



évaluation de la qualité de l'air

dans l'environnement de
l'Unité de Valorisation Energétique Arc-en-Ciel
campagne 2011

février 2012



sommaire

synthèse	2
introduction	7
le dispositif de surveillance.....	8
cinq sites de mesure.....	9
deux types d'indicateurs de la pollution atmosphérique	11
les périodes de mesure.....	11
récapitulatif.....	12
les résultats	13
situation météorologique.....	14
mesure des retombées atmosphériques	17
mesure des concentrations atmosphériques.....	24
conclusions et perspectives	38
annexes	39
annexe 2 : techniques d'évaluation.....	41
annexe 3 : types des sites de mesure.....	46
annexe 4 : polluants	47
annexe 5 : évolution des concentrations atmosphériques en métaux lourds, au cours de la campagne de 2011.....	50
annexe 6 : seuils de qualité de l'air 2011.....	52
bibliographie	53
glossaire	55
abréviations	55
définitions.....	56
précisions sur les calculs statistiques.....	56

contributions

Coordination de l'étude: Valérie Viraineken, François Ducroz- Rédaction : Florence Guillou, Mise en page : Bérangère Poussin, Exploitation du matériel de mesure : Arnaud Tricoire, Validation : François Ducroz-Luc Lavrilleux.

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 2010 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 Messieurs Durand (mairie de Couëron) et Lethiec (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 traite plus de 300 000 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 chargé de cette mission 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 rejets 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 de 7 semaines

Durant la période de prélèvement, du 21 juillet au 15 septembre 2011, l'unité de valorisation énergétique a fonctionné régulièrement avec toutefois un arrêt de la ligne 1 du 5 au 8 août et de la ligne 2, du 1^{er} au 6 septembre.

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) ;
- **le dioxyde d'azote** mesuré dans l'air (NFX 43-018) ;
- **les dioxines et furannes**, dont les 17 congénères toxiques, analysés dans les eaux de pluie (Durif 2001 ; US EPA 1613) ;
- **le monoxyde de carbone** (NFX 43-044), **le dioxyde de soufre** (NFX 43-019) **et les particules fines**, mesurés dans l'air.

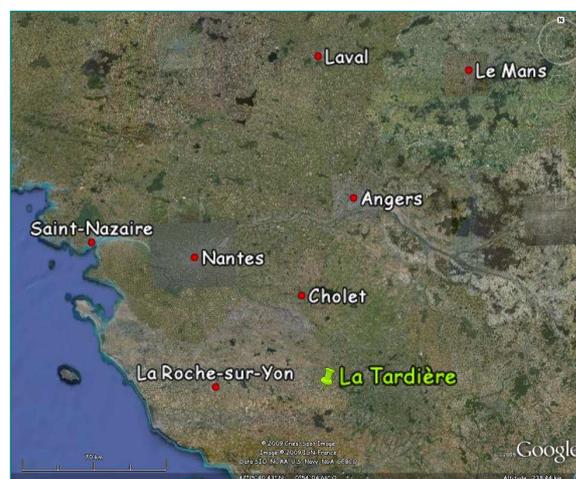
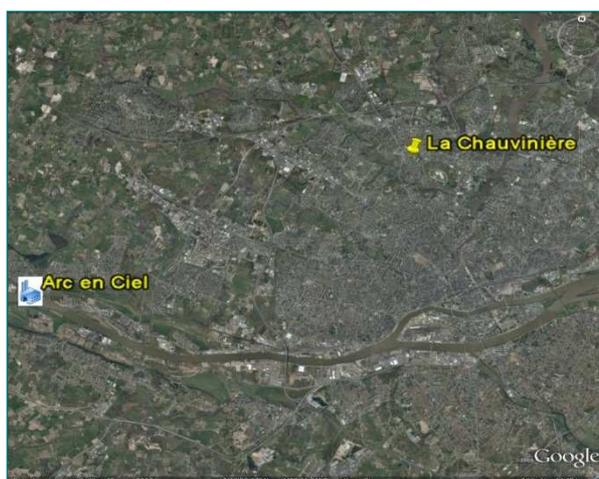
trois sites de mesure dans l'environnement d'Arc-en-Ciel



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.

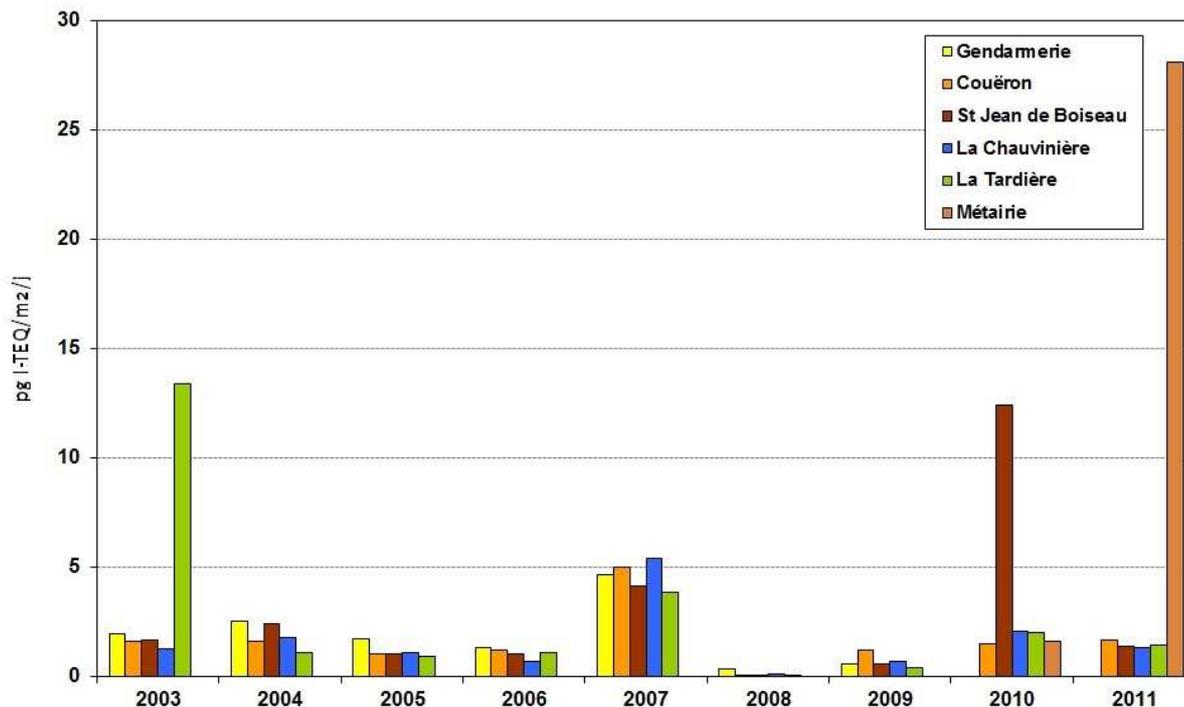


Localisation des sites de la Chauvinière (dans l'agglomération nantaise) et de la Tardière en Vendée

résultats

les dépôts de dioxines et furannes

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.



Evolution des niveaux (pg-I-TEQ/m²/j) de dioxines et furannes dans l'environnement d'Arc-en-Ciel depuis 2003

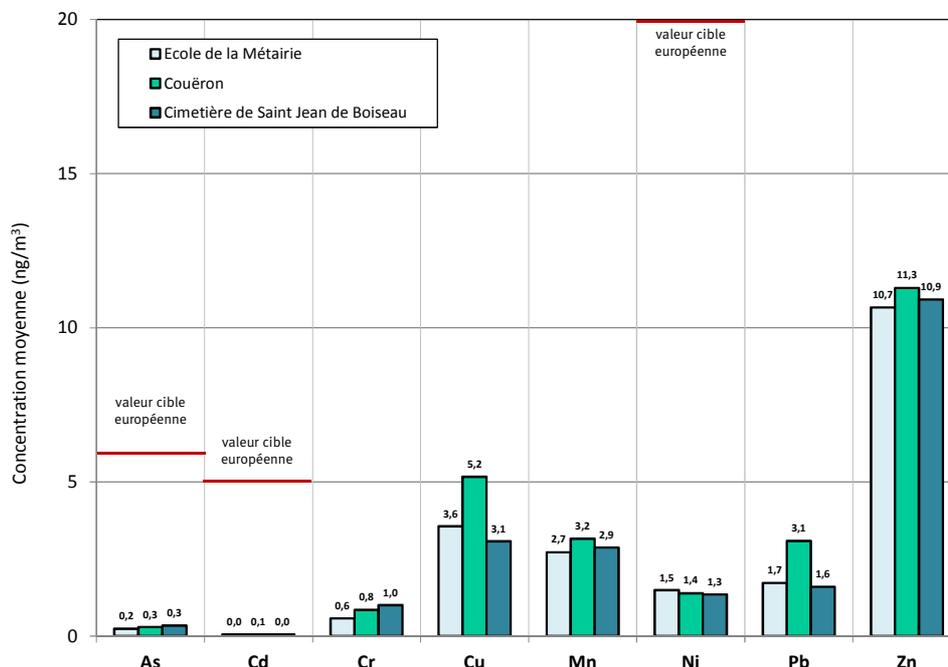
Jusqu'à présent, les concentrations de dioxines et furannes mesurées sur les sites de la **gendarmerie** ou de l'école de la **Métairie** n'avaient pas excédé 2 pg I-TEQ/m²/j. Avec 28 pg I-TEQ/m²/j, la concentration mesurée en 2011 à l'école de la Métairie doit être considérée comme significative (Durif, [6]). La confrontation du profil des 17 congénères (pg I-TEQ/m²/j) de l'école de la Métairie aux profils d'émissions en sortie de cheminée de l'installation met en évidence la contribution majoritaire d'une source de combustion de matières organiques, probablement de déchets verts, en complément des émissions industrielles.

