°	
S1	08/11/13 au 14/11/13	3	0	6	<p>Rose des vents à Nantes du 8 au 14 novembre 2013</p>
S2	14/11/13 au 21/11/13	2	0	26	<p>Rose des vents à Nantes du 14 au 21 novembre 2013</p>

S3	21/11/13 au 28/11/13	0	0	7	<p>Rose des vents à Nantes du 21 au 28 novembre 2013</p>
S4	28/11/13 au 05/12/13	0	0	4	<p>Rose des vents à Nantes du 28 novembre au 5 décembre 2013</p>
S5	05/12/13 au 12/12/13	0	5	2	<p>Rose des vents à Nantes du 5 au 12 décembre 2013</p>
S6	12/12/13 au 19/12/13	10	2	0	<p>Rose des vents à Nantes du 12 au 19 décembre 2013</p>

S7	19/12/13 au 26/12/13	25	0	0	
		40	7	45	

Tableau 5 : 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 secteurs nord à 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.

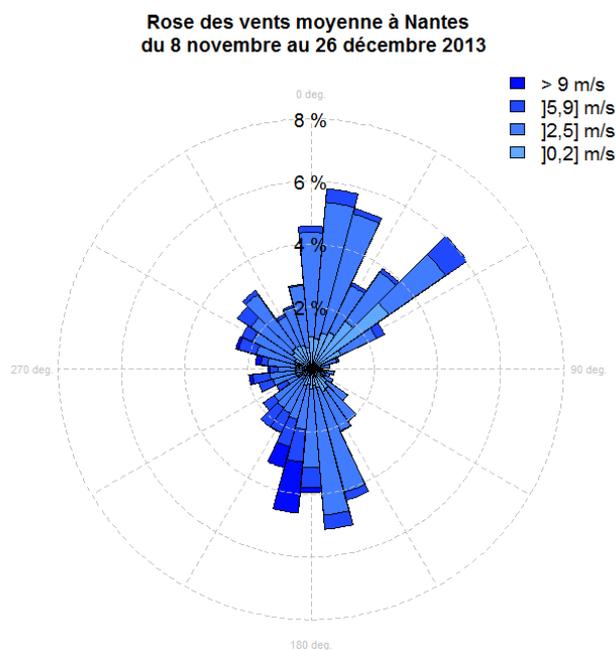


Figure 3 : rose des vents calculée sur l'ensemble de la période de mesure (du 8 novembre au 26 décembre 2013)

mesure des retombées atmosphériques

mesure des dépôts de dioxines et furannes contribution des 17 congénères à la toxicité totale

La figure suivante représente la contribution relative de chacun des congénères à la concentration totale des prélèvements réalisés.

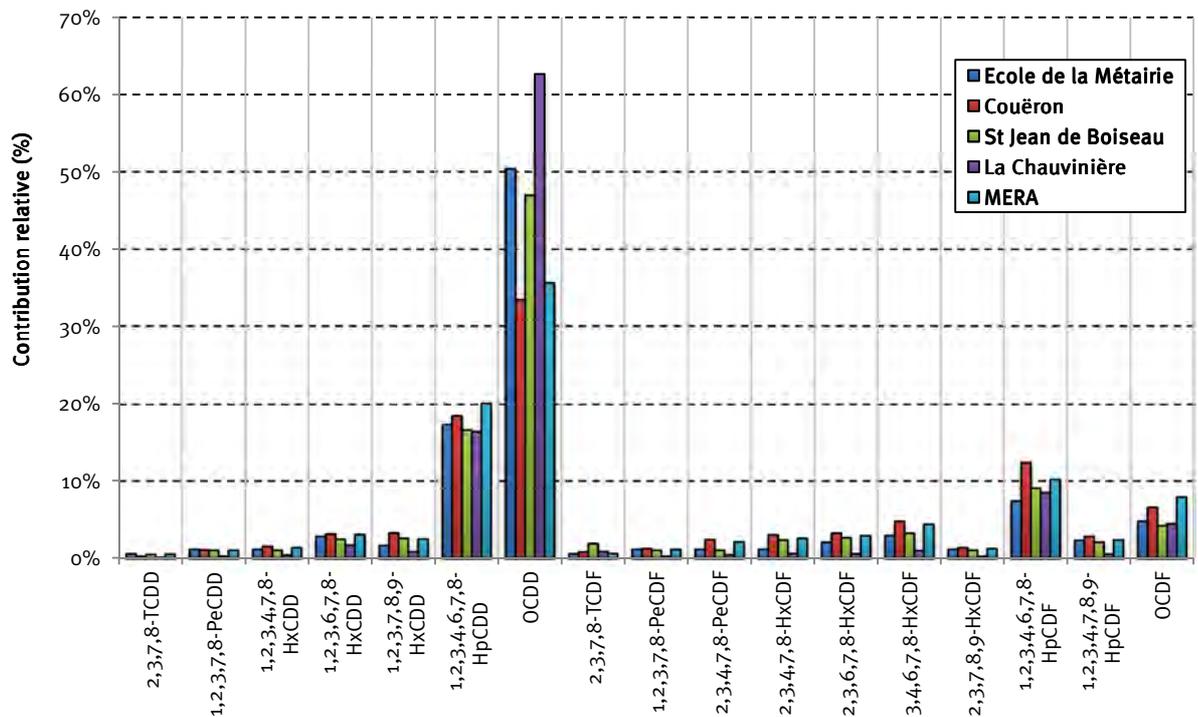


Figure 4 : contributions relatives de chaque congénère à la concentration totale des prélèvements réalisés pendant la campagne de mesure 2013

Les contributions relatives des dioxines et furannes sont globalement comparables pour l'ensemble des sites de mesure.

Le congénère majoritaire est l'Octachloro-dibenzo-dioxine OCDD. Il représente entre 30 % et 60 % de la concentration totale pour l'ensemble des sites. Ce composé est le moins toxique des 17 congénères. Cette prépondérance de l'OCDD enregistrée en 2013 est en accord avec les mesures faites les années passées et dans l'environnement de centres de traitement et de valorisation d'autres régions [6-15] [30-36].

Les analyses ont également montré que les 2 dioxines, la 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzodioxine (2,3,7,8-TCDD) et la 1,2,3,7,8 Pentachlorodibenzodioxine (1,2,3,7,8-PeCDD), considérées comme ayant le plus fort potentiel toxique, sont détectées à l'état de traces sur chacun des sites, leur concentration est donc négligeable.

historique

La figure ci-dessous présente l'évolution des niveaux de dioxines et furannes (en pg I-TEQ/m²/j) enregistrés depuis 2003 sur les sites de Couëron, St-Jean-de-Boiseau, La Chauvinière et la Tardière. Signalons que pour des raisons techniques, le site de la Gendarmerie a été transféré à l'école de la Métairie en 2010.

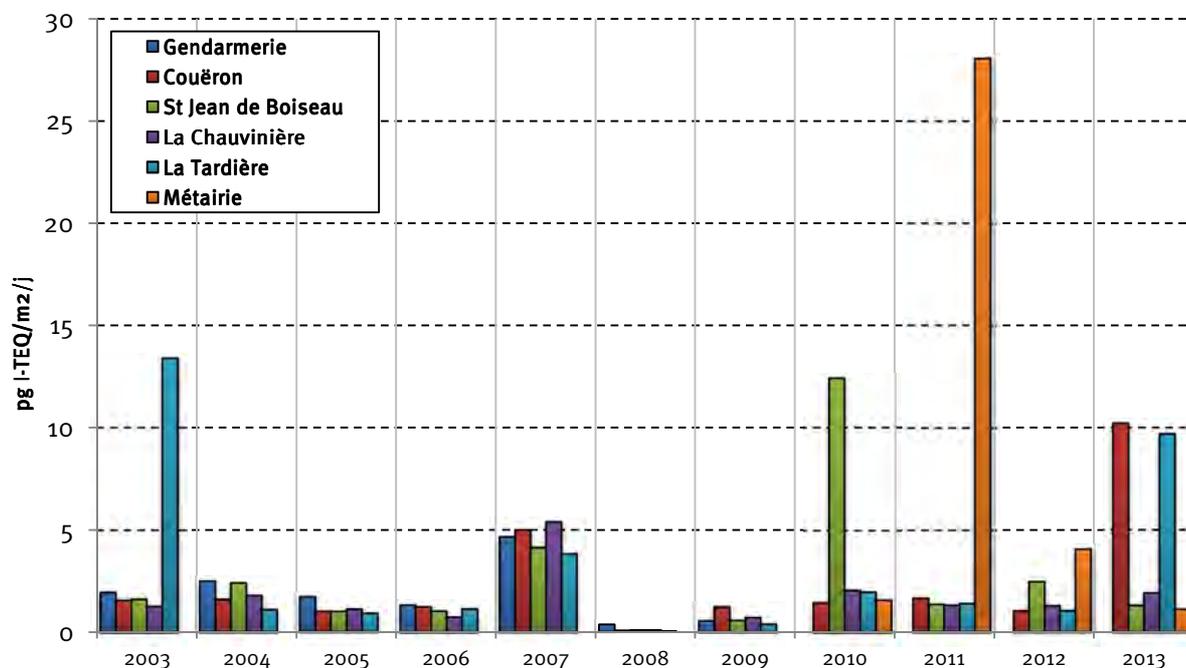


Figure 5 : historique des dépôts totaux de dioxines et furannes (pg I-TEQ/m²/j) mesurés dans l'environnement d'Arc-en-Ciel et sur les sites non influencés depuis 2003 [9 - 15], [34 - 36]

Le dépôt mesuré en 2011 à l'école de la Métairie de 28 pg I-TEQ/m²/j lié à la présence d'une source de combustion de matières organiques, probablement de déchets verts, en complément des émissions industrielles [35] n'est plus détectée en 2012 [36] et 2013. En effet, les niveaux enregistrés en 2013 sur l'ensemble des sites sont globalement inférieurs à 10 pg I-TEQ/m²/j et homogènes, hormis pour les sites de mesure de Couëron et de La Tardière.

Le site de Couëron montre un niveau de dioxines et furannes plus élevé. Néanmoins, l'étude des teneurs en dioxines et furannes à l'émission a montré des niveaux très faibles (0.009 ng/m³ ITEQ en novembre 2013). Ces concentrations à l'émission respectent largement la valeur réglementaire de 0.1 ng/m³ ITEQ. L'analyse des profils de répartition des dioxines et furannes étant comparable sur les 5 sites de mesure (cf. Figure 4), et étant donné que le site de Couëron a en moyenne été exposé six fois moins longtemps que les autres sites aux vents en provenance d'Arc-en-Ciel (cf. Tableau 5), on peut donc raisonnablement penser que ces niveaux ne sont pas dus aux émissions de l'établissement Arc-en-Ciel et qu'ils sont vraisemblablement causés par des combustions parasites.

Le site de la Tardière montre également des niveaux de dioxines et furannes plus élevés. Néanmoins, étant donné qu'il s'agit d'un site de mesure rural non influencé par les activités d'Arc-en-Ciel, ces niveaux ont également été probablement causés par des combustions parasites.

D'une manière générale, les niveaux de dioxines et furannes relevés en 2013 sont comparables à ceux mesurés les années précédentes (hormis sites de Couëron et La Tardière), pour lesquelles aucune influence significative des émissions d'Arc-en-Ciel sur les dépôts de dioxines et furannes n'avait été détectée.

comparaison à d'autres études

Les dépôts mentionnés dans la bibliographie sont habituellement exprimés en dépôts d'équivalents toxiques (pg ITEQ /m²/j). Le graphique suivant représente une synthèse des niveaux de dépôts de dioxines et furannes en équivalent mesurés par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air dans différents environnements depuis 2006 [33].

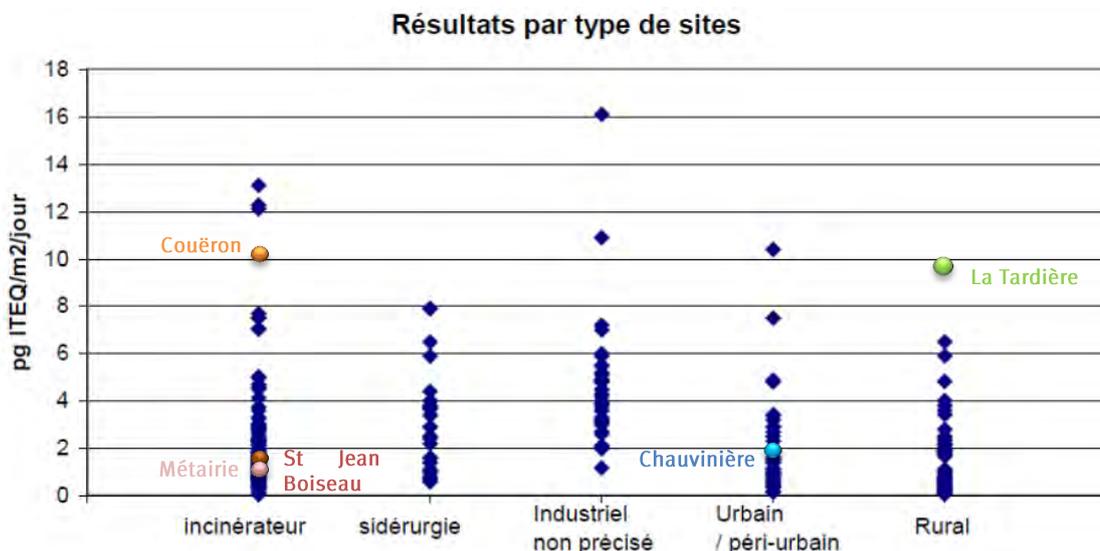


Figure 6 : historique des dépôts totaux (pg ITEQ /m²/j) mesurés de 2006 à 2010 par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air [33].

Cette synthèse montre des niveaux de dépôt totaux comparables d'une typologie de site à l'autre avec des niveaux inférieurs à 20 pg ITEQ/m²/j. Il est à noter que les dépôts les plus faibles sont enregistrés sur les sites ruraux.

D'une manière générale, ces dépôts restent très inférieurs à ceux mesurés avant la mise aux normes des centres de valorisation des déchets, où des dépôts supérieurs à 100 pg-ITEQ/m²/j pouvaient être mesurés [3, 5].