En 2010, sur le site de **St-Jean-de-Boiseau**, des niveaux de dioxines et furannes comparables à ceux enregistrés à la Tardière en 2003, attribués alors à une source de combustion parasite, avaient été mesurés. De cette observation et en tenant compte des mesures d'autocontrôle de dioxines et furannes réalisées par Arc-en-Ciel, l'hypothèse d'une source d'émission parasite ayant influencé les mesures à St-Jean-de-Boiseau avait alors été envisagée. Les niveaux mesurés en 2011 sont très comparables à ceux des autres sites de mesure.

Les niveaux enregistrés lors de cette campagne de mesure à **Couëron, La Chauvinière et La Tardière** sont du même ordre de grandeur que ceux relevés lors des années précédentes durant lesquelles aucun impact significatif des émissions d'Arc-en-Ciel n'avait été montré.

les métaux lourds dans l'air

Les concentrations moyennes des métaux lourds relevées sur les sites de mesure de l'Ecole de la Métairie, de Couëron et du Cimetière de St-Jean-de-Boiseau, sont représentées sur le graphique suivant :



Concentrations moyennes en métaux lourds dans l'air, mesurées en 2011 dans l'environnement d'Arc-en-Ciel¹

D'après ces résultats, les concentrations pour chacun des différents métaux ciblés, sont homogènes sur les 3 sites de mesure.

Comme pour les mesures des métaux lourds dans les retombées atmosphériques, le zinc est l'élément majoritaire, avec des concentrations atmosphériques de l'ordre de 11 ng/m³.

Le cuivre, le manganèse, le plomb et le nickel constituent la seconde gamme de métaux lourds, dont les niveaux évoluent de 1,5 à 5 ng/m³.

Enfin, l'arsenic, le cadmium et le chrome sont détectés à l'état de traces avec des concentrations inférieures à 1 ng/m³.

Cette répartition est similaire à celle relevée lors de la précédente campagne d'évaluation de qualité de l'air dans l'environnement d'Arc-en-Ciel réalisée en 2010. Les niveaux de chacun des métaux sont par ailleurs restés relativement stables durant la campagne de mesure.

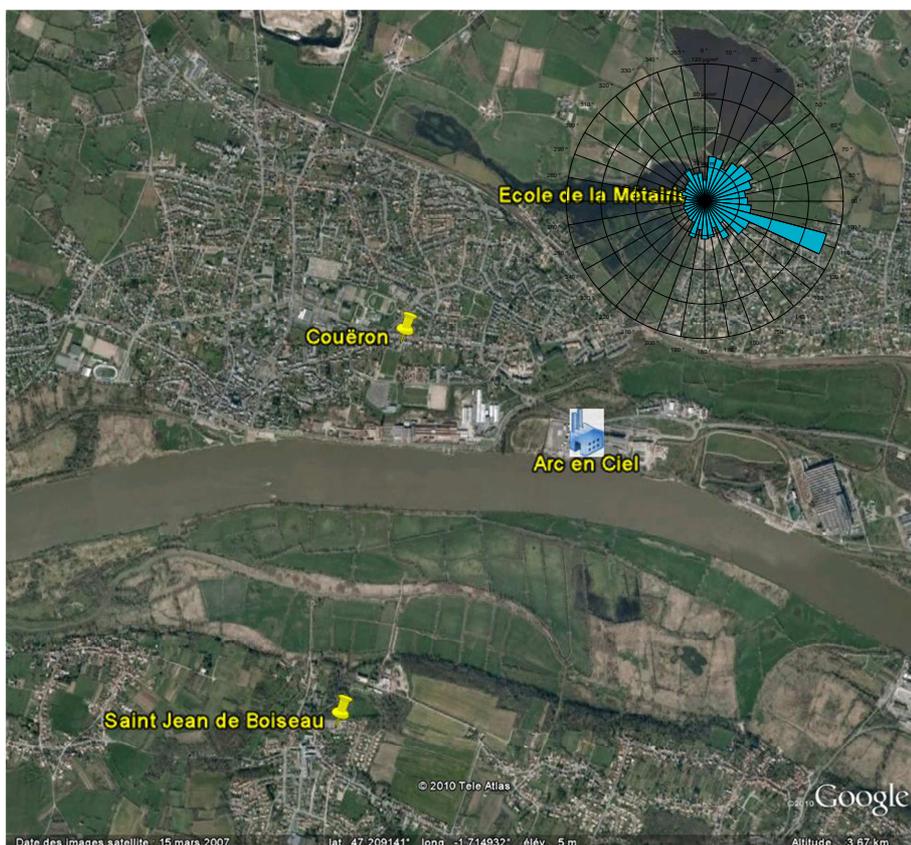
comparaison aux normes

En extrapolant à une année les moyennes des résultats obtenus, il est très vraisemblable que les valeurs cibles pour l'arsenic, le cadmium, le nickel, le plomb et le manganèse soient respectées dans l'environnement d'Arc-en-Ciel puisque les teneurs moyennes enregistrées au cours de la campagne ne représentent pas plus de 5% des valeurs moyennes annuelles.

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.

étude de l'impact d'Arc-en-Ciel 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 NO₂ à l'Ecole de la Métairie

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 durant la campagne de mesure.

conclusions et perspectives

D'après les résultats de la campagne de mesure menée du 21 juillet au 15 septembre 2011 :

- 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 de l'école de la Métairie étant probablement dues à des combustions de matières organiques (feux de déchets verts par exemple).
- 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 pu être mise en évidence entre les niveaux de chlorure d'hydrogène dans l'air et les rejets de l'UVE,
- les concentrations des polluants atmosphériques mesurées en continu sont inférieures aux seuils d'information et de recommandation,
- aucune augmentation significative des niveaux de SO₂, NO₂, CO ou PM₁₀ n'est observée dans le secteur de vent en provenance d'Arc-en-Ciel.

introduction

Située sur la commune de Couëron, l'Unité de Valorisation Energétique (UVE) Arc-en-Ciel traite chaque année, plus de 300 000 tonnes de déchets. Sur son site de Couëron, est notamment implanté un centre de traitement et de valorisation des déchets.

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 21 juillet au 15 septembre 2011.

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 Énergétique. Il permet d'appréhender deux indicateurs de la pollution atmosphérique :

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

Plusieurs polluants (9 métaux, chlorure d'hydrogène, oxydes d'azote, dioxyde de soufre, particules PM₁₀, monoxyde de carbone, dioxines et furannes) 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.

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 Ardillets	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 NO_x, le dioxyde de soufre SO₂, les particules fines PM₁₀ ainsi que le monoxyde de carbone CO ont été mesurés sur le site de l'Ecole 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 21 juillet au 15 septembre 2011. 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 (NO_x, SO₂, CO, PM₁₀) ont été réalisées du 21 juillet au 16 septembre 2011.

Période	Date début	Date fin
S1	21/07/11	28/07/11
S2	28/07/11	04/08/11
S3	04/08/11	11/08/11
S4	11/08/11	18/08/11
S5	18/08/11	25/08/11
S7	01/09/11	08/09/11
S8	08/09/11	15/09/11

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'Ecole de la Métairie, Couëron et St-Jean-de-Boiseau

Site	Date début	Date fin
Sur les 3 sites de l'environnement de l'UVE	28/07/11	31/08/11
Site de la Chauvinière	28/07/11	31/08/11
Site de la Tardière	28/07/11	30/08/11

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

Durant toute cette campagne de mesure, la ligne 1 de l'UVE a été arrêtée du 5 au 8 août et la ligne 2, du 1^{er} au 6 septembre. Sur le reste de la période, le fonctionnement de l'UVE a été normal.

récapitulatif

Le Tableau 4 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 _x , 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		

■ 7 séquences hebdomadaires du 21/07/11 au 15/09/11 exceptée la semaine du 25/08 au 01/09/11

■ 5 semaines d'exposition du 28/07/11 au 31/08/11

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 mois d'août, les fréquentes perturbations ont donné des quantités de pluie conséquentes, le mois totalisant 2 à 3 fois les normales pour les précipitations.

Les nuages et la pluie ont eu pour effet d'abaisser la normale mensuelle de température d'environ 2 degrés.

Le soleil a suffisamment brillé pour compenser partiellement le déficit provoqué lors des journées pluvieuses.

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.

		Site			Profil des roses des vents hebdomadaires
		Ecole de la Métairie	Couëron	St-Jean-de-Boiseau	
période	dates	200°-220°	105 °-125°	30°-50°	
S1	21/07 au 28/07	4	0	6	<p>Rose des vents à Nantes du 21 au 28 juillet 2011</p> <ul style="list-style-type: none"> > 9 m/s [5,9] m/s [2,5] m/s [0,2] m/s
S2	28/07 au 04/08	4	1	3	<p>Rose des vents à Nantes du 28 juillet au 4 août 2011</p> <ul style="list-style-type: none"> > 9 m/s [5,9] m/s [2,5] m/s [0,2] m/s
S3	04/08 au 11/08	4	0	1	<p>Rose des vents à Nantes du 4 au 11 août 2011</p> <ul style="list-style-type: none"> > 9 m/s [5,9] m/s [2,5] m/s [0,2] m/s

S4	11/08 au 18/08	4	0	1	<p>Rose des vents à Nantes du 11 au 18 août 2011</p>
S5	18/08 au 25/08	7	2	6	<p>Rose des vents à Nantes du 18 au 25 août 2011</p>
S6	25/08 au 01/09	4	1	1	<p>Rose des vents à Nantes du 25 août au 1er septembre 2011</p>
S7	01/09 au 08/09	14	0	0	<p>Rose des vents à Nantes du 1er au 8 septembre 2011</p>
S8	08/09 au 15/09	11	4	1	<p>Rose des vents à Nantes du 8 au 15 septembre 2011</p>
Total		52	8	19	

Tableau 5 : caractéristiques météorologiques et nombres 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 ouest à sud-ouest à l'origine de la surexposition du site de l'Ecole de la Métairie aux vents en provenance de l'établissement Arc-en-Ciel par rapport aux autres sites de mesure.