La comparaison des dépôts mesurés durant l'étude de 2013 avec ceux mentionnés dans la bibliographie montre :

- à la Chauvinière (site urbain), des dépôts dans la fourchette basse de ceux enregistrés sur le même type de site ;
- à la Tardière (site rural), des dépôts plus élevés que ceux enregistrés sur le même type de site, mais sans influence notable de l'établissement Arc-en-Ciel. Comme indiqué précédemment une combustion parasite est certainement la cause de ces niveaux plus élevés ;
- dans l'environnement de l'établissement Arc-en-Ciel, des dépôts faibles (globalement inférieurs à 10 pg ITEQ /m²/j) se situant dans la fourchette basse de ceux mesurés sur d'autres sites proches de centres de traitement, excepté pour le site de mesure de Couëron où des combustions parasites ont probablement contribué à l'augmentation des concentrations ;

En conclusion, l'influence du CTVD n'est pas visible sur les différents congénères étudiés à proximité de l'établissement. La concordance des résultats avec l'historique de suivi de l'environnement d'Arc-en-Ciel tend à confirmer cette conclusion.

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

L'inventaire d'émissions régional BASEMIS® élaboré par Air Pays de la Loire permet d'avoir une vision des principaux secteurs émetteurs de métaux à l'échelle de Nantes Métropole (cf. figure suivante). Cu, Zn, Pb et dans une moindre mesure Ni et Cr sont les métaux les plus émis par les différentes activités anthropiques. Les émissions naturelles de métaux ne sont pas prises en compte dans l'inventaire régional et peuvent être importantes notamment pour le Zinc qui présente une source terrigène significative. Le Zinc est également un indicateur d'activité des traitements de déchets.

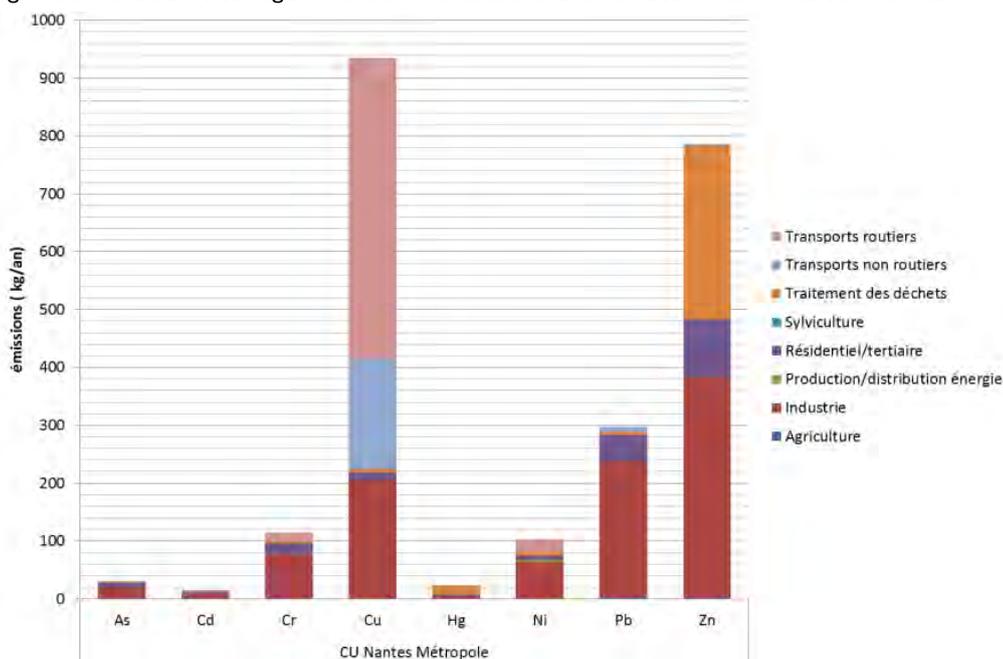


Figure 7 : émissions anthropiques annuelles de métaux lourds (kg/an) en 2008 (source Air Pays de la Loire-BASEMIS)

Les résultats d'analyse des prélèvements réalisés à la Métairie, à Couëron et à St-Jean-de-Boiseau, sont reportés dans le tableau ci-dessous :

ANALYSES		UNITES	Métairie (total)	Métairie (retombées solubles)	Couëron (total)	Couëron (retombées solubles)	St Jean de Boiseau (total)	St Jean de Boiseau (retombées solubles)
Arsenic	As	µg.m(-2).j(-1)	0,20	0,20	0,53	0,32	-	-
Cadmium	Cd	µg.m(-2).j(-1)	-	-	0,85	0,74	-	-
Chlorures	Cl	mg.m(-2).j(-1)	-	9,24	-	8,05	-	5,95
Chrome	Cr	µg.m(-2).j(-1)	0,30	-	0,74	0,11	0,22	-
Cuivre	Cu	µg.m(-2).j(-1)	1,89	1,19	3,39	2,44	0,77	0,44
Manganèse	Mg	µg.m(-2).j(-1)	4,57	2,98	38,13	34,95	17,63	16,52
MES*		mg.m(-2).j(-1)	9,93	-	22,24	-	-	-
Mercurure	Hg	µg.m(-2).j(-1)	-	-	-	-	-	-
Nickel	Ni	µg.m(-2).j(-1)	0,60	0,50	0,74	0,32	0,44	0,33
Plomb	Pb	µg.m(-2).j(-1)	0,50	0,30	3,92	1,69	0,55	0,11
Sodium	Na	mg.m(-2).j(-1)	-	4,27	-	4,13	-	3,53
Zinc	Zn	mg.m(-2).j(-1)	4,77	3,87	28,60	24,36	4,85	4,08

*: particules en suspension

Tableau 6 : retombées totales et solubles en métaux lourds, en ions chlorures et en sodium dans l'environnement d'Arc-en-Ciel pendant la campagne de mesures 2013

Les retombées totales en métaux lourds, exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$, sont reportées dans la figure suivante :

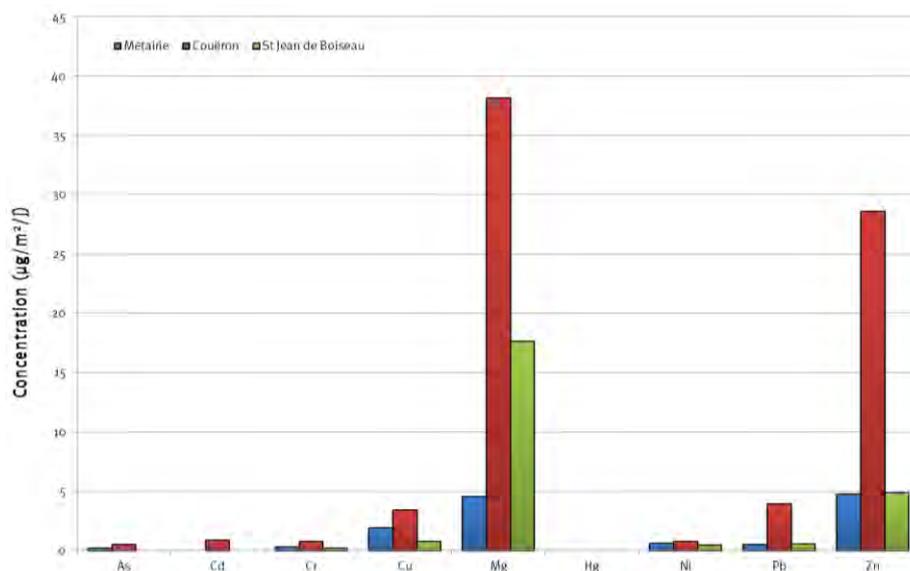


Figure 8 : retombées totales en métaux lourds dans l'environnement d'Arc-en-ciel relevés lors de la campagne de mesure 2013

D'après ces résultats, le manganèse et le zinc sont les métaux majoritaires sur les 3 sites de mesure.

On note un flux de manganèse supérieur à $35 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ à Couëron. L'analyse de corrélation entre ces niveaux et les durées d'exposition des 3 sites aux vents en provenance d'Arc-en-Ciel montre que le site de Couëron est le moins exposé aux rejets de l'établissement. L'UVE n'est donc pas à l'origine de ce flux en manganèse, de même que le flux de zinc, supérieur d'un facteur 5 aux autres sites.

A l'heure actuelle, il n'existe pas en France de valeurs réglementaires pour les métaux lourds présents dans les retombées atmosphériques. A 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 2013	Valeurs réglementaires allemandes et suisses
Arsenic	0,6 et 0,7	0,05 – 1,3	0,20 – 0,53	4
Cadmium	0,2 – 0,9	0,3 – 3,0	0 – 0,85	2
Chrome	1,7 – 6,7	1,8 – 17,6	0,22 – 0,74	-
Cuivre	3,5 – 9,5	2,1 – 67,9	0,77 – 3,39	-
Manganèse	7,2 – 14,7	8,5 – 24,6	4,57 – 38,13	-
Nickel	1,6 – 3,7	1,0 – 22,9	0,44 – 0,74	15
Plomb	3,3 – 10,3	0,4 – 106	0,5 – 3,92	100
Zinc	17,8 – 219	10 – 285	4,77 – 28,6	400

Tableau 7 : 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.

D'après ce tableau, les flux de dépôts de métaux lourds relevés en 2013 correspondent aux ordres de grandeur des niveaux habituellement enregistrés en zone rurale, excepté pour le manganèse où les niveaux mesurés sont plus élevés.

Par ailleurs, la comparaison des données de 2013 avec les seuils réglementaires existants en Allemagne et en Suisse montre que les niveaux rencontrés dans l'environnement de l'établissement sont plusieurs dizaines de fois plus faibles dans le cas de l'arsenic, du nickel et du zinc et plus de 20 fois inférieurs pour le plomb à ces valeurs de référence.

mesure des concentrations atmosphériques

chlorures particulaires et chlorure d'hydrogène

Les figures suivantes présentent l'évolution des concentrations en chlorure particulaire et chlorure d'hydrogène relevées sur chacune des 7 périodes d'échantillonnage.

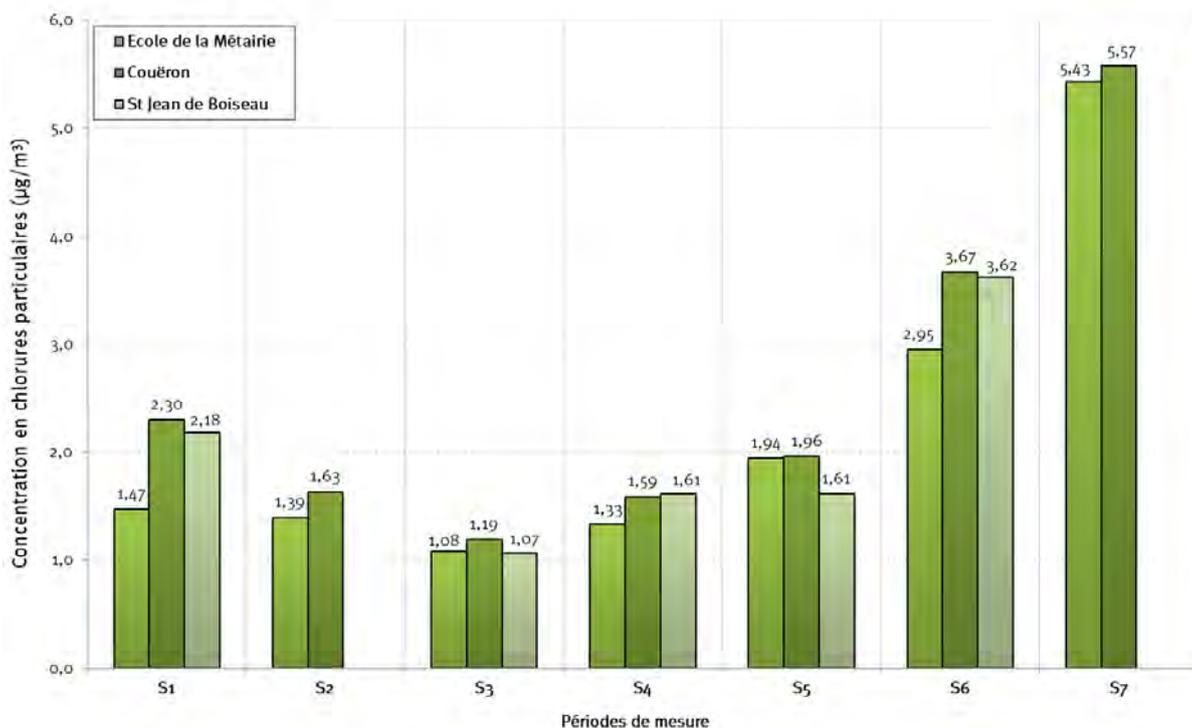


Figure 9 : évolution des concentrations en chlorure particulaire durant les 7 semaines de mesure sur les 3 sites

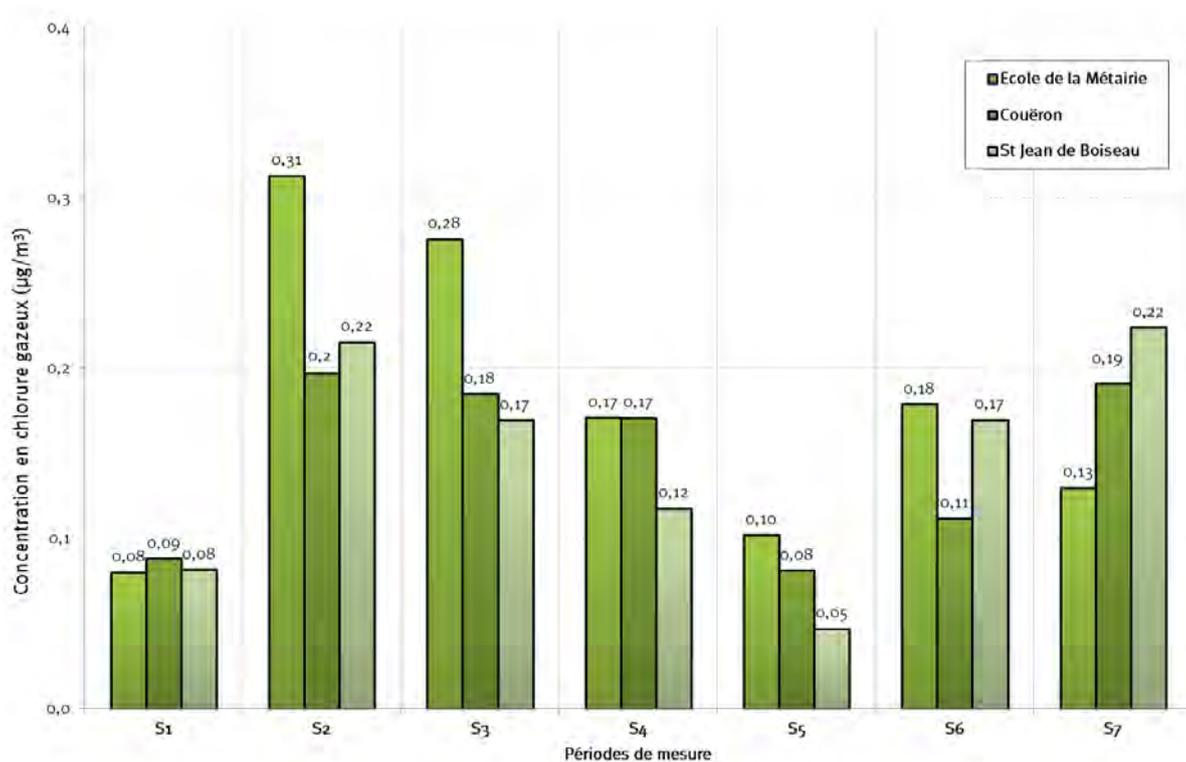


Figure 10 : évolution des concentrations en chlorure gazeux durant les 7 semaines de mesure sur les 3 sites

chlorures particulaires

Les chlorures particulaires proviennent essentiellement des embruns marins en provenance de l'océan. D'après la figure 9, leurs concentrations sont majoritairement homogènes sur les 3 sites de mesure, durant toute la campagne de mesure, avec des niveaux évoluant de l'état de traces à près de $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La variation temporelle des niveaux est à mettre en relation avec la direction et la force des vents, les vents forts de secteur sud-ouest en provenance de l'océan étant favorables à l'élévation des niveaux observée, notamment lors des semaines 6 et 7.

chlorure gazeux

Les niveaux relevés en 2013 sont demeurés faibles du même ordre de grandeur que ceux enregistrés les années précédentes. En Allemagne, la réglementation de la TA Luft a fixé en 1986, une valeur limite de chlorures dans l'air ambiant (en moyenne annuelle) à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les niveaux recensés dans l'environnement d'Arc-en-Ciel lors de la campagne de 2013, sont plus de 100 fois plus faibles que cette limite.