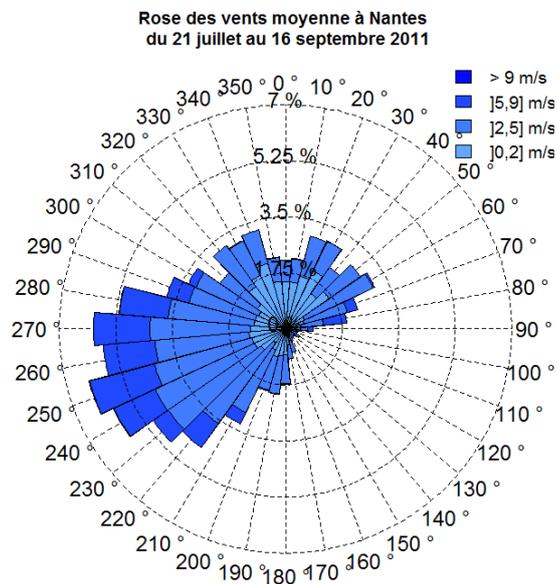


Figure 3 : rose des vents calculée sur l'ensemble de la période de mesure (du 21 juillet au 16 septembre 2011)

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 en équivalent toxique de chacun des congénères à la toxicité totale des prélèvements réalisés.

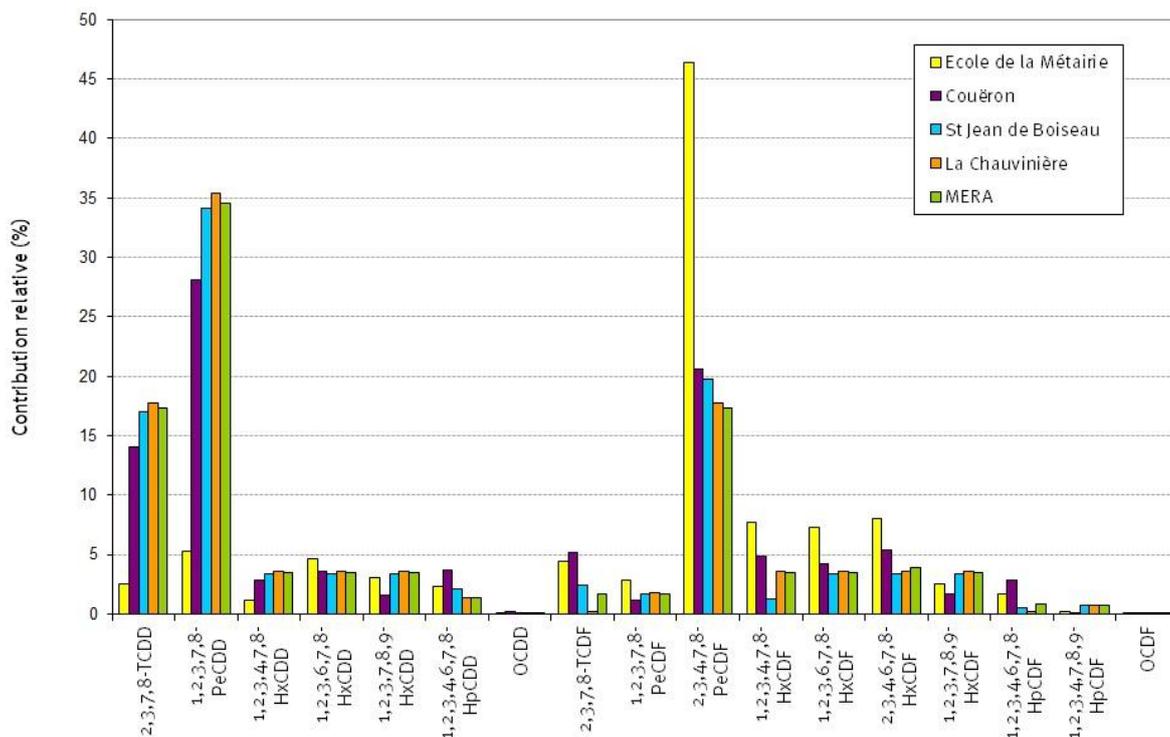


Figure 4 : contributions relative de chaque congénère

Les contributions relatives des dioxines et furannes sont globalement comparables pour l'ensemble des sites de mesure, excepté pour celui de l'école de la Métairie dont le profil est plus atypique et pour lequel la contribution du 2,3,4,7,8-PeCDF est largement majoritaire puisqu'il représente à lui seul près de 50% du dépôt total exprimé en équivalent toxique.

Avec 52 heures sous les vents de secteur 200 à 220° (soit 6,3% de la durée de la campagne), le site de l'école de la Métairie est le site de mesure le plus exposé aux rejets atmosphériques de l'établissement Arc-en-Ciel. Toutefois, la confrontation du profil de l'échantillon prélevé à l'école de la Métairie aux profils à l'émission en sortie de cheminée de l'établissement durant la période de prélèvement (figure ci-dessous) fait apparaître des différences notables concernant notamment la TCDD, la PeCDD et le 2,3,4,7,8-PeCDF. Les composés retrouvés ne proviennent donc pas majoritairement de l'activité industrielle à proximité. L'hypothèse d'une autre source impliquant un processus thermique avec combustion de matières organiques est à privilégier, d'autant plus que la période de prélèvement est souvent propice aux brûlages de déchets. La forte proportion de 2,3,4,7,8-PeCDF au détriment des TCDD et PeCDD par rapport aux rejets de l'usine tendrait à privilégier la combustion non contrôlée de matières à forte teneur en composés organiques tels que les végétaux².

² Hypothèse confirmée par le laboratoire micropolluant technologie

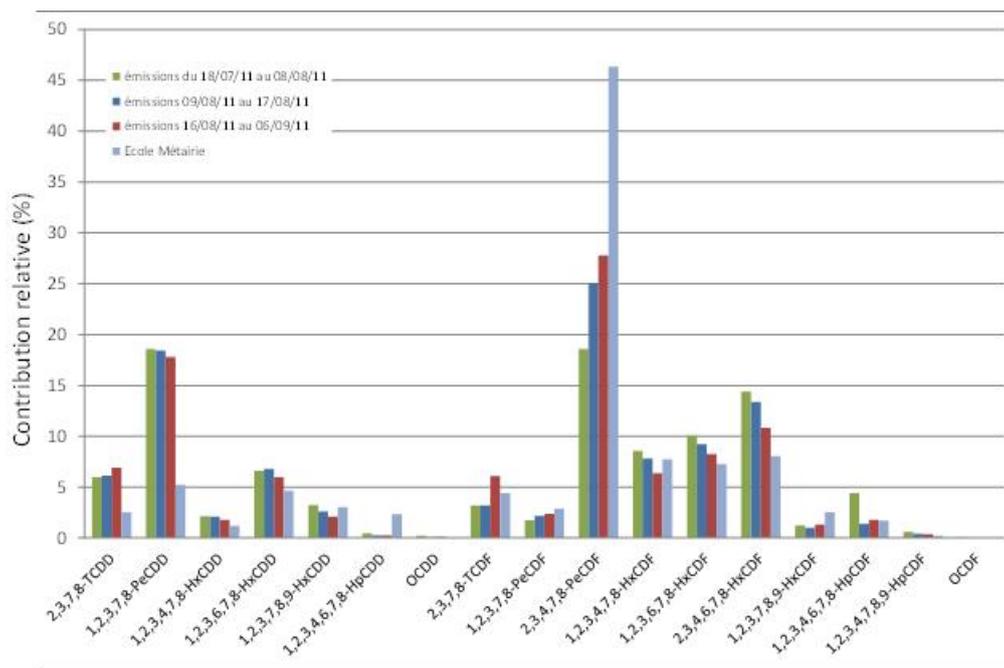


Figure 5 : profils des contributions relatives de chaque congénère au dépôt total (mesuré à l'école) et à l'émission en sortie de cheminée de l'installation durant la période de prélèvement (du 28/07 au 31/08/11).

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.

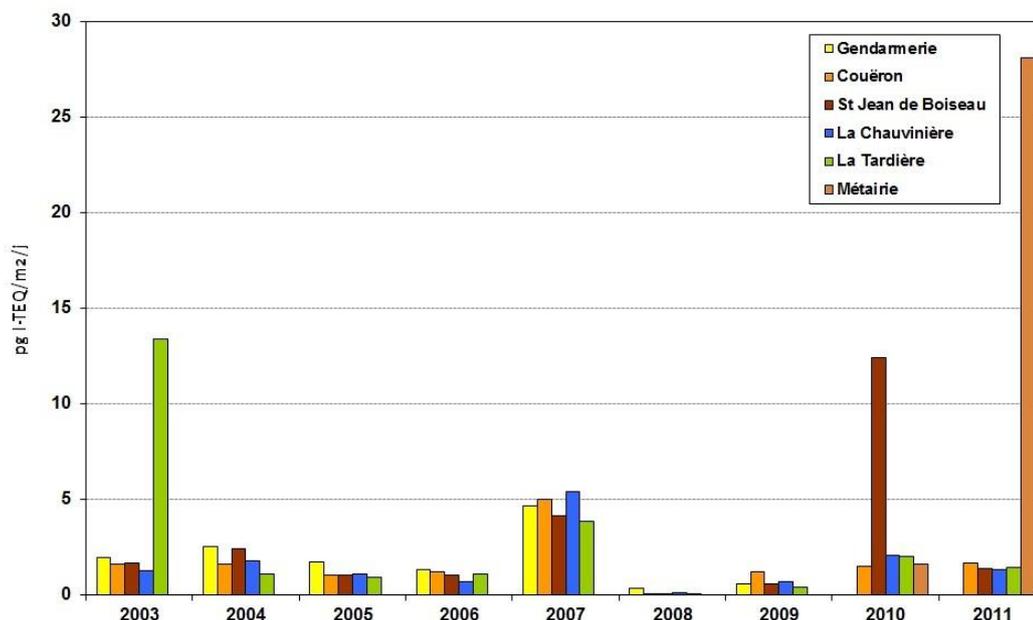


Figure 6 : historique des dépôts totaux de dioxines et furannes (pg I-TEQ /m²/j) mesurés dans l'environnement d'Arc-en-Ciel et sur les sites non influencés depuis 2003 [9] à [15], [34]

Jusqu'à présent, les concentrations en dioxines et furannes mesurées sur les sites de la gendarmerie ou de l'école de la Métairie n'avaient pas excédé 2 pg I-TEQ/m²/j. Avec 28 pg I-TEQ/m²/j, la concentration mesurée en 2011 à l'école de la Métairie doit être considérée comme significative (Durif, [6]). La confrontation du profil des 17 congénères (pg I-TEQ/m²/j) de l'école de la Métairie aux profils d'émissions en sortie de cheminée de l'installation met en évidence la contribution majoritaire d'une source de combustion de matières organiques, probablement de déchets verts, en complément des émissions industrielles.

En 2010, sur le site de St-Jean-de-Boiseau, des niveaux de dioxines et furannes comparables à ceux enregistrés à la Tardière en 2003 attribués alors à une source parasite (combustions parasites) avaient été mesurés. De cette observation et en tenant compte des mesures d'autocontrôle de dioxines et furannes réalisées par Arc-en-Ciel, l'hypothèse d'une source d'émission parasite ayant influencé les mesures à St-Jean-de-Boiseau avait alors été envisagée. Les niveaux mesurés en 2011 sont très comparables à ceux des autres sites de mesure.

Les niveaux enregistrés lors de cette campagne de mesure à Couëron, La Chauvinière et La Tardière sont du même ordre de grandeur que ceux relevés lors des années précédentes durant lesquelles aucun impact significatif des émissions d'Arc-en-Ciel n'avait été décelé.

comparaison à d'autres études

Les dépôts mentionnés dans la bibliographie sont habituellement exprimés en dépôts d'équivalents toxiques ($\text{pg ITEQ} / \text{m}^2 / \text{j}$). Le graphique suivant représente une synthèse des niveaux de dépôts de dioxines et furanes en équivalent mesurés par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air dans différents environnements depuis 2006 [33].

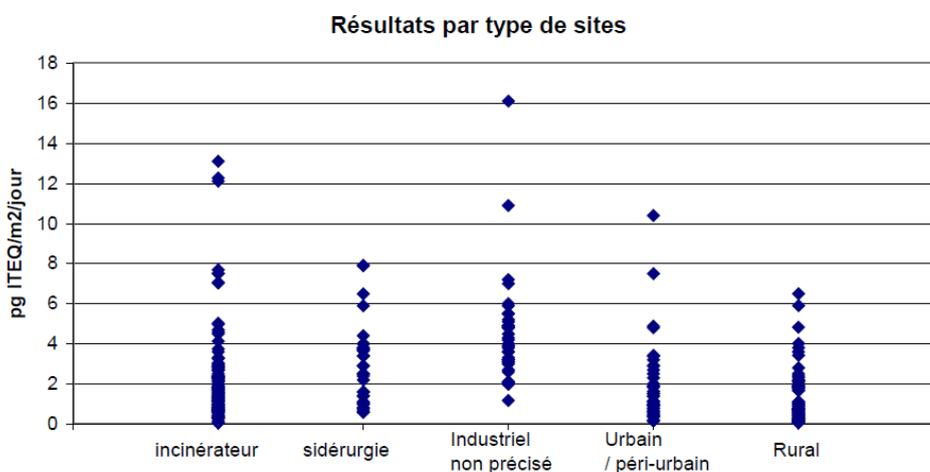


Figure 7 : historique des dépôts totaux ($\text{pg ITEQ} / \text{m}^2 / \text{j}$) mesurés depuis 2006 par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air [33].

Cette synthèse montre des niveaux de dépôt totaux comparables d'une typologie de site à l'autre avec des niveaux inférieurs à $20 \text{ pg ITEQ} / \text{m}^2 / \text{j}$. Il est à noter que les dépôts les plus faibles sont enregistrés sur les sites ruraux.

D'une façon globale, ces dépôts restent très inférieurs à ceux mesurés avant la mise aux normes des centres de valorisation des déchets où des dépôts supérieurs à $100 \text{ pg-ITEQ} / \text{m}^2 / \text{j}$ pouvaient être mesurés [5,3].

Le graphique ci-après représente les dépôts totaux exprimés en équivalents toxiques mesurés dans l'environnement de l'établissement Arc-en-Ciel et sur le site urbain de la Chauvinière et rural de la Tardière.

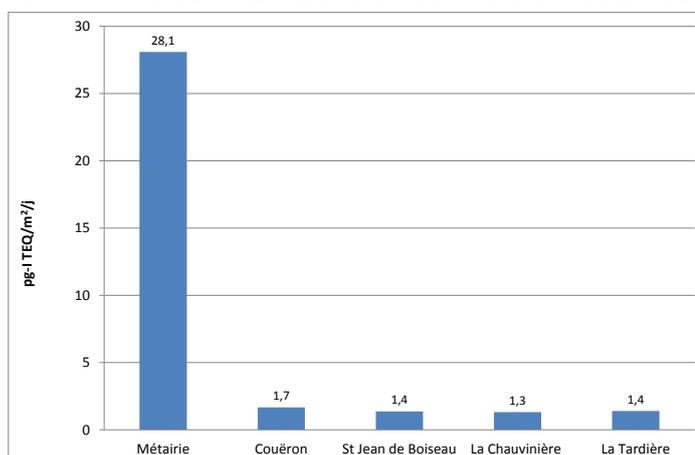


Figure 8 : dépôts totaux ($\text{pg ITEQ} / \text{m}^2 / \text{j}$) mesurés durant la campagne de mesure 2011

La comparaison des dépôts mesurés durant l'étude de 2011 avec ceux mentionnés dans la bibliographie montre :

- à la Chauvinière (site urbain) et à la Tardière (site rural), des dépôts dans la fourchette basse de ceux enregistrés sur le même type de site ;
- dans l'environnement de l'établissement Arc-en-Ciel, à Couëron et St-Jean-de-Boiseau, des dépôts très faibles (inférieurs à 2 pg ITEQ/m²/j) se situant dans la fourchette basse de ceux mesurés sur d'autres sites proches de centres de traitement ;
- que le dépôt mesuré au niveau de l'école de la Métairie (28 pg ITEQ/m²/j) se situe au-delà des niveaux relevés dans l'environnement de centres de traitement et de valorisation des déchets ou d'autres environnements industriels.

En conclusion les dépôts mesurés à Couëron et St-Jean-de-Boiseau sont faibles, comparables à ceux enregistrés sur le site urbain de la Chauvinière et le site rural de la Tardière et ne montrent pas d'impact significatif des rejets de dioxines et furannes de l'établissement Arc-en-Ciel. Le site de l'école de la Métairie se serait trouvé influencé par une source de combustion extérieure (brûlage de déchets verts par exemple) durant la période de prélèvement, à l'origine d'une hausse ponctuelle du dépôt de dioxines et furannes.

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

L'inventaire d'émissions régional BASEMIS mis en œuvre 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.

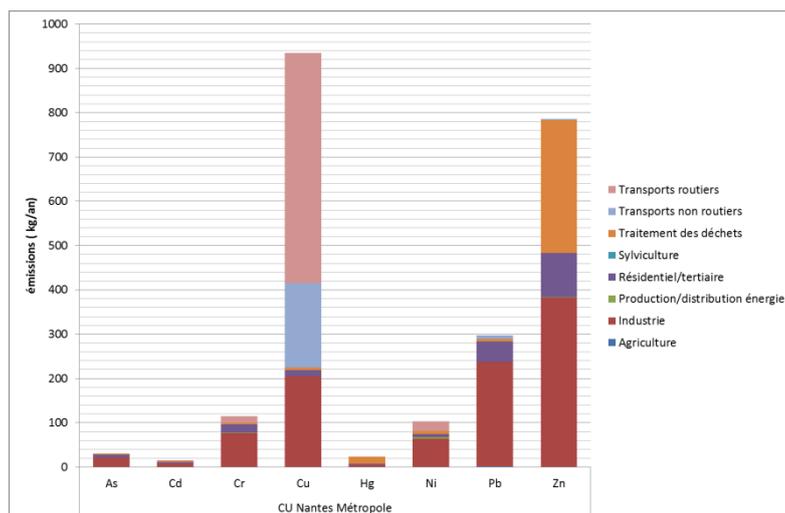


Figure 9 : émissions anthropiques annuelles de métaux lourds (kg/an) en 2008 (source Air Pays de la Loire-BASEMIS)

Les résultats d'analyse des prélèvements réalisés à la Métairie, à Couëron et à St-Jean-de-Boiseau, exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$, sont reportés dans le tableau ci-dessous :

ANALYSES	Métairie (sur brut)	Métairie (sur soluble)	Couëron (sur brut)	Couëron (sur soluble)	St J. Boiseau (sur brut)	St J. Boiseau (sur soluble)
Arsenic	0,28	-	0,29	-	0,45	0,15
Cadmium	-	-	-	-	-	-
Chlorures	-	2,40	-	2,59	-	2,71
Chrome	1,41	0,28	2,01	0,14	1,51	0,30
Cuivre	3,10	1,55	3,31	1,01	3,01	1,36
Manganèse	12,55	1,27	6,76	0,14	6,32	0,15
MES*	9,87	-	10,07	-	11,14	-
Mercurure	-	-	-	-	-	-
Nickel	1,69	0,85	3,60	2,30	2,26	1,05
Plomb	1,27	0,14	2,30	-	1,36	-
Sodium	-	1,27	-	1,44	-	1,51
Zinc	64,87	43,72	146,78	125,20	67,76	54,21