évaluation de l'impact d'Arc-en-Ciel sur les teneurs en HCl

La figure suivante présente les concentrations en chlorure gazeux relevées sur chacun des 3 sites, en fonction du nombre d'heures durant lesquelles ces sites ont été sous les vents de l'établissement Arc-en-Ciel.

D'après ce graphique, globalement aucune relation de causalité n'apparaît entre les concentrations enregistrées et la durée pendant laquelle les sites ont été sous les vents de l'établissement.

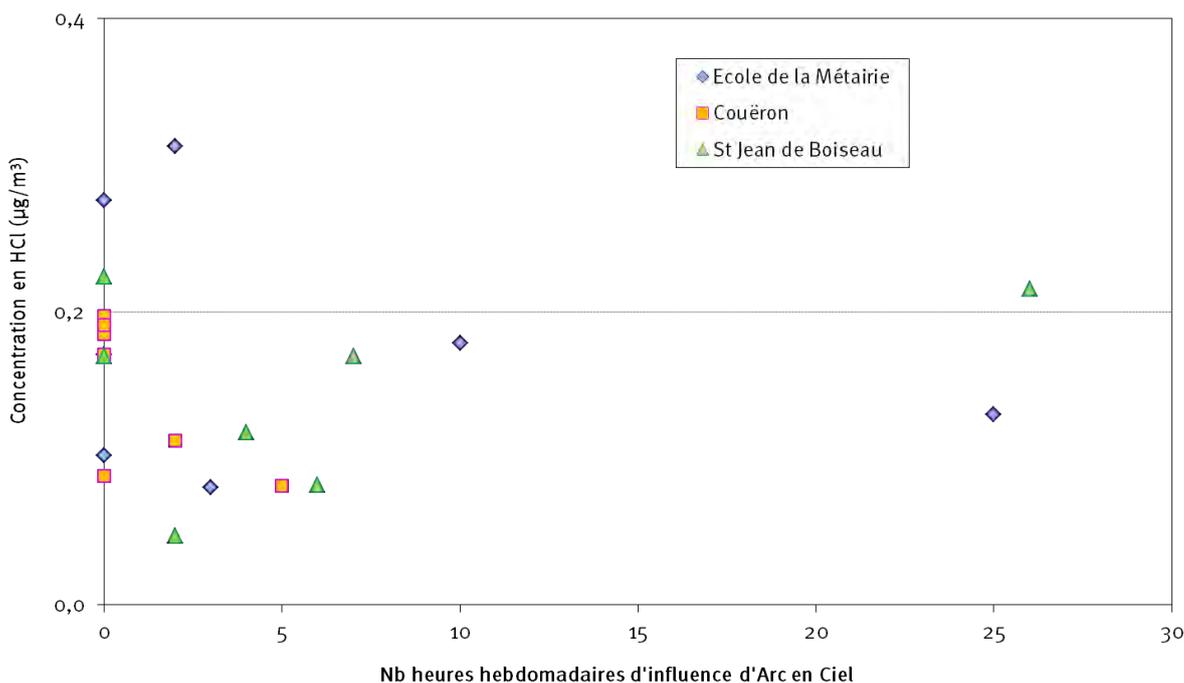


Figure 11 : évaluation de la corrélation entre les concentrations en HCl et l'influence d'Arc-en-Ciel

historique des niveaux de chlorures particuliers et de chlorure d'hydrogène

La figure suivante présente l'évolution des niveaux de chlorures particuliers et de chlorure d'hydrogène mesurés dans l'environnement d'Arc-en-Ciel depuis 2005. Les saisons durant lesquelles se sont déroulées les mesures sont également mentionnées.

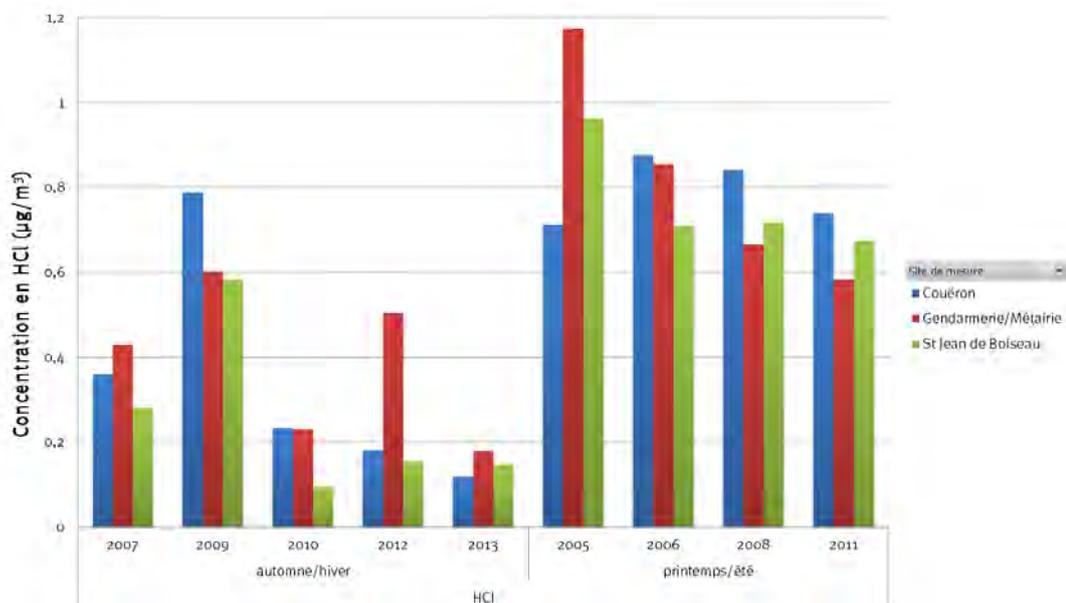


Figure 12 : historique des niveaux de chlorure gazeux HCl dans l'environnement d'Arc-en-Ciel

Cette figure montre 2 niveaux de concentrations de chlorure gazeux HCl en fonction des saisons :

- en automne/hiver, les concentrations sont comprises entre 0,1 et 0,8 µg/m³ ;
- au printemps/ été, les teneurs en HCl sont plus élevées et varient entre 0,6 et 1.2 µg/m³.

Cette différence saisonnière peut notamment s'expliquer par l'attaque de l'aérosol marin par certains acides présents dans l'air notamment l'acide sulfurique selon la réaction suivante :



Ce phénomène appelé « vieillissement » de l'aérosol marin au cours de son transport atmosphérique de l'océan vers le site de mesure est une source de chlorure gazeux HCl dans l'air. Il est plus important durant le printemps et l'été : saisons où les vents océaniques, sources d'embruns marins, sont moins forts comme le montre les niveaux en chlorures particuliers mesurés depuis 2005 (cf. figure suivante).

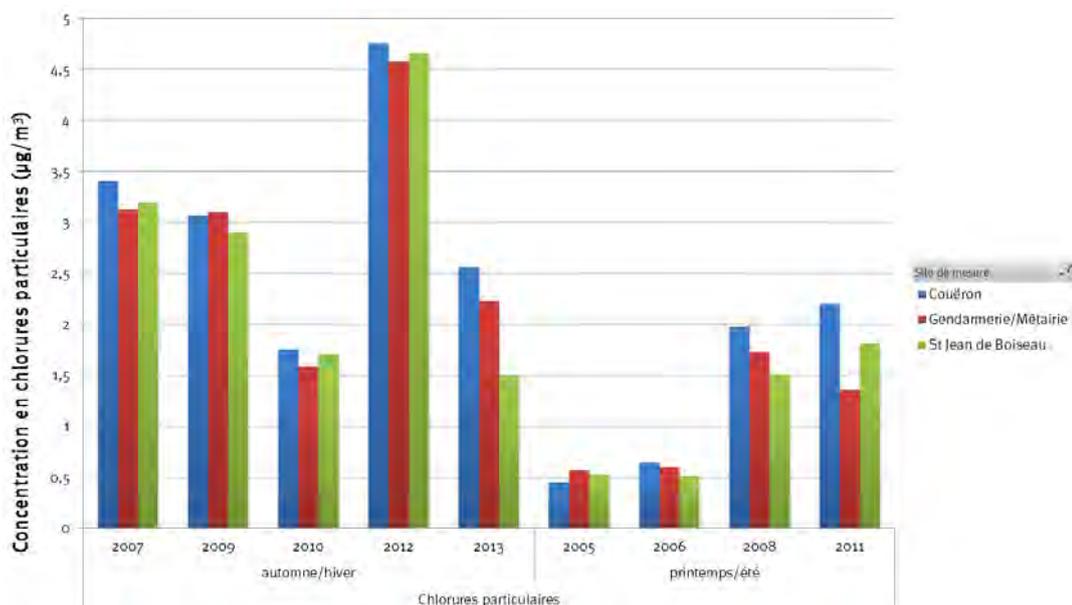


Figure 13 : historique des niveaux de chlorures particuliers dans l'environnement d'Arc-en-Ciel

les métaux lourds dans l'air

résultats de la campagne de mesure

La figure suivante présente les concentrations des différents métaux étudiés, durant les 7 semaines de la campagne, et sur chacun des 3 sites de mesure.

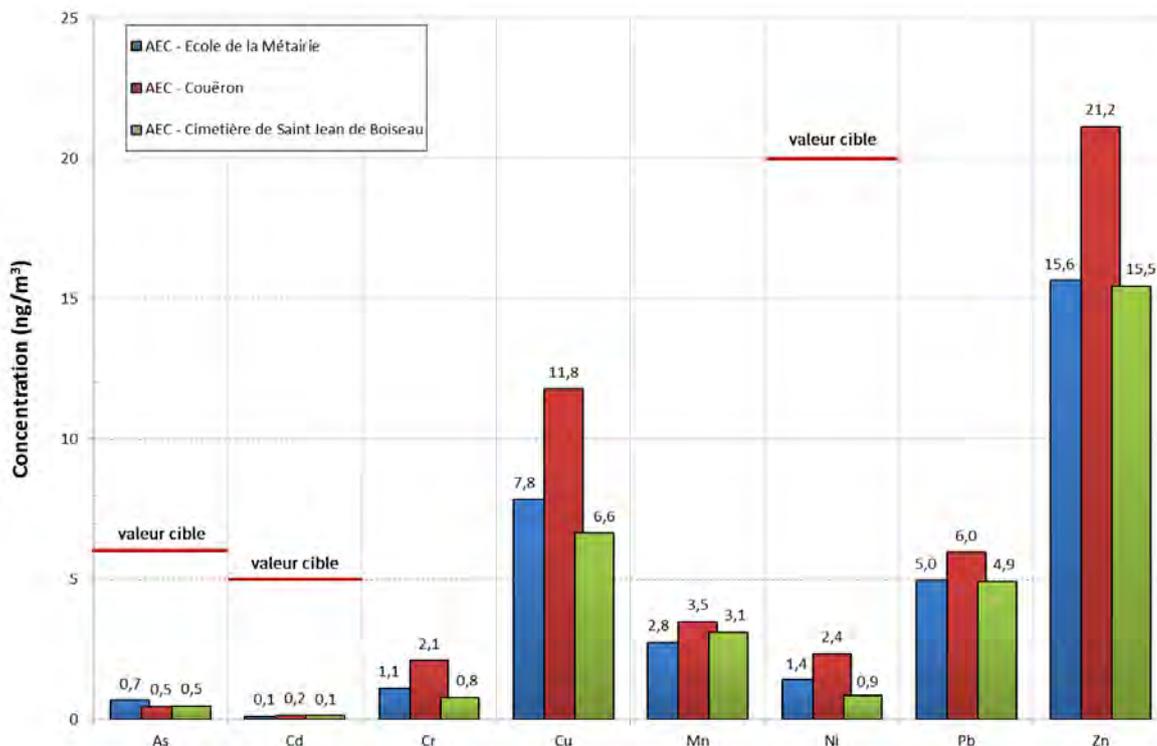


Figure 14 : concentrations moyennes en métaux dans l'air ambiant en 2013 dans l'environnement d'Arc-en-Ciel¹

Les concentrations de mercure Hg relevées lors de la campagne de mesure, étant inférieures à la limite de quantification, ne sont pas représentées sur le graphique précédent. Les métaux relevés dans l'air se répartissent en plusieurs classes de concentration :

- un élément majoritaire : Zn, dont les concentrations sont supérieures à 15 ng/m³ sur les trois sites de mesure ;
- trois éléments mineurs : Cu, Pb, Mn dont la gamme des concentrations s'étend en moyenne de 2,5 à 12 ng/m³ ;
- cinq éléments détectés à l'état de trace : Hg, As, Cd, Cr et Ni dont les concentrations sont en moyenne inférieures à 2,5 ng/m³.

Contrairement aux mesures de retombées atmosphériques, le manganèse ne ressort pas comme l'élément majoritaire. Ce n'est pas le cas des concentrations de zinc, qui sont supérieures aux autres éléments, en cohérence avec les mesures de retombées atmosphériques.