*: 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

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

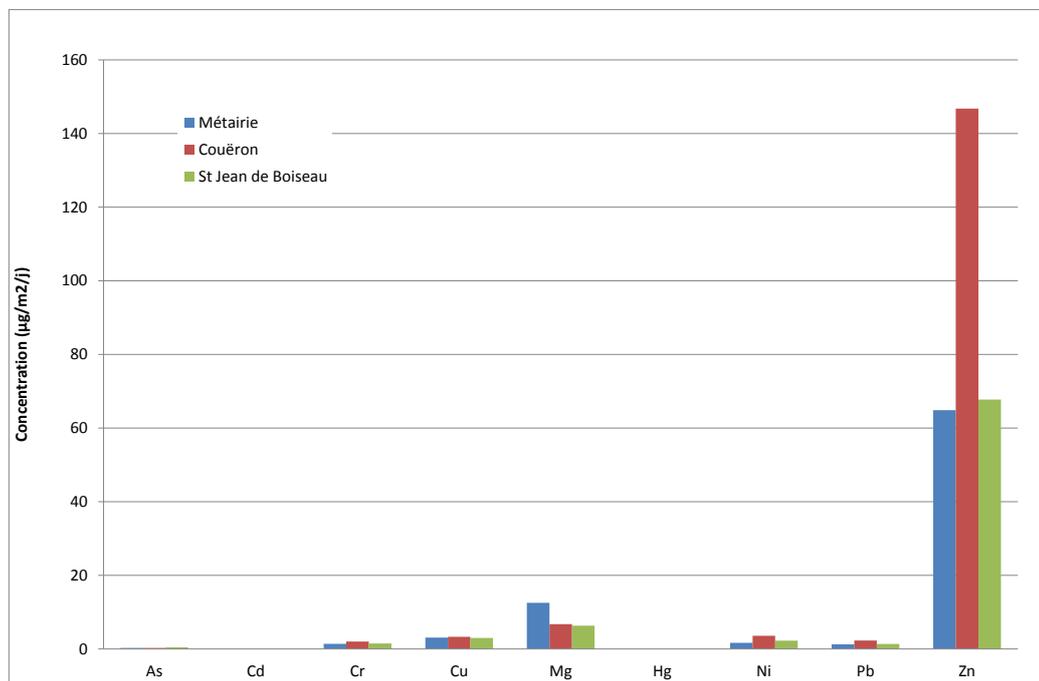


Figure 10 : retombées totales en métaux lourds dans l'environnement d'Arc-en-ciel relevés lors de la campagne de mesure 2011

D'après ces résultats, le zinc, le cuivre et le manganèse sont les métaux majoritaires sur les 3 sites de mesure. On peut remarquer par ailleurs que les niveaux sont systématiquement plus élevés dans les retombées sèches, ceci quel que soit l'élément considéré.

Pour les particules en suspension (MES), les niveaux sont similaires sur les 2 sites de mesure avec une moyenne de l'ordre de $10 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$.

Ces résultats semblent confirmer les hypothèses avancées en 2010 d'une part sur l'origine terrigène de l'augmentation du flux de zinc à Couëron (alors supérieur à $600 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$), et d'autre part d'une source parasite de particules en suspension (d'arsenic, cadmium, dioxines et furannes notamment) à St-Jean-de-Boiseau.

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 5 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 2011	Valeurs réglementaires allemandes et suisses
Arsenic	0,6 et 0,7	0,05 – 1,3	0,28 – 0,45	4
Cadmium	0,2 – 0,9	0,3 – 3,0	0	2
Chrome	1,7 – 6,7	1,8 – 17,6	1,4 – 2	-
Cuivre	3,5 – 9,5	2,1 – 67,9	3 – 3,3	-
Manganèse	7,2 – 14,7	8,5 – 24,6	6 – 13	-
Nickel	1,6 – 3,7	1,0 – 22,9	1,7 – 3,6	15
Plomb	3,3 – 10,3	0,4 – 106	1,3 – 2,3	100
Zinc	17,8 – 219	10 – 285	65 – 147	400

Tableau 7 : flux moyen de dépôt total de métaux recensés dans la littérature [14] à [26] et valeurs de référence (moyennes annuelles) en Allemagne et en Suisse

Les niveaux relevés dans l'environnement d'Arc-en-Ciel sont comparables aux niveaux habituellement enregistrés en zone urbaine (hors influence d'usines d'incinération) et recensés dans la littérature. Ceci suggère que l'influence de l'établissement sur les dépôts de métaux lourds recueillis dans son environnement est faible.

Enfin, bien qu'une comparaison stricte des données de la campagne de 2011 (collecte sur 6 semaines) aux valeurs réglementaires allemandes et suisses (moyenne annuelle) ne puisse être effectuée, il peut être estimé que les risques de dépassement de ces limites restent faibles.

mesure des concentrations atmosphériques

chlorures particulaires et chlorure d'hydrogène

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

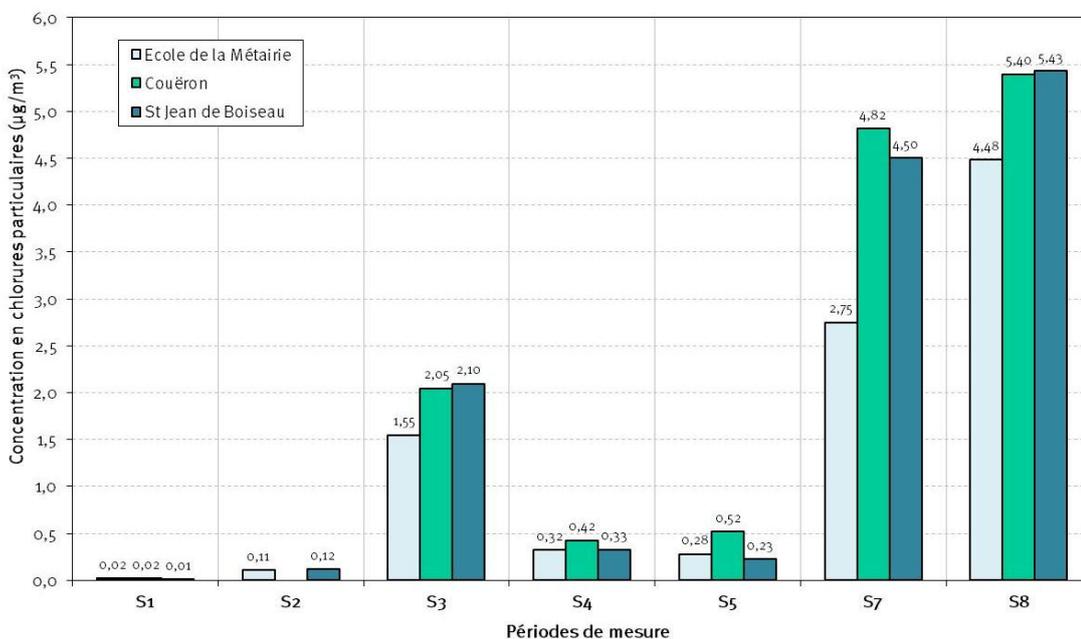


Figure 11 : évolution des concentrations en chlorure particulaire durant les 7 semaines de mesure sur les 3 sites

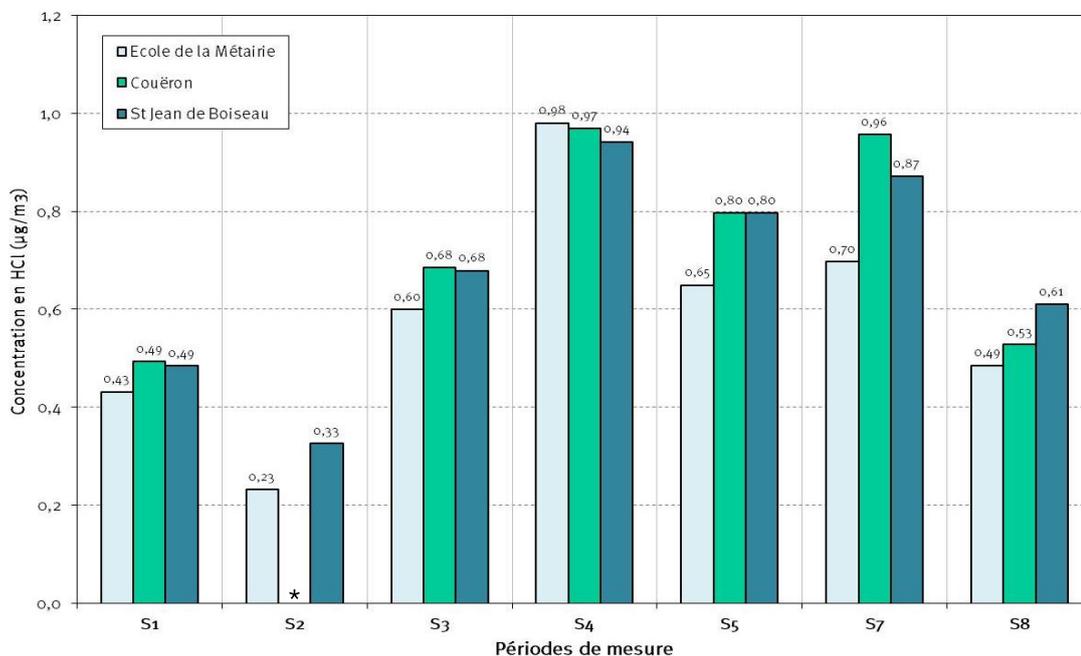


Figure 12 : évolution des concentrations en chlorure gazeux durant les 7 semaines de mesure sur les 3 sites
*absence de mesure

chlorures particulaires

Les chlorures particulaires proviennent essentiellement des embruns marins en provenance de l'océan. D'après la figure 11, leurs concentrations sont homogènes sur les 3 sites de mesure, durant toute la campagne de mesure, avec des niveaux évoluant de l'état de traces à un peu plus de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ce résultat suggère donc que les sites sont exposés à une pollution de fond.

La variation des niveaux est à mettre en relation avec la direction et la force des vents, les vents forts de secteur sud-ouest étant favorables à l'élévation des niveaux observée notamment lors des semaines 7 et 8.

chlorure gazeux

De manière générale, les niveaux de chlorure gazeux sont homogènes sur les 3 sites de mesure pour l'ensemble des périodes de prélèvement avec des moyennes hebdomadaires évoluant de $0,2$ à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les niveaux relevés en 2011 sont du même ordre de grandeur que ceux enregistrés les années précédentes. Ainsi en 2010, les concentrations hebdomadaires avoisinaient un niveau moyen de $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tandis qu'en 2009, elles ont varié de $0,2$ à $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [15]. Ces concentrations sont concordantes avec les niveaux enregistrés par exemple en 2008, par AIR NORMAND qui a mesuré des teneurs en HCl comprises entre $0,2$ et $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'environnement de l'usine d'incinération des ordures ménagères de Guichainville [27].