Le site de Couëron présente des niveaux plus élevés pour la majorité des métaux étudiés. Cependant l'analyse de la corrélation entre le nombre d'heures hebdomadaires d'exposition du site à l'influence de l'établissement et les concentrations de Zn ne montre pas de lien de causalité avéré des émissions de l'établissement (cf. annexe 6).

¹ Les concentrations de mercure Hg relevées lors de la campagne de mesure, étant inférieures à la limite de quantification, elles ne sont pas représentées sur le graphique précédent.

comparaison à d'autres études d'AASQA menées dans l'environnement de centres de traitement de déchets en France

Le tableau suivant recense des exemples de niveaux de métaux lourds relevés au cours d'études d'évaluation d'impact de centres de traitement de déchets en France. D'après ces études menées par d'autres AASQA, les moyennes des données mesurées lors de cette campagne sur les 3 sites, sont cohérentes et sont comprises dans la gamme des concentrations habituellement relevées dans l'environnement de centres de traitement et de valorisation des déchets.

Site	Commentaires	Concentration (ng/m ³)							
		As	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Air Pays de la Loire	Dans l'environnement du CTVD AEC 2013	0,55	0,14	1,33	8,67	3,12	1,55	5,28	17,42
Air Pays de la Loire	Dans l'environnement du CTVD ALCEA 2013 (ex-Valoréna, 3 sites - 5 semaines)	0,7	0,05	1,8	17,2	4,5	1,2	4,5	17,3
Air Pays de la Loire	Dans l'environnement du CTVD AEC 2012	0,4	0,06	1,2	6,0	2,2	1,9	3,6	15,5
Air Pays de la Loire	Dans l'environnement du CTVD AEC 2011	0,2-0,3	0,05	0,6-1,0	3,1-5,2	2,7-3,2	1,4-1,5	1,6-3,1	10,6-11,3
Air Pays de la Loire	Dans l'environnement du CTVD AEC 2010	0,5	0,1	1,1	8,4	2,4	1,8	5,6	22,8
Air Pays de la Loire	Dans l'environnement du CTVD Valoréna 2012 (3 sites - 5 semaines)	0,5	0	1,1	8,7	5,1	1,0	2,8	12,2
Air Pays de la Loire [5]	Dans l'environnement du CTVD Valoréna 2011 (3 sites - 5 semaines)	0,6	0,08	3,4	13,9	9,0	2,3	5,7	35,4
Atmo Poitou-Charentes 2013 [37]	Dans l'environnement de l'incinérateur d' Echillais 1 site – moyenne mensuelle	0,4	0,1	-	-	-	1,09	3,59	-
Air Languedoc-Roussillon 2012 [28]	Dans l'environnement de l'incinérateur de Lunel-Viel 1 site – moyenne mensuelle	0,4	0,2	0,2	-	-	0,6	-	3,6
Air Languedoc-Roussillon 2010 [28]	Dans l'environnement de l'incinérateur de Lunel-Viel 1 site – moyenne mensuelle	0,4	0,2	0,8	-	-	0,8	-	11,5
Air Languedoc-Roussillon 2010 [29]	Dans l'environnement de l'incinérateur de Calce 1 site – moyenne mensuelle	0,3	0,2	1,3	-	4,2	1,2	2	9,7
Airparif 2010 [30]	Dans l'environnement de l'UIOM de St Ouen 5 sites – 9 semaines	0,6–0,8	0,3-0,4	3,3	21,1	6,6	2,4-2,9	20	39
ORAMIP 2010 [31]	Dans l'environnement de l'incinérateur du Mirail, Toulouse 2 sites – 1 mois	0,5-0,8	0,1-0,2	-	-	-	1,1	5,4-5,6	-
Air C.O.M. 2009 [32]	Dans l'environnement de l'UIOM du SYVEDAC de Colombelles (Calvados) 1 site - moyenne sur 2 mois (07/09/09 au 10/11/09)	0,3	0,1	1,1	5,2	4,1	2,0	3,9	-

Tableau 8 : exemples de concentrations en métaux mesurées dans l'environnement de centres de traitement de déchets

comparaison aux normes

Parmi les 9 métaux lourds ciblés par la campagne, 4 font l'objet de réglementation comme résumé dans le tableau suivant. L'arsenic, le cadmium et le nickel sont soumis au décret 2010-1250 relatif à la qualité de l'air qui fixe une valeur cible annuelle pour ces métaux. Le plomb est soumis au même décret qui fixe un objectif de qualité à 250 ng/m³ et une valeur limite de 500 ng/m³. A titre d'information, ce tableau indique également des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour le cadmium et le manganèse.

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 et recommandations pour les métaux

Ces valeurs cibles sont définies pour des moyennes annuelles et leur comparaison stricte avec les concentrations enregistrées au cours des 7 semaines de campagne exige des précautions d'interprétation.

Toutefois, en extrapolant à une année, les moyennes des résultats obtenus, il est très vraisemblable que les valeurs cibles citées précédemment pour les 5 métaux concernés soient respectées dans l'environnement de l'établissement. En effet, les teneurs moyennes enregistrées au cours de la campagne représentent au maximum 5% des valeurs limites annuelles.

analyse de l'influence d'Arc-en-Ciel

Comme cela a été réalisé pour les concentrations de chlorures, la corrélation entre le nombre d'heures hebdomadaires durant lesquelles les sites de mesure ont été positionnés sous le vent de l'établissement, et les concentrations des différents métaux lourds enregistrées, a été étudiée. Les résultats sont mentionnés en annexe.

La figure suivante présente la variation des niveaux de métaux lourds dans l'air au cours des sept semaines de mesure, du 8 novembre au 26 décembre 2013 :

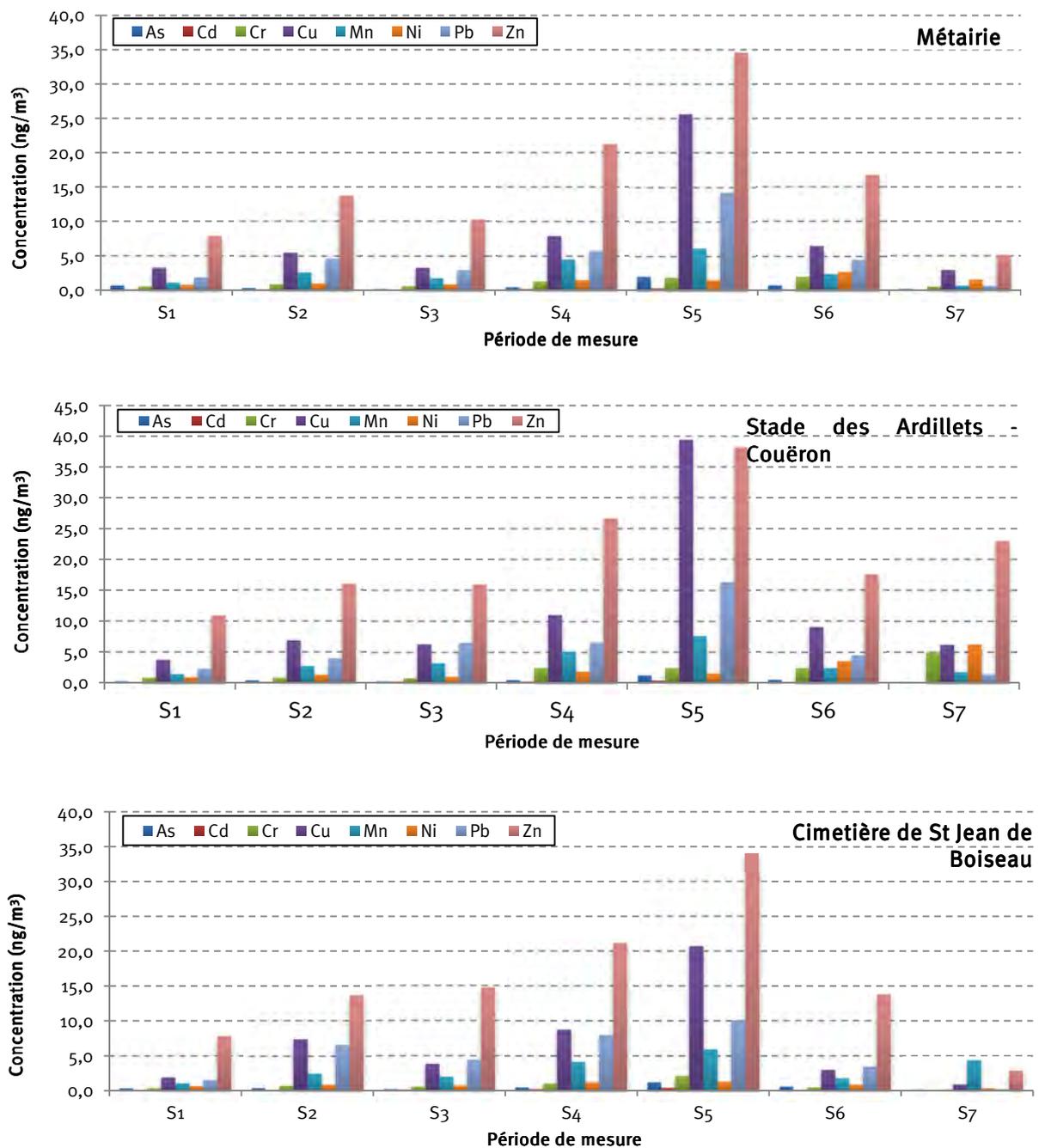


Figure 15 : évolution des concentrations en métaux lourds dans l'air, relevées dans l'environnement d'Arc-en-Ciel au cours de la campagne 2013

Pour les 3 sites de mesure, on observe une élévation des niveaux de métaux lourds au cours de la cinquième semaine de mesure, du 5 au 12 décembre 2013, et plus particulièrement concernant le zinc, le cuivre et le plomb.

Ainsi, quelle que soit la position géographique des mesures réalisées, on observe une élévation des concentrations en métaux lourds dans l'air. D'autre part, à cette même période, on observe un épisode de pollution par les particules fines PM₁₀, généralisé à l'ensemble de la région (cf. les polluants atmosphériques mesurés sur le site de l'École de la Métairie – particules fines PM₁₀, page 32).

Des mesures de métaux lourds dans l'air sont également réalisées sur le site permanent du cimetière de la Bouteillerie dans le centre-ville de Nantes, site non influencé par les activités de l'établissement Arc-en-Ciel. Pendant la période du 5 au 12 décembre, les niveaux moyens mesurés sur le site du cimetière de la Bouteillerie sont sensiblement similaires à ceux mesurés dans l'environnement du Centre de Traitement et de Valorisation des Déchets (CTVD), comme le montre la figure suivante.

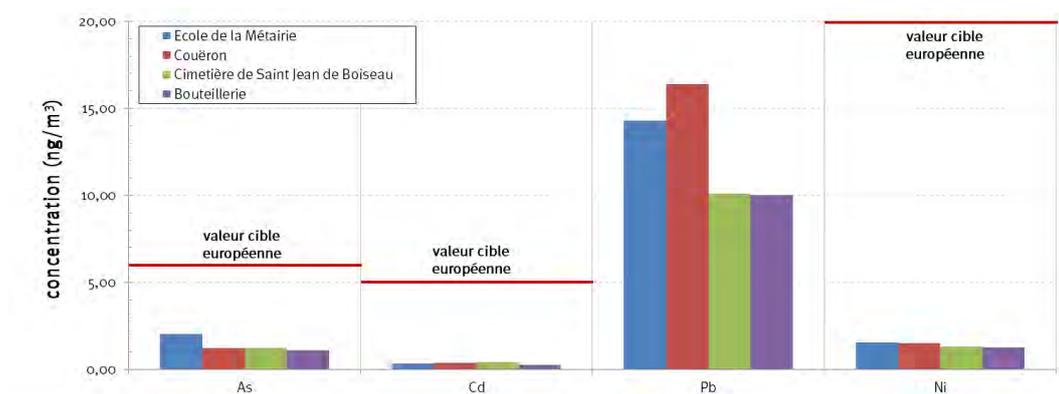


Figure 16 : concentrations moyennes en métaux lourds mesurées dans l'air du 5 au 12 décembre 2013

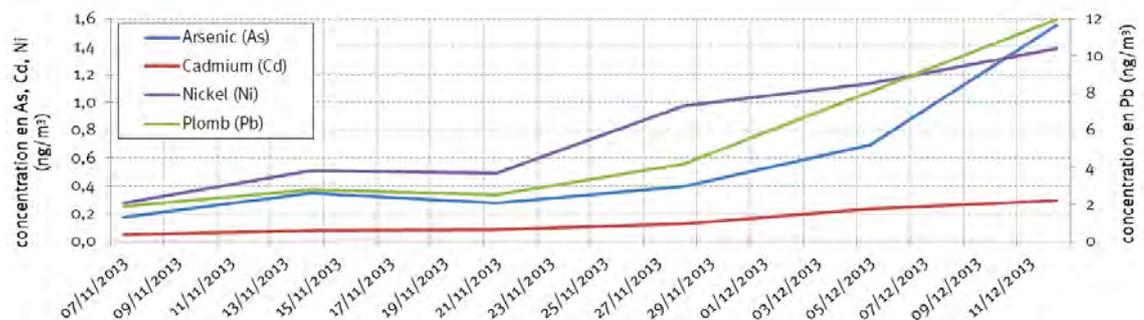


Figure 17 : concentrations en métaux lourds dans l'air sur le site du cimetière de la Bouteillerie en novembre et décembre 2013

Ainsi, au vu de ces résultats, des concentrations mesurées et de leur évolution temporelle, on peut raisonnablement penser que l'influence de l'établissement n'est pas significative sur les concentrations en métaux lourds dans l'air. L'élévation des teneurs en métaux enregistrés du 5 au 12 décembre n'est pas spécifique à l'environnement d'Arc-en-Ciel car également mesurée dans le centre-ville de Nantes. Cette élévation est liée à l'épisode généralisé de pollution par les particules fines observé durant cette période.

historique

Les concentrations moyennes en métaux lourds relevées au cours des dernières campagnes de mesure, dans l'environnement de l'établissement, sont présentées sur la figure suivante. On rappelle qu'à partir de 2010, le site de la Gendarmerie de Couëron a été transféré à l'école de la Métairie.