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 2011, sont presque 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, 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. En d'autres termes, l'impact des activités de l'établissement Arc-en-Ciel sur les niveaux atmosphériques de chlorure gazeux mesurés à proximité, n'a pas été mis en évidence lors de la campagne de mesure 2011.

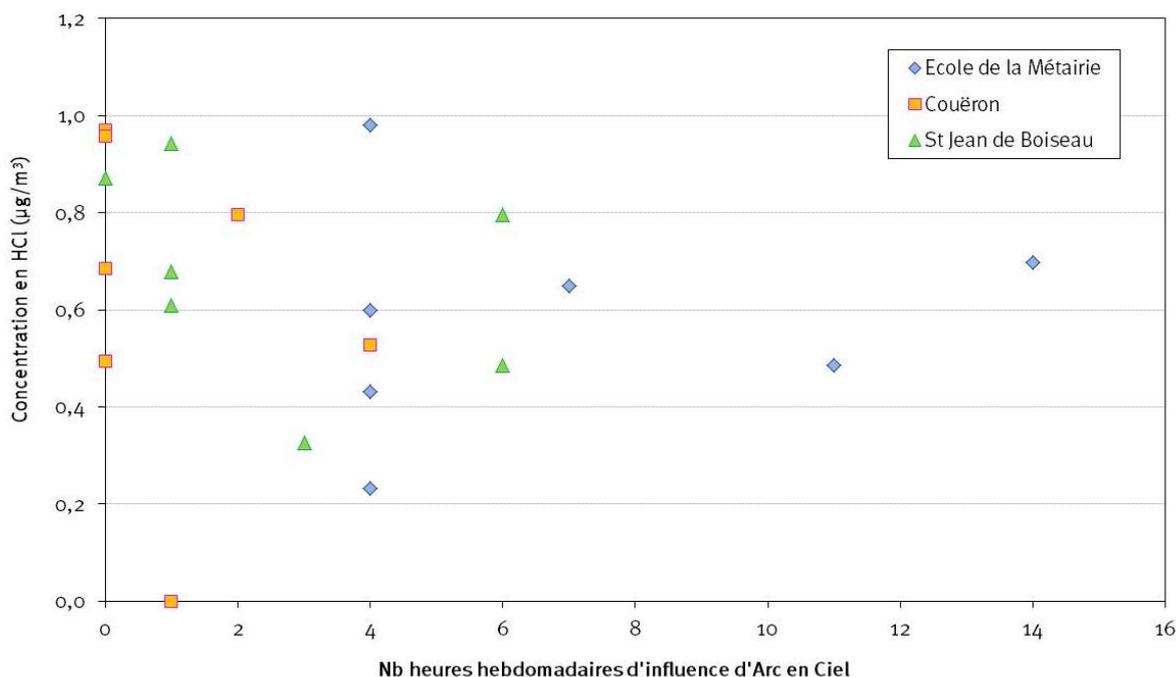


Figure 13: évaluation de la corrélation entre les concentrations en HCl et l'influence d'Arc-en-Ciel

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

La figure ci-dessous présente l'évolution des niveaux de chlorures particuliers et de chlorure d'hydrogène mesurés dans l'environnement d'Arc-en-Ciel depuis 2005.

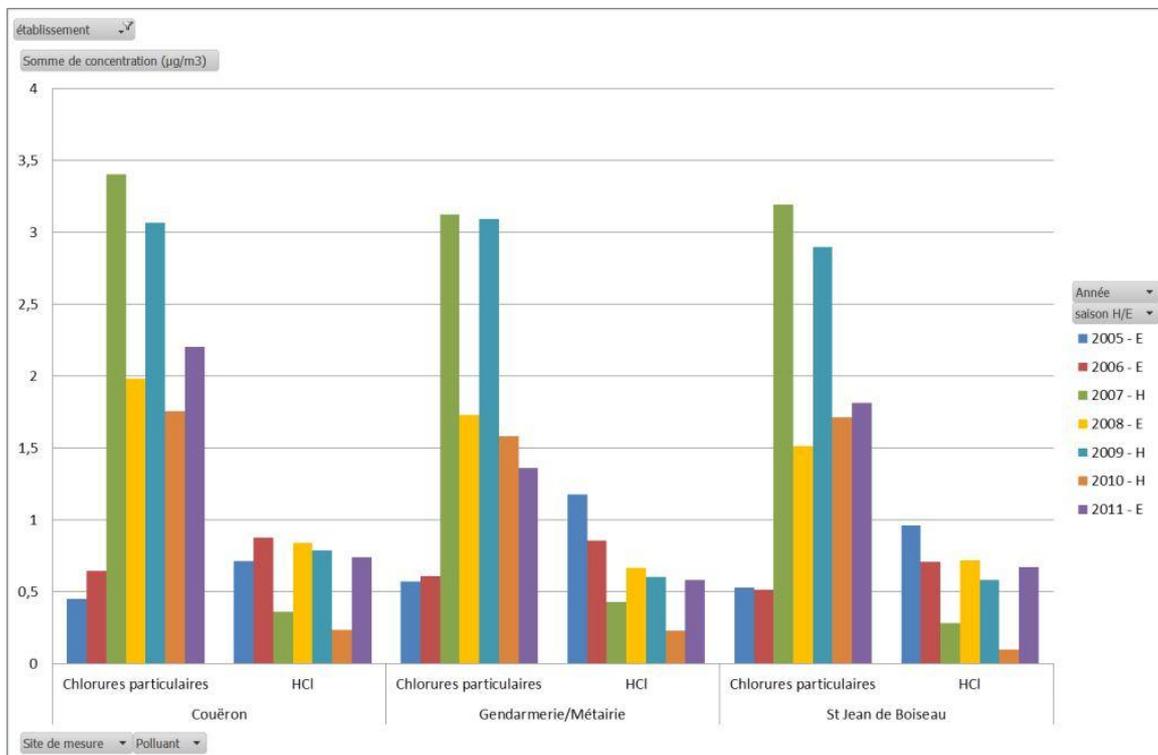


Figure 14 : Historique des niveaux de chlorures particuliers et chlorures gazeux dans l'environnement d'Arc-en-Ciel (H : hiver/ E : été)

Puisque l'une des principales sources de chlorures particuliers est d'origine marine, les niveaux de chlorures particuliers dans l'atmosphère sont liés à la direction et la force des vents et apparaissent naturellement plus élevés par vents plutôt forts de secteur ouest à sud-ouest. Ces conditions climatiques, caractéristiques des épisodes dépressionnaires, étant plus fréquentes en périodes dites froides, les niveaux de chlorures dans l'atmosphère sont globalement plus élevés durant les campagnes hivernales de 2007, 2009 et 2010.

Il ne s'agit là que d'une tendance puisque pour les campagnes estivales de 2011 et 2007, largement dominées par des vents en provenance de l'océan emportant les embruns marins vers le continent, les concentrations approchent celles de 2010.

Les profils de chlorure d'hydrogène ont tendance à être anti-corrélés à ceux des chlorures particuliers. Ainsi, les niveaux mesurés lors des campagnes estivales sont globalement plus élevés, les variations saisonnières restant toutefois relativement plus faibles que pour les chlorures particuliers (rapport de 1 à 2 voire 3 au maximum).

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.

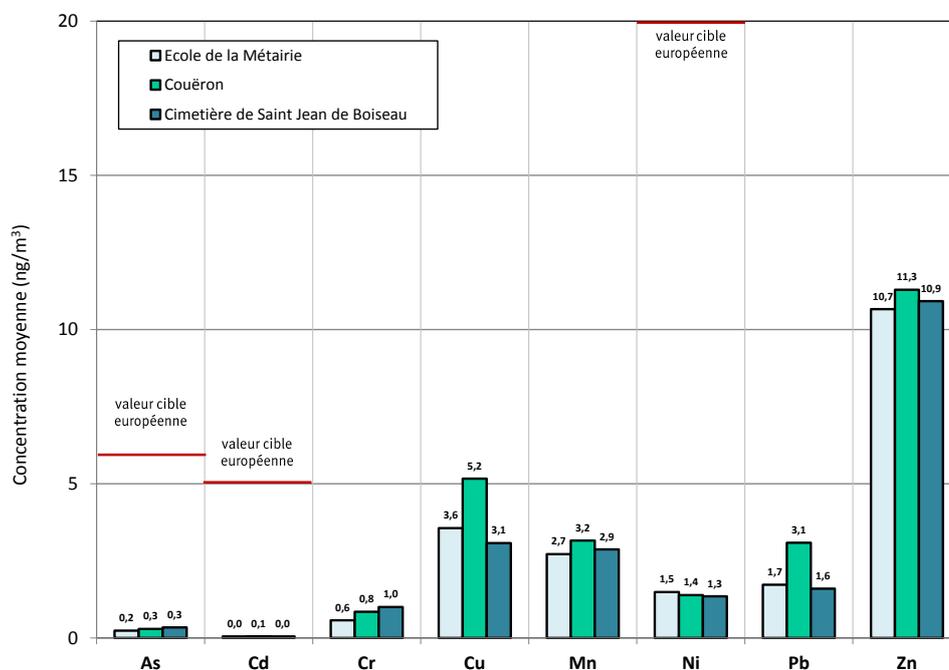


Figure 15 : concentrations moyennes en métaux dans l'air ambiant en 2011 dans l'environnement d'Arc-en-Ciel³

D'après ces résultats, les concentrations en chacun des différents métaux ciblés, sont homogènes sur les 3 sites de mesure.

Comme pour les mesures des métaux lourds dans les retombées atmosphériques, le zinc est l'élément majoritaire, avec des concentrations de l'ordre de 11 ng/m³.

Le cuivre, le manganèse, le plomb et le nickel constituent la seconde gamme de métaux lourds, dont les niveaux évoluent de 1,5 à 5 ng/m³.

Enfin, l'arsenic, le cadmium et le chrome sont eux détectés à l'état de traces avec des concentrations inférieures à 1 ng/m³.

Cette répartition est similaire à celle relevée lors de la précédente campagne d'évaluation de qualité de l'air dans l'environnement d'Arc-en-Ciel en 2010.