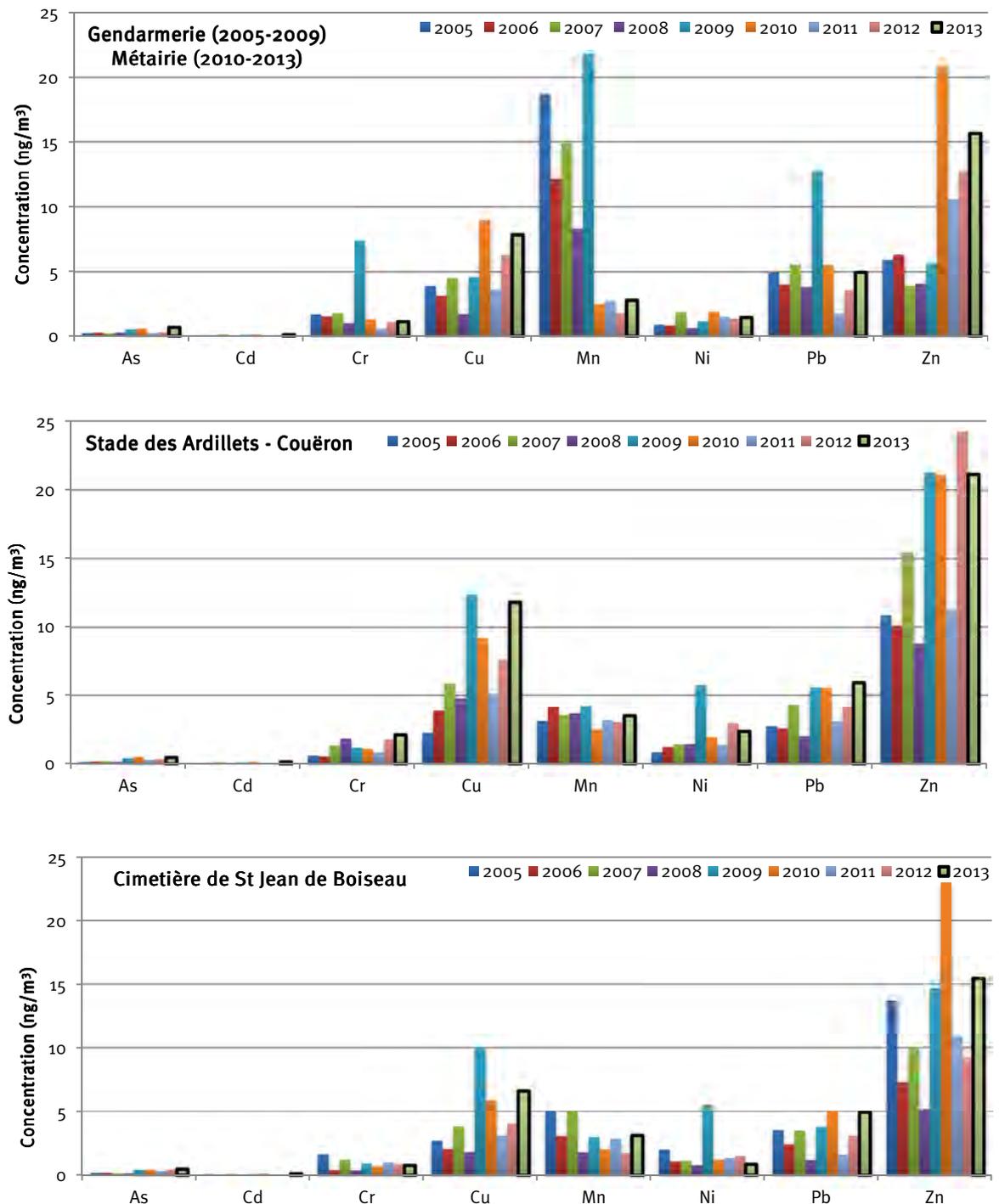


Figure 18 : évolution des concentrations en métaux lourds dans l'air, relevées dans l'environnement d'Arc-en-Ciel depuis 2005

Pour les 3 sites de mesure, les niveaux sont équivalents à ceux relevés les années précédentes. Il est à noter que la suppression du site de la Gendarmerie au profit de l'École de la Métairie en 2010 a entraîné une baisse significative des teneurs en Manganèse.

les polluants atmosphériques mesurés sur le site de l'École de la Métairie

Ce paragraphe porte sur les analyses en continu du dioxyde d'azote, du dioxyde de soufre, du monoxyde de carbone et des particules PM10, sur le site de l'École de la Métairie.

dioxyde d'azote

La figure suivante présente la répartition des niveaux horaires en dioxyde d'azote NO₂, mesurés à l'école de la Métairie et comparés à ceux enregistrés sur le site urbain du cimetière de la Bouteillerie :

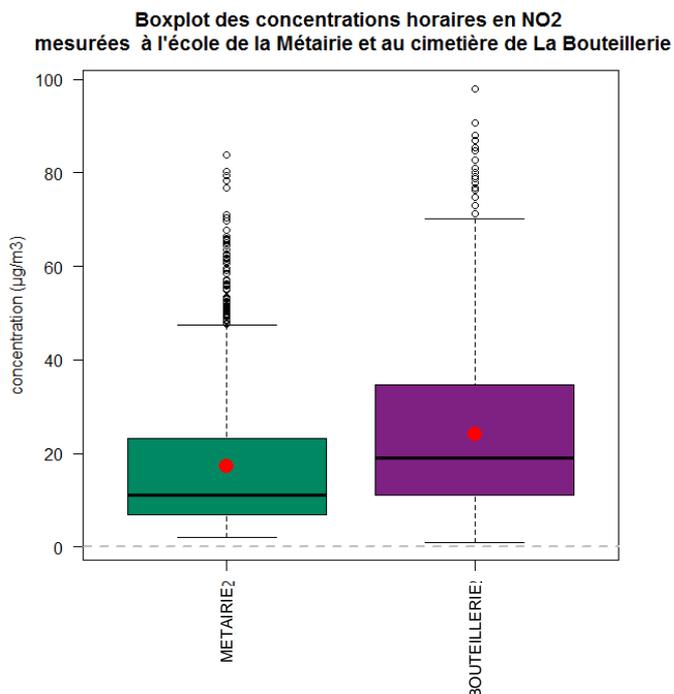


Figure 19 : Boxplot des concentrations horaires en dioxyde d'azote NO₂ sur le site de l'école de la Métairie et à Bouteillerie

● moyenne — médiane

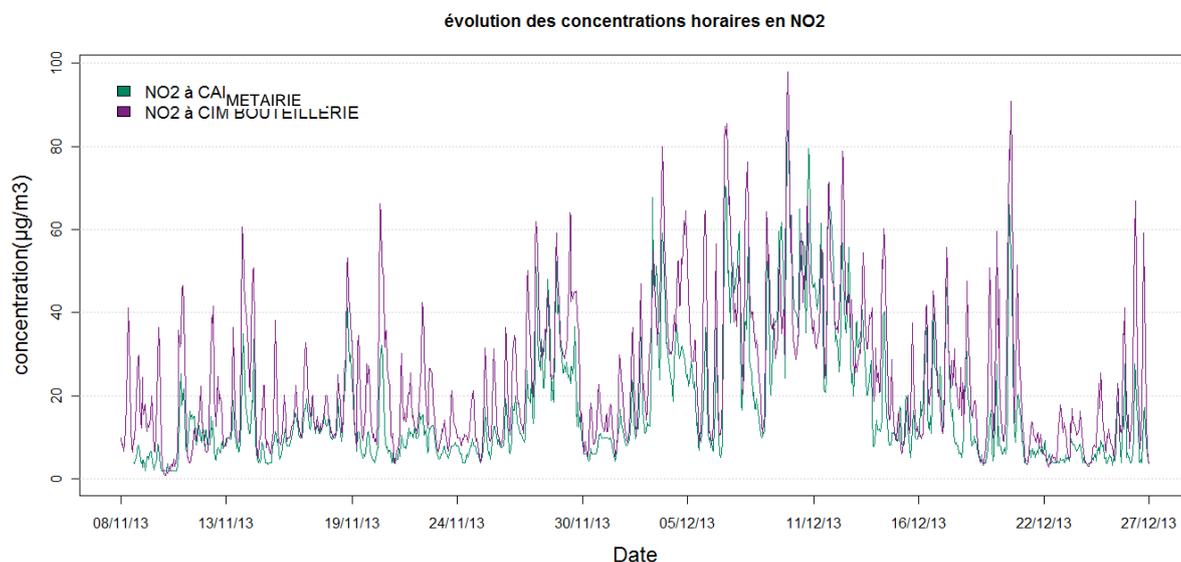


Figure 20 : évolution des concentrations horaires en NO₂ sur le site de la Métairie et de la Bouteillerie

La pollution moyenne en NO₂ mesurée à l'école de la Métairie (17 µg/m³) est sensiblement plus faible que celle enregistrée sur le site urbain du cimetière de la Bouteillerie à Nantes (24 µg/m³) en lien avec des émissions d'oxydes d'azote plus importantes (chauffage, trafic automobile) en centre-ville de Nantes.

D'autre part, le profil des concentrations de dioxyde d'azote NO₂ enregistrées sur le site urbain du cimetière de la Bouteillerie, qui n'est pas impacté par les émissions d'Arc-en-Ciel, est globalement similaire à celui relevé à l'école de la Métairie.

La comparaison des maximums horaires montre les mêmes tendances, avec des extremums respectifs de 98 µg/m³ et 84 µg/m³ mesurés le 9 décembre 2013 au cimetière de la Bouteillerie et à l'école de la Métairie, soit 2 fois moins que le seuil de recommandation et d'information fixé à 200 µg/m³ en moyenne horaire.

Analyse de l'influence d'Arc-en-Ciel sur les teneurs en dioxyde d'azote NO₂

La figure suivante présente la rose de pollution du dioxyde d'azote, mesurée à l'école de la Métairie. Cette représentation indique l'intensité de la pollution mesurée en fonction de la direction des vents et permet ainsi d'identifier les secteurs de vent pour lesquels la concentration est maximale.

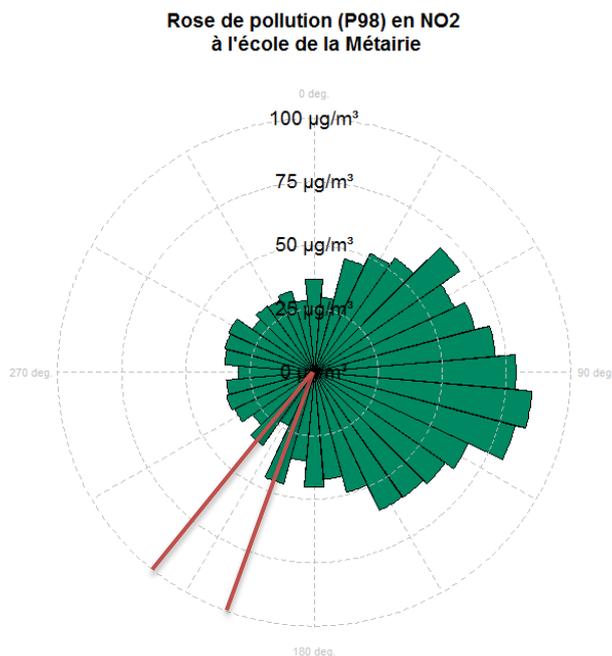


Figure 21 : rose de pollution en dioxyde d'azote NO₂ à la Métairie durant la campagne 2013

Pour des directions de vent comprises entre 200 et 220°, c'est-à-dire dans le secteur de vent en provenance d'Arc-en-Ciel, la rose de pollution ne fait pas apparaître d'élévation des niveaux de pointe. Ceci suggère que l'impact de l'établissement n'est pas significatif sur les concentrations en dioxyde d'azote dans son environnement, durant la campagne de mesure.

particules fines PM10

Le graphique suivant présente l'évolution temporelle des moyennes 24-horaires en particules fines PM10 mesurées à l'école de la Métairie, comparées à celles enregistrées sur le site urbain du cimetière de la Bouteillerie :

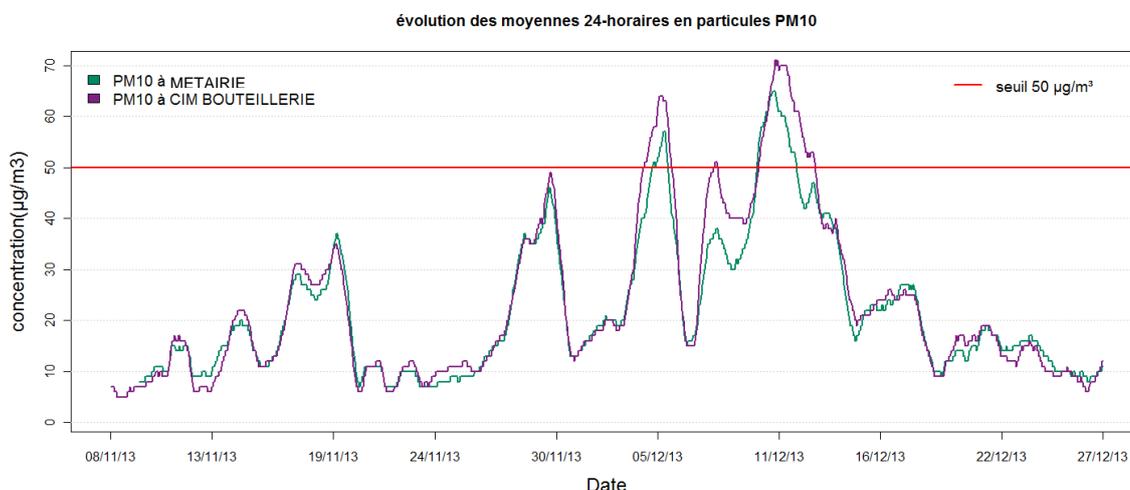


Figure 22 : moyennes 24-horaires en particules fines PM10 à la Métairie et cimetière de la Bouteillerie durant la campagne 2013

Les concentrations moyennes en PM10 mesurées à l'école de la Métairie sont comparables à celles mesurées en centre-ville de Nantes, avec des moyennes journalières respectives de $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$. D'autre part, l'évolution temporelle des teneurs à l'école de la Métairie, pendant la campagne de mesure, est synchronisée avec celle mesurée dans le centre-ville de Nantes, indiquant une influence des conditions météorologiques générales.

Le seuil de recommandation et d'information fixé à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne 24-horaire a été dépassé à plusieurs reprises, ce qui a entraîné un déclenchement de la procédure de recommandation et d'information les 4, 5, 7, 10, 11 et 12 décembre 2013, en lien avec des épisodes de pollution généralisés à l'ensemble de la région.

Le 10 décembre 2013, les sites de mesure à l'école de la Métairie et cimetière de la Bouteillerie enregistrent leur moyenne 24-horaire maximale, avec respectivement $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces niveaux sont liés à des phénomènes de pollution par les particules à large échelle qui affectent des zones géographiques de plusieurs centaines de kilomètres, comme présenté dans la figure suivante.