Par ailleurs, au cours de la campagne de mesure, les niveaux de chacun des 9 métaux ciblés sont restés relativement stables, comme illustré dans l'annexe 5.

³ 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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							
		As	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Air Pays de la Loire	Cette étude (3 sites, 7 semaines)	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 [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
Air Languedoc-Roussillon 2010 [28]	Dans l'environnement de l'incinérateur de Lunel-Viel 1 site – moyenne mensuelle	0,3	0,2	0,2	-	-	0,7	-	9,8
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
As	6	Décret 2010-1250
Cd	5	Décret 2010-1250
Ni	20	Décret 2010-1250
Pb	500 (valeur limite)	Décret 2010-1250
Cd	5	Recommandation OMS
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 d'Arc-en-Ciel. En effet, les teneurs moyennes enregistrées au cours de la campagne représentent au maximum 5% des valeurs limites annuelles.

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

Afin d'estimer l'influence de l'établissement sur la qualité de l'air dans son environnement, une étude de corrélation entre les niveaux des différents métaux lourds et le nombre d'heures durant lesquelles les sites ont été exposés aux vents en provenance de l'établissement, a été réalisée. Aucune relation de causalité ne ressort de cette analyse.

L'impact des rejets d'Arc-en-Ciel sur les concentrations atmosphériques en métaux lourds dans son environnement, n'a donc pas été mesurable durant la campagne 2011.

historique

Les concentrations moyennes en métaux lourds relevées au cours des dernières campagnes de mesure, sur les sites de Couëron et de St-Jean-de-Boiseau, 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.

Ces histogrammes montrent que les concentrations en As, Cd, Cr et Pb, relevés en 2011 sont du même ordre de grandeur que les teneurs enregistrées en 2010 avec toutefois une tendance à la baisse.

Pour les autres métaux, seuls les niveaux de Mn augmentent légèrement par rapport à la campagne de mesure précédente.

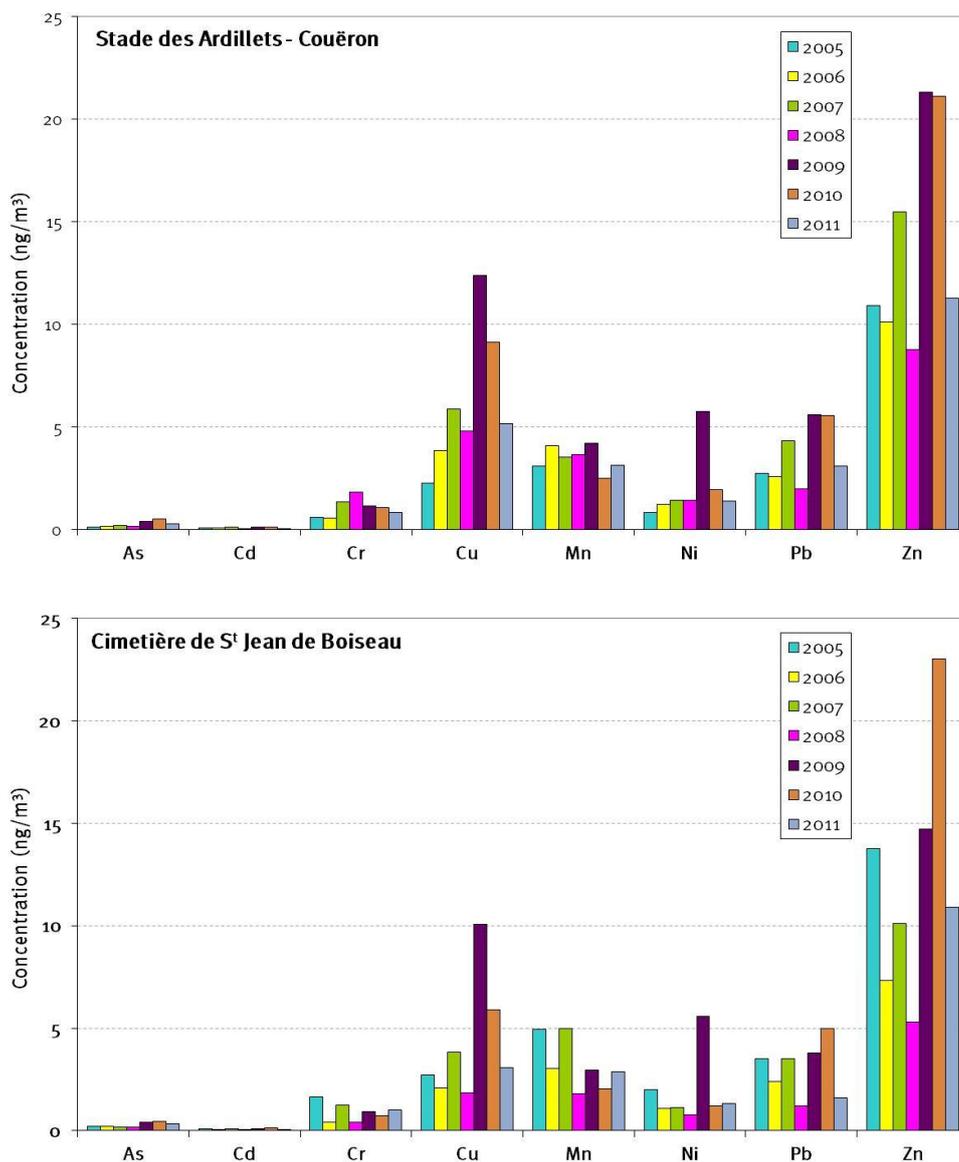


Figure 16 : évolution des concentrations en métaux lourds dans l'air, relevées dans l'environnement d'Arc-en-Ciel depuis 2005

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

Ce paragraphe porte sur les analyses en continu des oxydes d'azote, du dioxyde de soufre, du monoxyde de carbone et des particules PM₁₀, réalisées entre le 21 juillet et le 16 septembre 2011 sur le site de l'École de la Métairie.

dioxyde d'azote

L'étude suivante porte sur l'analyse des niveaux moyens et maximums de dioxyde d'azote mesurés durant la campagne 2011 sur le site de l'École de la Métairie. Ces niveaux de NO₂ sont comparés à ceux enregistrés sur le site urbain du cimetière de la Bouteillerie à Nantes et le site industriel situé à St-Etienne-de-Montluc.

D'après ces résultats, le profil des concentrations de NO₂ enregistrées sur le site urbain du cimetière de la Bouteillerie, qui n'est pas impacté par les émissions d'Arc-en-Ciel, est similaire à celui relevé à l'école de la Métairie. On note également que les niveaux, relativement faibles, mesurés à Nantes sont dans l'ensemble légèrement supérieurs, en lien avec la relative proximité des émissions polluantes d'origine automobile, avec une concentration moyenne de NO₂ de 10 µg/m³ contre 9 µg/m³ à l'école de la Métairie. Les niveaux moyens mesurés durant la même période à St-Etienne-de-Montluc sont deux fois plus faibles.

La comparaison des maximums horaires enregistrés sur les 2 premiers sites montre les mêmes tendances, avec des extremums de 69 et 67 µg/m³ au cimetière de la Bouteillerie et à l'école de la Métairie. En fin de campagne par vent de sud-est, le site de l'école de la Métairie s'est trouvé influencé par l'agglomération nantaise voire d'autres activités industrielles, à l'origine de l'élévation des niveaux.

Par ailleurs, la moyenne horaire maximale en NO₂ relevée dans l'environnement d'Arc-en-Ciel est inférieure d'un facteur 3 au seuil d'information et de recommandation fixé à 200 µg/m³ sur une heure.

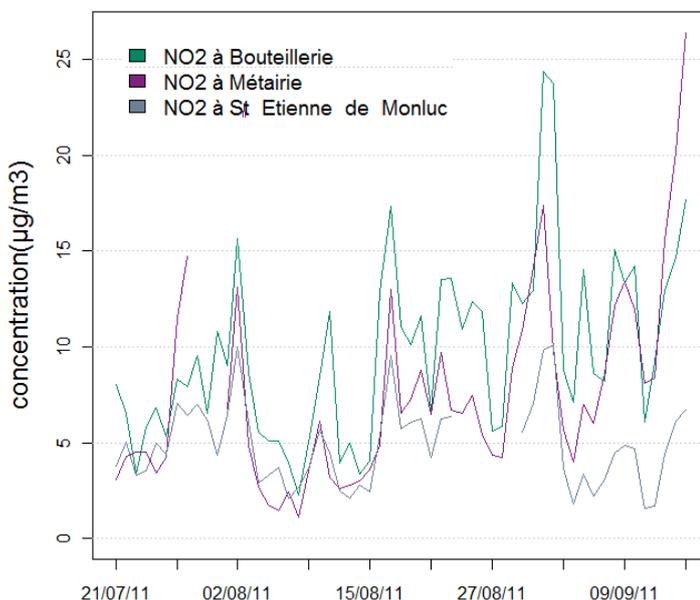


Figure 17 : moyennes journalières en NO₂ à la Métairie, au cimetière de la Bouteillerie à Nantes et à St-Etienne-de-Montluc durant la campagne 2011

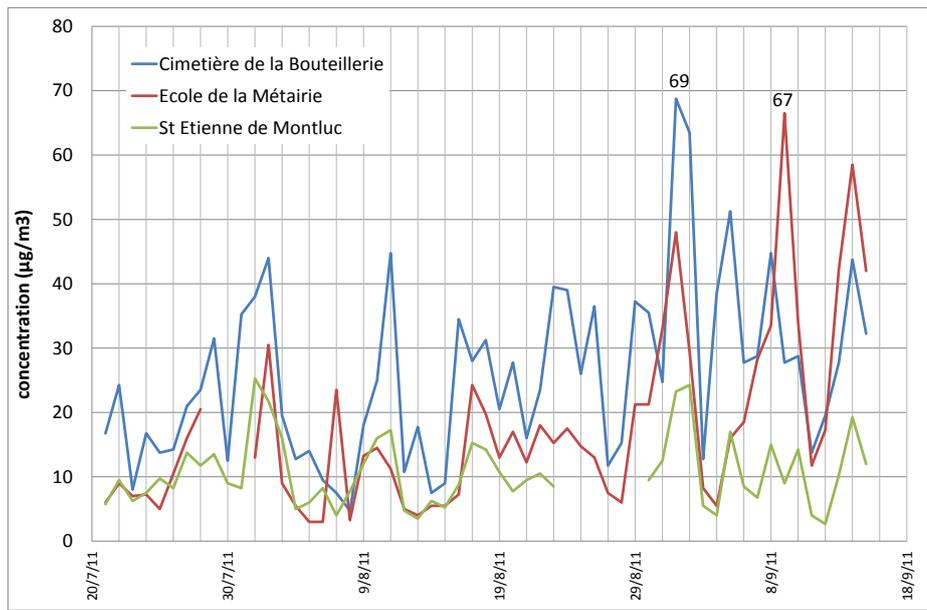


Figure 18 : maximums horaires journaliers de NO₂ à la Métairie, au cimetière de la Bouteillerie à Nantes et à St-Etienne-de-Montluc durant la campagne 2011

dioxyde de soufre

À l'instar des analyses de NO₂ précédentes, ce paragraphe présente les résultats de SO₂ obtenus sur le site de la Métairie. Les moyennes journalières ainsi que les maxima horaires journaliers sont exposés sur les figures suivantes.