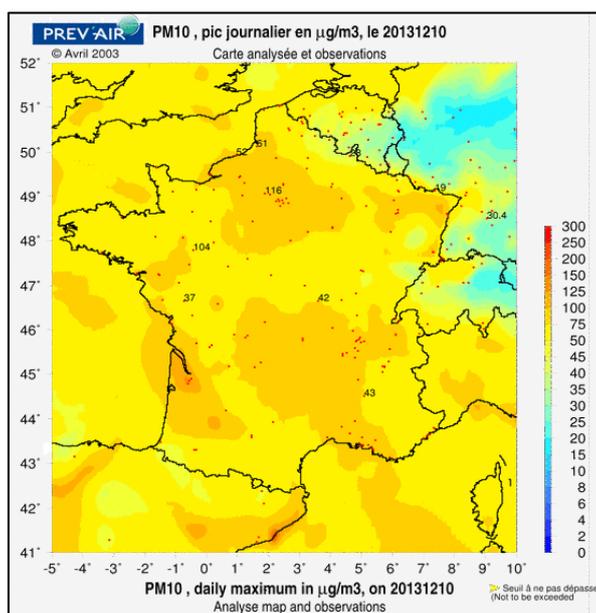


Figure 23 : carte analysée des niveaux de pointe en particules fines PM10 sur la France le 10 décembre 2013 (source : Prev'air)

Analyse de l'influence de l'établissement sur les teneurs en particules fines PM10

La figure suivante présente la rose de pollution en particules fines PM10 mesurée à l'école de la Métairie. Cette représentation indique l'intensité de la pollution mesurée en fonction de la direction des vents et permet ainsi d'identifier les secteurs de vent pour lesquels la concentration est maximale.

Rose de pollution (P98) en PM10 à l'école de la Métairie

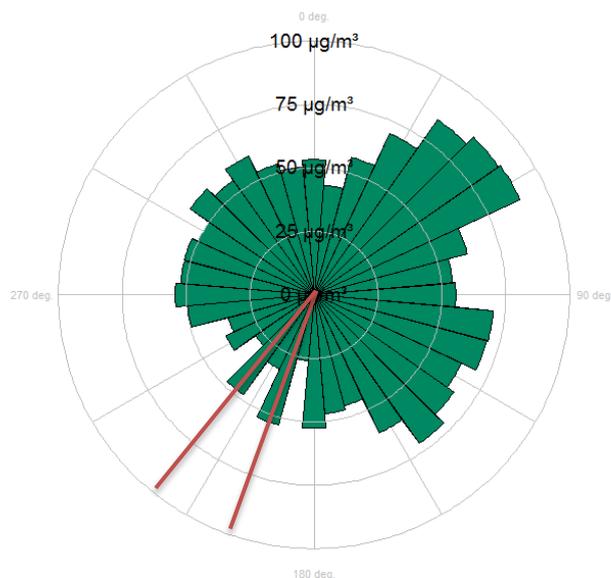


Figure 24 : rose de pollution en particules fines PM10 à la Métairie durant la campagne 2013

Comme évoqué précédemment, les niveaux mesurés à l'école de la Métairie sont corrélés avec ceux mesurés sur le site permanent du cimetière de la Bouteillerie, les épisodes de pollution observés en décembre 2013 étant généralisés à l'ensemble de la région.

Pour des directions de vent comprises entre 200 et 220°, c'est-à-dire dans le secteur de vent en provenance d'Arc-en-Ciel, la rose de pollution ne fait pas apparaître d'élévation des concentrations.

Ainsi, au vu de ces résultats, des concentrations mesurées et de leur évolution temporelle, on peut raisonnablement penser que l'influence de l'établissement n'est pas significative sur les concentrations en particules fines PM10.

dioxyde de soufre

Le graphique suivant présente l'évolution temporelle des moyennes horaires en dioxyde de soufre mesurées à l'école de la Métairie :

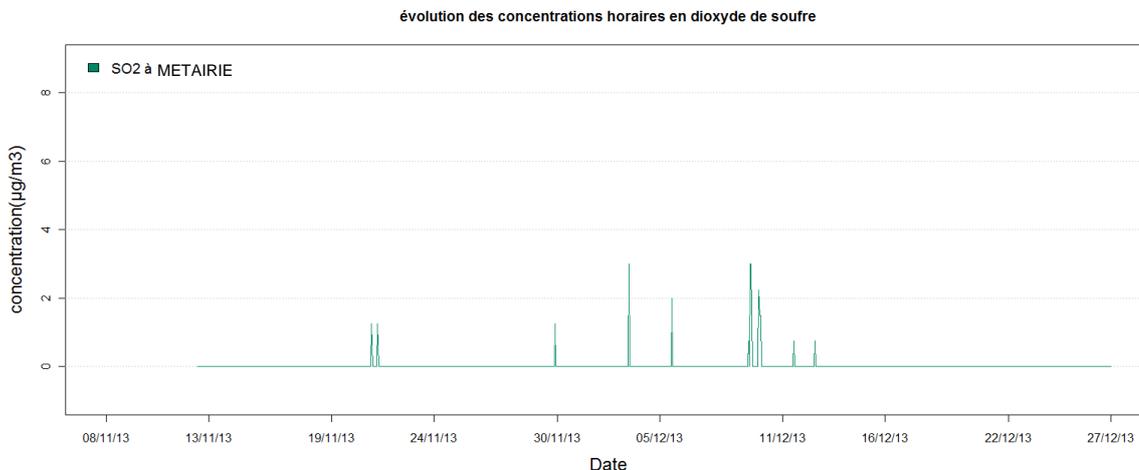


Figure 25 : évolution des moyennes horaires en dioxyde de soufre SO₂ à la Métairie durant la campagne 2013

Les concentrations enregistrées à l'école de la Métairie sont très faibles avec un niveau moyen inférieur au microgramme par mètre cube. La concentration horaire maximale au cours de la campagne de mesure n'excède pas 3 µg/m³ sur le site de l'école de la Métairie et demeure plus de 100 fois inférieure au seuil d'information et de recommandation fixé à 300 µg/m³ sur une heure.

Analyse de l'influence de l'établissement sur les teneurs en dioxyde de soufre SO₂

La figure suivante présente la rose de pollution du dioxyde de soufre, mesurée à l'école de la Métairie. Cette représentation indique l'intensité de la pollution mesurée en fonction de la direction des vents et permet ainsi d'identifier les secteurs de vent pour lesquels la concentration est maximale.

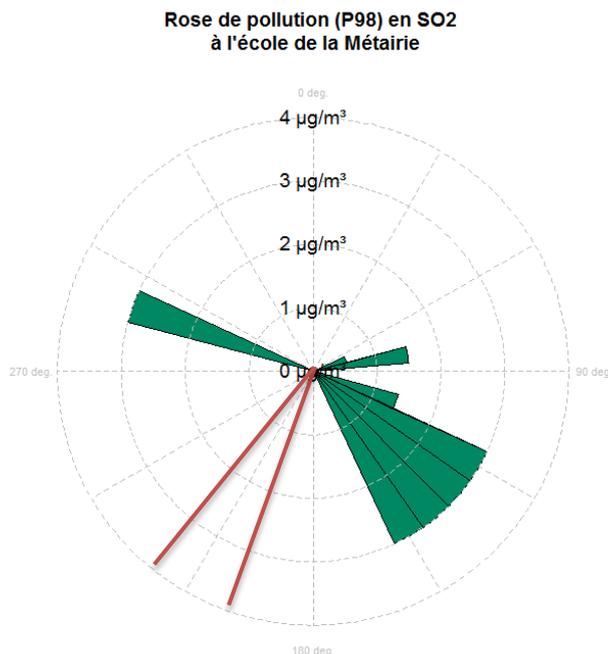


Figure 26 : rose de pollution en SO₂ à la Métairie durant la campagne 2013

Pour des directions de vent comprises entre 200 et 220°, c'est-à-dire dans le secteur de vent en provenance d'Arc-en-Ciel, la rose de pollution ne fait pas apparaître d'élévation des niveaux de pointe. Ceci suggère que l'impact de l'établissement n'est pas significatif sur les concentrations en SO₂, dans son environnement durant la campagne de mesure. La faible augmentation des concentrations par vent de nord-ouest est à mettre en relation avec les émissions de la centrale thermique EDF de Cordemais.

monoxyde de carbone

Le graphique suivant présente l'évolution des moyennes 8-horaires maximales en monoxyde de carbone, mesurées à l'école de la Métairie :

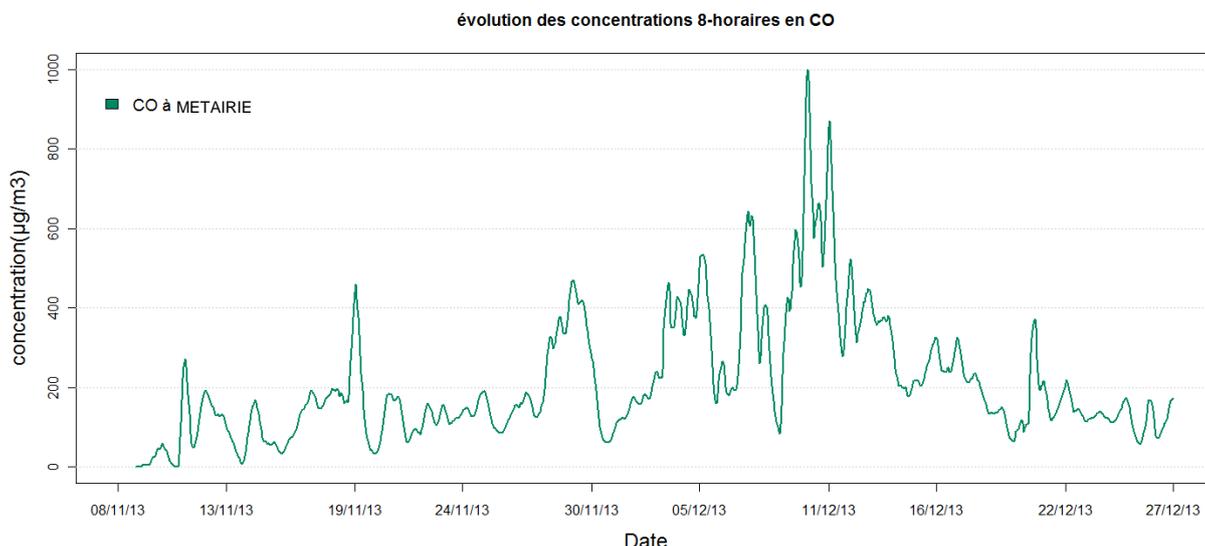


Figure 27 : évolution des moyennes 8-horaires maximales en monoxyde de carbone CO à la Métairie durant la campagne 2013

Sur le site de l'école de la Métairie, la concentration moyenne journalière enregistrée est de 210 µg/m³. Les moyennes 8-horaires maximales calculées sur la période de campagne 2013 sont inférieures à la valeur limite fixée à 10 000 µg/m³, la valeur maximale de 1001 µg/m³ est atteinte le 10 décembre 2013 et représente 10% de ce seuil.

Analyse de l'influence de l'établissement sur les teneurs en monoxyde de carbone CO

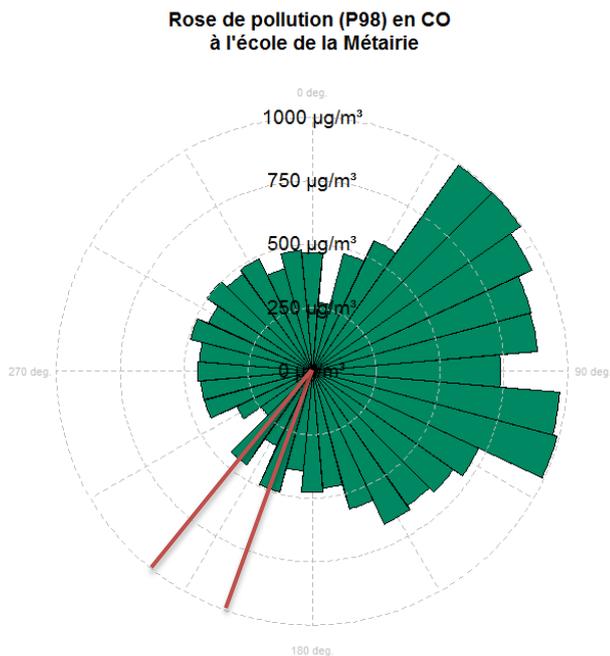


Figure 28 : rose de pollution en monoxyde de carbone CO à la Métairie durant la campagne 2013

Pour des directions de vent comprises entre 200 et 220°, c'est-à-dire dans le secteur de vent en provenance d'Arc-en-Ciel, la rose de pollution ne fait pas apparaître d'élévation des niveaux de pointe. Ceci suggère que l'impact de l'établissement n'est pas significatif sur les concentrations en monoxyde de carbone CO, dans son environnement durant la campagne de mesure.

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 des 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 et des particules fines PM10.

Les résultats de la campagne de mesure menée du 8 novembre au 26 décembre 2013 montrent des niveaux de pollution qui respectent la réglementation et comparables à ceux enregistrés en milieu urbain non influencé.

D'après les résultats de la campagne de mesure menée du 8 novembre au 26 décembre 2013 :

- l'influence de l'établissement sur les niveaux de dioxines et furannes dans l'air environnant n'est pas apparue significative, les concentrations plus élevées mesurées au niveau du stade des Ardillets à Couëron et à la Tardière (site rural) étant probablement dues à des combustions de matières organiques ;
- les concentrations en métaux lourds, relevées aussi bien dans les retombées atmosphériques que dans l'air ambiant, restent faibles et sont inférieures aux valeurs réglementaires ;
- aucune relation de corrélation n'a été mise en évidence entre les niveaux de chlorure d'hydrogène dans l'air et les rejets de l'UVE ;
- aucune augmentation significative des niveaux de dioxyde de soufre SO₂, dioxyde d'azote NO₂, monoxyde de carbone CO ou particules fines PM10 n'est observée dans le secteur de vent en provenance d'Arc-en-Ciel ;

En résumé, la campagne de mesure 2013 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.

annexes

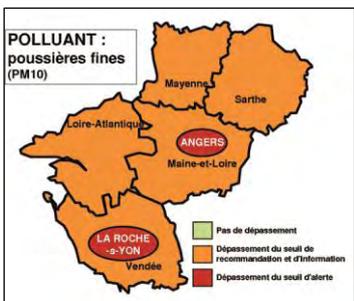
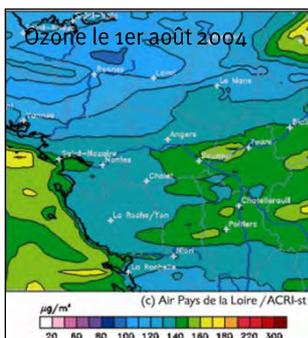
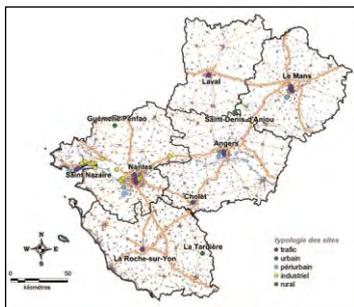
- annexe 1 : Air Pays de la Loire
- annexe 2 : techniques d'évaluation
- annexe 3 : types des sites de mesure
- annexe 4 : polluants
- annexe 5 : seuils de qualité de l'air 2013
- annexe 6 : évolution des concentrations en métaux dans l'air en fonction du nombre d'heures où le site de mesure se situe sous les vents de l'établissement

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 l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie 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



informer pour prévenir



l'air de la région sous haute surveillance

Fonctionnant 24 heures sur 24, le dispositif permanent de surveillance est constitué d'une quarantaine 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 sa plateforme IRIS.

pics de pollution : une vigilance permanente

En cas d'épisodes de pollution, une information spécifique est adressée aux autorités publiques et aux médias. 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 furannes

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 8 novembre au 26 décembre 2013 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 furannes toxiques et normes d'analyses (polychlorodibenzo-para-dioxines ou PCDD) et furannes (polychlorodibenzofurannes ou PCDF) 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.

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 8 novembre au 26 décembre 2013 pour l'ensemble des sites.

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 EN ISO 10304, NF ISO 11885, de la masse en métaux lourds selon les normes NF EN ISO 17294-1, NF EN 1233, NF EN 1483, NF EN 11-885. 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

rappel

Jusqu'en 2004, la méthode de collecte consistait en un barbotage d'air ambiant dans une solution distillée (sans filtre en amont).

Ce dispositif ne permettait pas de différencier les chlorures particuliers (sels de mer) et acide chlorhydrique lors du prélèvement. Les concentrations en HCl étaient alors estimées par la prise en compte de l'origine marine des chlorures.

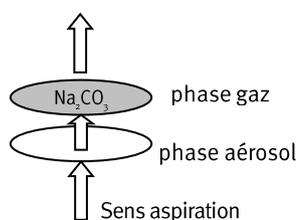
En 2005, un nouveau dispositif a été mis en œuvre qui permet la différenciation des chlorures particuliers et de l'acide chlorhydrique lors du prélèvement.



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 Laboratoire de Rouen. La limite de quantification (plus petite quantité mesurée et quantifiée) par les chlorures est de $2 \mu\text{g}/\text{filtre}$ soit pour un prélèvement hebdomadaire à $1/\text{m}^3\text{h}$ de $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

analyse des filtres

Chaque semaine, Air Pays de la Loire a adressé au Laboratoire de Rouen pour analyse 2 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 m³/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 FDT 90-119 pour As, Cr, Cu, Cd, Ni et Pb, selon la norme FN EN ISO 11-885 pour Zn et Mn, selon la norme NF EN 1483 pour Hg.

Les niveaux moyens hebdomadaires en métaux lourds (en ng/m³) 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/m³:

	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
Hg	0,01	0,06
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 lors des opérations de conditionnement et d'analyse. Les mesures de ces blancs ne montrent pas de contaminations significatives lors de ces opérations.

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**).



Analyseur automatique d'oxydes d'azote

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 (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 sont effectuées. Cette technique est équivalente à la méthode gravimétrique de référence de la norme CEN 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 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 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 (NOx)

Les NOx comprennent essentiellement le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Ils résultent de la combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air à haute température. Environ 95 % de ces oxydes sont la conséquence de l'utilisation des combustibles fossiles (pétrole, charbon et gaz naturel). Le trafic routier (59 %) 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.

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 85 % de l'utilisation des combustibles contenant du soufre (fuel et charbon).

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

les particules fines (ou poussières)

Les particules ou poussières constituent en partie la fraction la plus visible de la pollution atmosphérique (fumées). Elles ont pour origine les différentes combustions, le trafic routier et les industries. Elles sont de nature très diverses et peuvent véhiculer d'autres polluants comme des métaux lourds ou des hydrocarbures. De diamètre inférieur à 10 µm (PM₁₀), elles restent plutôt en suspension dans l'air. Supérieures à 10 µm, elles se déposent, plus ou moins vite, au voisinage de leurs sources d'émission. Les particules plus fines, appelées PM_{2,5} (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...).

Certains hydrocarbures aromatiques polycycliques portés par les particules rejetées par les véhicules sont classés comme probablement cancérigènes chez l'homme.

le monoxyde de carbone (CO)

Ce gaz provient des combustions incomplètes. Il est émis en grande partie (59 %) par le trafic routier. Le chauffage urbain, collectif ou individuel, vient en deuxième position avec 21 % 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.

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 à l'état gazeux.

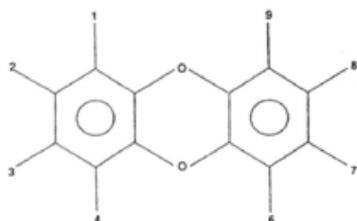
l'acide chlorhydrique (HCl)

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

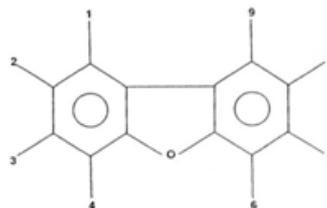
les dioxines et les furannes

Les dioxines (polychlorodibenzo-para-dioxines ou PCDD) et furannes (polychlorodibenzofurannes ou PCDF) font partie de la famille des polluants organiques persistants (POPs). Les dioxines sont au nombre de 75 et les furannes au nombre de 135 : on parle de congénères qui se différencient selon le nombre et la position des atomes de chlore.

Ils sont stables jusqu'à des températures élevées, fortement lipophiles (solubles dans les solvants et les graisses) et peu biodégradables.



Dibenzo-para-dioxine

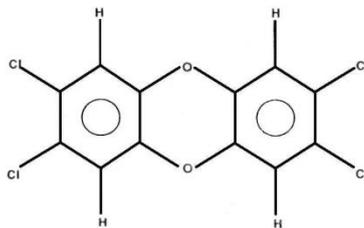


Dibenzofuranne

Formules des composés de base des PCDD et PCDF

Les positions numérotées peuvent être occupées par des atomes d'hydrogène ou de chlore. Dans les deux cas, le nombre maximum d'atome de chlore est égal à 8. Le nombre d'atomes de chlore est indiqué dans le nom du composé par un préfixe mono (1), di (2).... et octa (8).

Par exemple, la 2,3,7,8 tétra-chlorodibenzo-p-dioxine, en abrégé 2,3,7,8-TCDD (dioxine de Sévésos) aura pour formule :



Formules de la 2, 3, 7, 8 – TCDD (« dioxine de Sévésos »)

Parmi les 210 dioxines et furannes, seuls 17 sont reconnus comme toxiques. Ces 17 congénères toxiques n'ont pas tous la même toxicité. Pour traduire cette différence de toxicité il a été établi un coefficient de pondération pour chacun des 17 congénères toxiques en prenant en compte comme base un coefficient de 1 pour le congénère le plus toxique, la 2,3,7,8 TCDD. Le système de coefficient de pondération (I-TEF = International Toxic Equivalency Factors) reconnu internationalement est celui développé en 1988 par NATO Committee on challenges to Modern Society» NATO/CCMS) et actualisé en 1997 par l'OMS. Le tableau ci-après regroupe pour les 17 congénères toxiques les facteurs d'équivalent toxique.

Facteur international d'équivalents toxiques (ITEQ-F) pour les 17 congénères

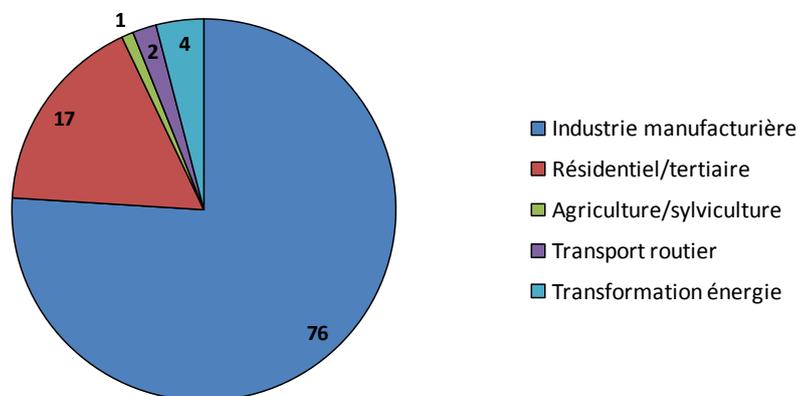
Molécules	I-TEF OMS(1997)
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzodioxine	1
1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzodioxine	1
1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzodioxine	0,1
1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzodioxine	0,1
1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzodioxine	0,1
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlorodibenzodioxine	0,01
Octachlorodibenzodioxine	0,0001
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzofuranne	0,1
1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzofuranne	0,05
2,3,4,7,8-Pentachlorodibenzofuranne	0,5
1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzofuranne	0,1
1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzofuranne	0,1
2,3,4,6,7,8-Hexachlorodibenzofuranne	0,1
1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzofuranne	0,1
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlorodibenzofuranne	0,01
1,2,3,4,7,8,9-Heptachlorodibenzofuranne	0,01
Octachlorodibenzofuranne	0,0001

La mesure de la toxicité d'un échantillon passe obligatoirement par la mesure quantitative des 17 congénères toxiques, auxquels est appliqué le facteur d'équivalent toxique ce qui permet d'obtenir pour un échantillon donné sa teneur en « Equivalent toxiques dioxines et furannes ou I-TEQ ».

C'est l'industrie manufacturière qui constitue la source principale des émissions de dioxines et furannes (76%). Entre 1990 et 2006, les émissions nationales de dioxines et furannes ont diminué de 93%. Cette réduction importante résulte principalement de la mise aux normes des incinérateurs de déchets, de la fermeture des établissements non conformes mais aussi d'avancés dans les secteurs de la sidérurgie ou de la métallurgie [3].

Les centres de traitement de déchets avec récupération d'énergie, quant à eux, sont à l'origine de 34,9% des émissions du secteur de la transformation de l'énergie en 2008 [3].

De 1995 à 2006, les émissions de dioxines par les incinérateurs d'ordures ménagères ont été divisées par un facteur supérieur à 100, passant de 1090 grammes en 1995 à 8,5 grammes en 2006. Cette diminution s'explique par l'application de la directive européenne 2000/76/CE, aux centres de traitement des déchets, qui définit de nouvelles valeurs limites d'émission [4].



Sources d'émission anthropique de dioxines et furannes (%) en 2008 [3]

Contrairement aux autres polluants, l'exposition de l'homme passe très peu par l'air : les dioxines et les furannes 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 2013

TYPE DE SEUIL (µg/m³)	DONNÉE DE BASE	POLLUANT												
		Ozone	Dioxyde d'azote	Oxydes d'azote	Poussières (PM10)	Poussières (PM2,5)	Plomb	Benzène	Monoxyde de carbone	Dioxyde de soufre	Arsenic	Cadmium	Nickel	Benzo(a)pyrène
décret 2010-1250 du 21/10/2010														
valeurs limites	moyenne annuelle	-	40	30 ⁽¹⁾	40	26 ⁽²⁾	0,5	5	-	20 ⁽³⁾	-	-	-	-
	moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	-	20 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	50 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	125 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	-	200 ⁽⁶⁾	-	-	-	-	-	-	350 ⁽⁶⁾	-	-	-	-
seuils d'alerte	moyenne horaire	240 ⁽⁷⁾ 1 ^{er} seuil : 240 ⁽⁸⁾ 2 ^{ème} seuil : 300 ⁽⁸⁾ 3 ^{ème} seuil : 360	400 ⁽⁸⁾ 200 ⁽⁹⁾	-	-	-	-	-	-	500 ⁽⁸⁾	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	80 ⁽¹⁰⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
seuils de recommandation et d'information	moyenne horaire	180	200	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	50 ⁽¹⁰⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
objectifs de qualité	moyenne annuelle	-	40	-	30	10	0,25	2	-	50	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	6000 ⁽¹²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
valeurs cibles	AOT 40	18 000 ⁽¹³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne annuelle	-	-	-	-	20	-	-	-	-	0,005 ⁽¹⁴⁾	0,005 ⁽¹⁴⁾	0,02 ⁽¹⁵⁾	0,001 ⁽¹⁵⁾
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) pour la protection de la végétation

(2) valeur intégrant la marge de tolérance applicable en 2013: 1 (valeur applicable en 2014 : 26 ; en 2015 : 25)

(3) à ne pas dépasser plus de 35j par an (percentile 90,4 annuel)

(4) à ne pas dépasser plus de 3j par an (percentile 99,2 annuel)

(5) à ne pas dépasser plus de 18h par an (percentile 99,8 annuel)

(6) à ne pas dépasser plus de 24h par an (percentile 99,7 annuel)

(7) pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire

(8) dépassé pendant 3h consécutives

(9) 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

(10) depuis le 1^{er} janvier 2012

(11) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, calculé sur une année civile

(12) calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet

(13) en moyenne sur 5 ans, calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet

(14) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, à ne pas dépasser plus de 25 j par an en moyenne sur 3 ans

(15) à compter du 31 décembre 2012

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.

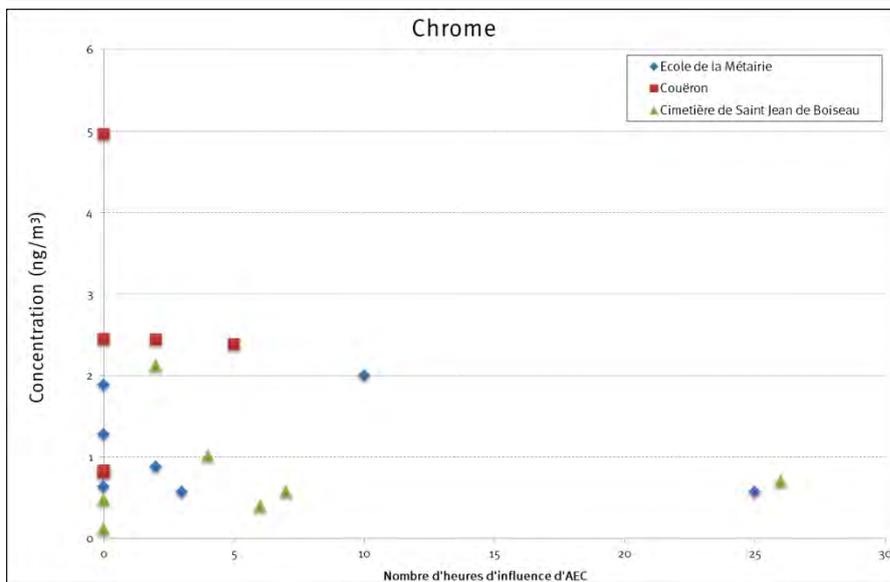
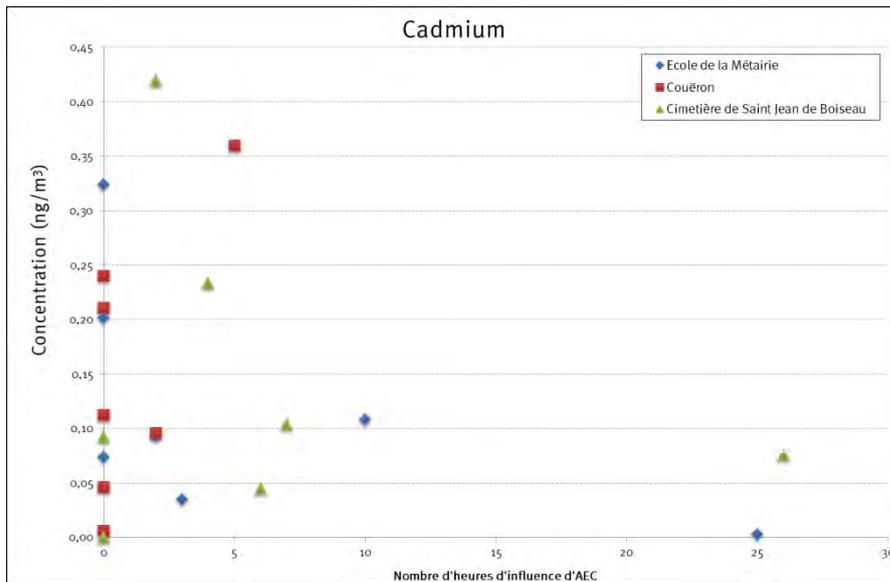
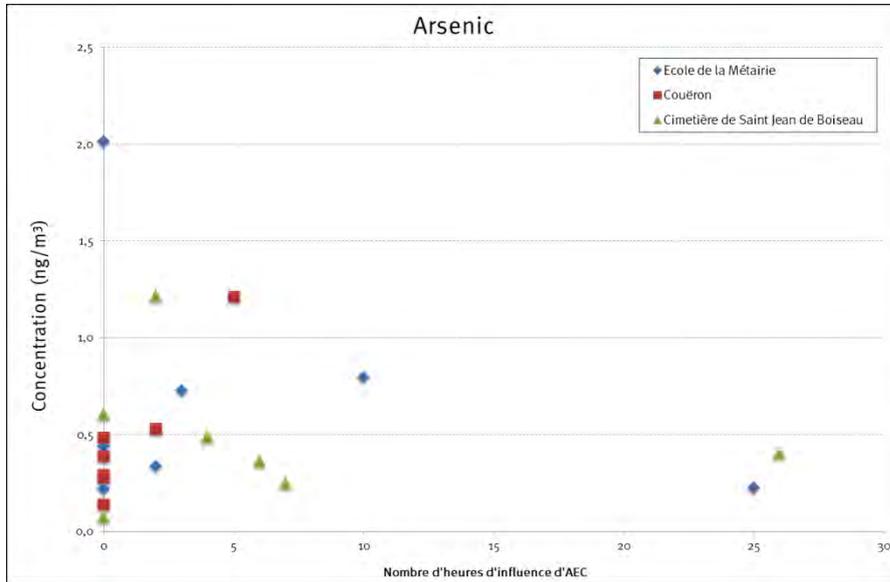
seuil d'alerte : niveau de pollution atmosphérique au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

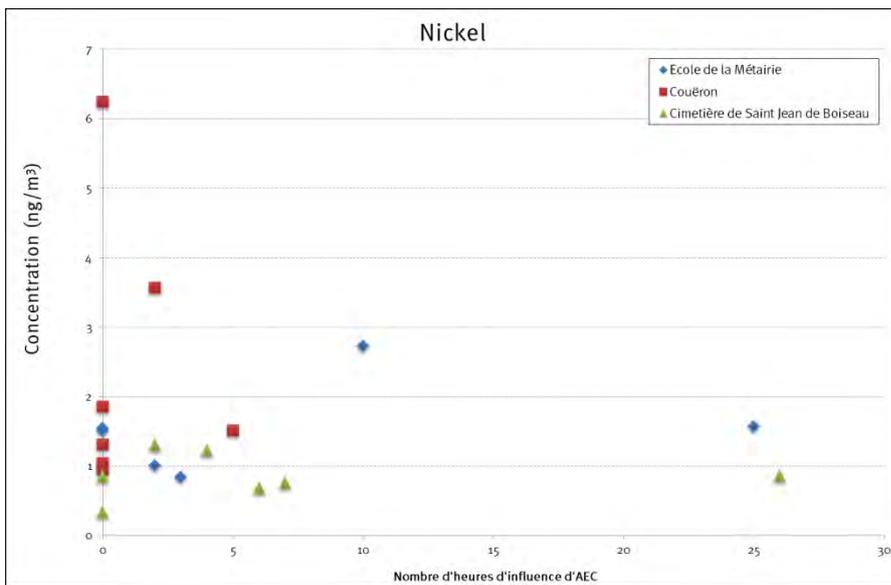
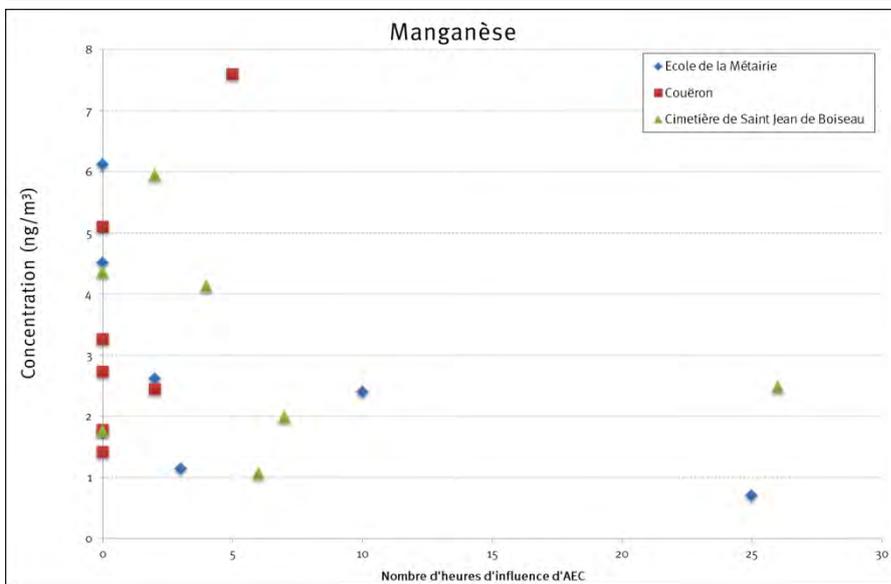
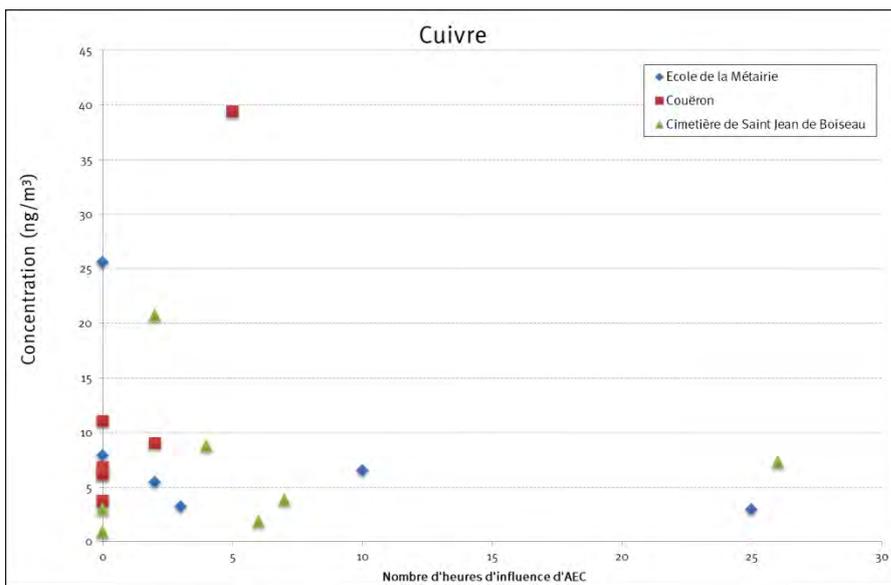
seuil de recommandation et d'information : niveau de pollution atmosphérique qui a des effets limités et transitoires sur la santé en cas d'exposition de courte durée et à partir duquel une information de la population est susceptible d'être diffusée.

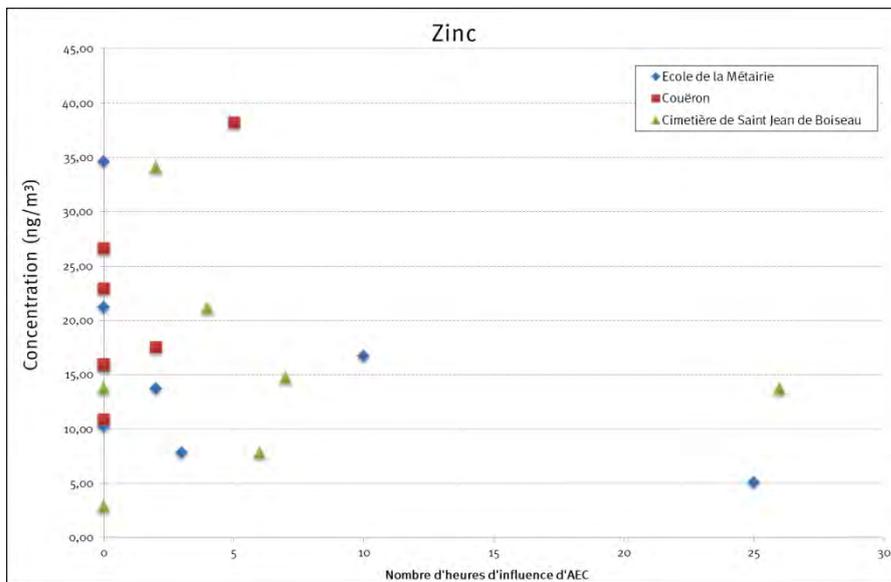
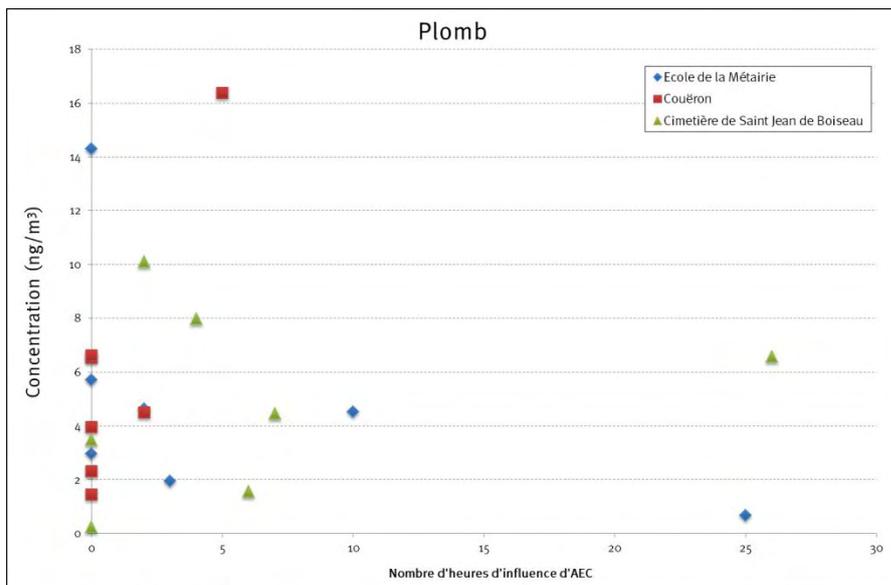
objectif de qualité : niveau de pollution atmosphérique fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

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 : évolution des concentrations en métaux dans l'air en fonction du nombre d'heures où le site de mesure se situe sous les vents de l'établissement







bibliographie

- [1] Site internet : <http://www.usine-arcenciel.fr>
- [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 furannes 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] 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 furannes 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.

glossaire

abréviations

Aasqa	Association agréée de surveillance de la qualité de l'air
Airpl.lab	Laboratoire d'étalonnage d'Air Pays de la Loire
AOT40	accumulated exposure over threshold 40
ARS	Agence régionale de santé
As	arsenic
BASEMIS	base des émissions de polluants et GES
BTX	benzène, toluène, éthyl-benzène, xylènes
Cd	cadmium
CO	monoxyde de carbone
CO ₂	dioxyde de carbone
COFRAC	comité français d'accréditation
COV	composés organiques volatils
CTVD	Centre de Traitement et de Valorisation des Déchets
Cu	Cuivre
Dreal	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
Fe	fer
HAM	hydrocarbures aromatiques monocycliques
HAP	hydrocarbures aromatiques polycycliques
I-TEQ	équivalent toxiques dioxines et furannes
LCSQA	laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air
Medde	Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie
Mera	Mesure des REtombées Atmosphériques
ng	nanogramme (= 1 milliardième de gramme)
Ni	nickel
NO	monoxyde d'azote
NO ₂	dioxyde d'azote
NOx	oxydes d'azote (= dioxyde d'azote + monoxyde d'azote)
O ₃	ozone
OMS	Organisation mondiale de la santé
PFC	Hydrocarbures perfluorés
pg	picogramme
PM ₁₀	particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm
Ppm	partie par million
SO ₂	dioxyde de soufre
TU	temps universel
US EPA	Agence américaine de protection de l'environnement
UVE	Unité de Valorisation Energétique
µg	microgramme (= 1 millionième de gramme)
Zn	zinc
ZR	zone rurale

définitions

année civile	période allant du 1 ^{er} janvier au 31 décembre
AOT40	somme des différences entre les moyennes horaires supérieures à 80 µg/m ³ et 80 µg/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)
hiver	période allant du 1 ^{er} octobre au 31 mars
métaux	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

7, allée Pierre de Fermat – 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