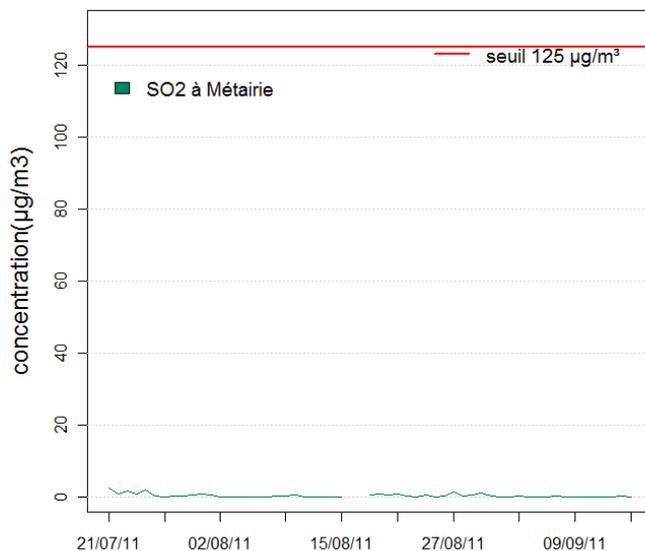


Figure 19 : moyennes journalières en SO₂ à la Métairie durant la campagne 2011

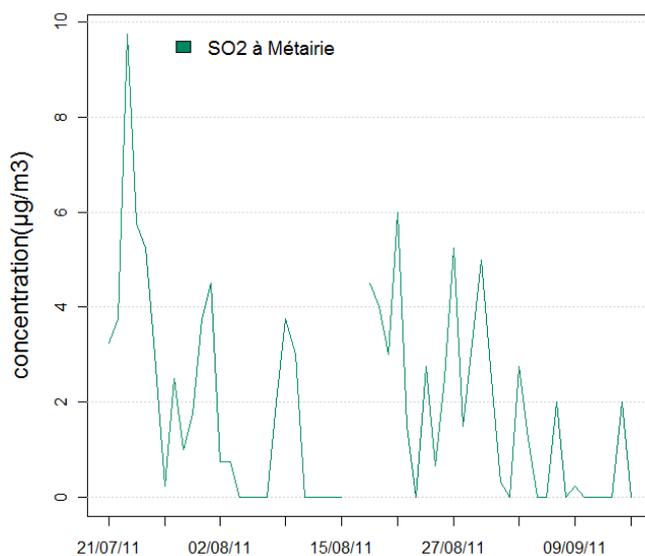


Figure 20 : maxima horaires en SO₂ à la Métairie durant la campagne 2011

Les concentrations journalières enregistrées à la Métairie sont très faibles avec des niveaux moyens inférieurs au microgramme par mètre cube, et un maximum journalier de 2 µg/m³. La valeur limite journalière de 125 µg/m³ (à ne pas dépasser plus de 3 jours par an) est, sur cette période, aisément respectée.

La concentration horaire maximale au cours de la campagne de mesure n'excède pas 10 µg/m³ sur le site de l'école de la Métairie. En moyenne, ces maxima horaires journaliers sont 150 fois inférieurs au seuil d'information et de recommandation fixé à 300 µg/m³ sur une heure.

particules fines PM₁₀

Ce paragraphe traite de l'analyse des niveaux moyens journaliers en particules PM₁₀ relevés à la Métairie, sur le site permanent du cimetière de la Bouteillerie à Nantes et à St-Etienne-de-Montluc. Les résultats sont présentés sur les deux figures suivantes.

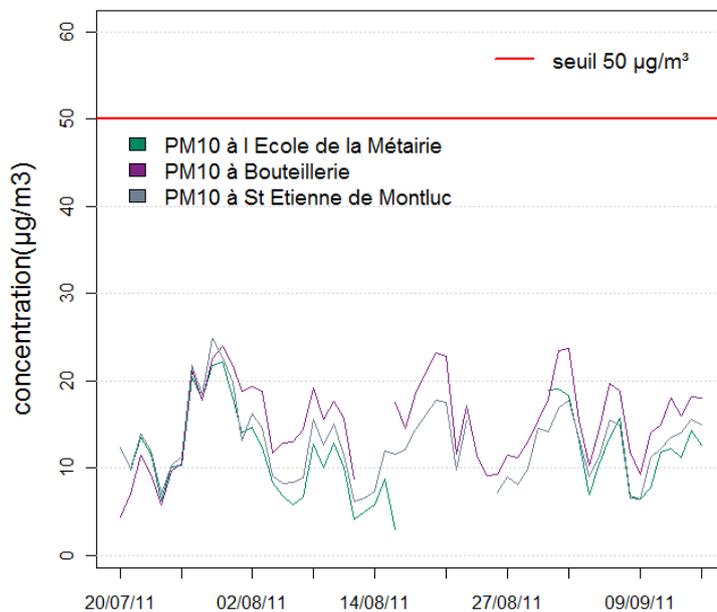


Figure 21 : moyennes journalières en PM₁₀ à la Métairie et à la Bouteillerie durant la campagne 2011

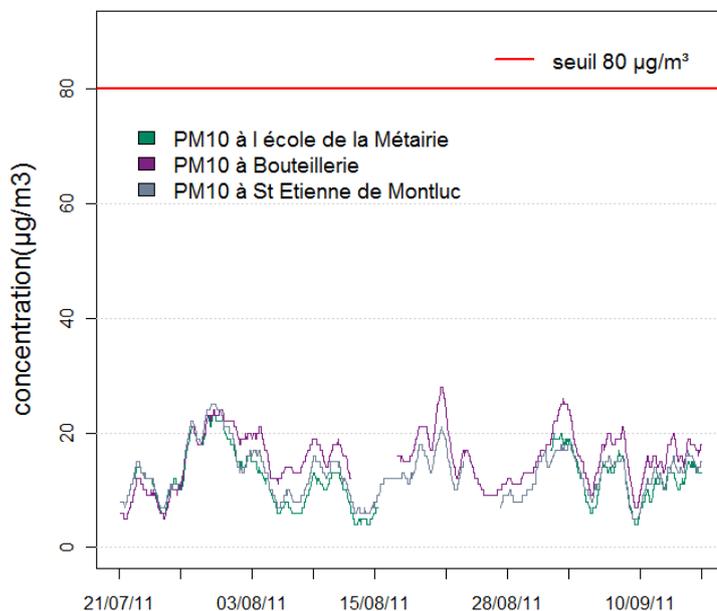


Figure 22 : évolution des moyennes 24-horaires en particules PM₁₀ à la Métairie, au cimetière de la Bouteillerie à Nantes et à St-Etienne-de-Montluc durant la campagne 2011

Les concentrations moyennes relevées à l'école de la Métairie sont comparables à celles relevées en environnement urbain à Nantes, et à St-Etienne-de-Montluc avec une moyenne de l'ordre de 12 µg/m³. Leurs profils sont similaires au cours de la campagne de mesure, sans élévation singulière des niveaux au-delà de la valeur limite journalière fixée à 50 µg/m³ (à ne pas dépasser plus de 35 jours par an).

Les moyennes 24-horaires mesurées à l'école de la Métairie ont ainsi été très inférieures au seuil de recommandation et d'information 80 µg/m³.

monoxyde de carbone

Le dernier polluant analysé en continu sur le site de la Métairie est le monoxyde de carbone. L'évolution des moyennes journalières et des moyennes 8-horaires maximales de ce polluant au cours de la campagne de mesure sont présentées sur les 2 figures suivantes.

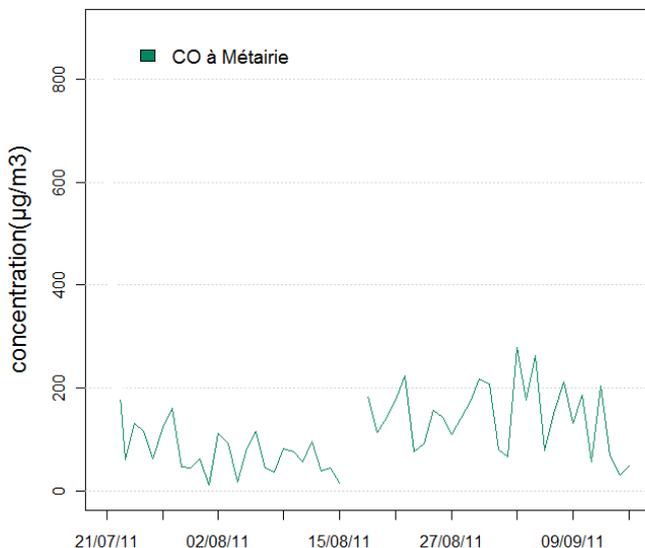


Figure 23 : moyennes journalières en CO à la Métairie durant la campagne 2011

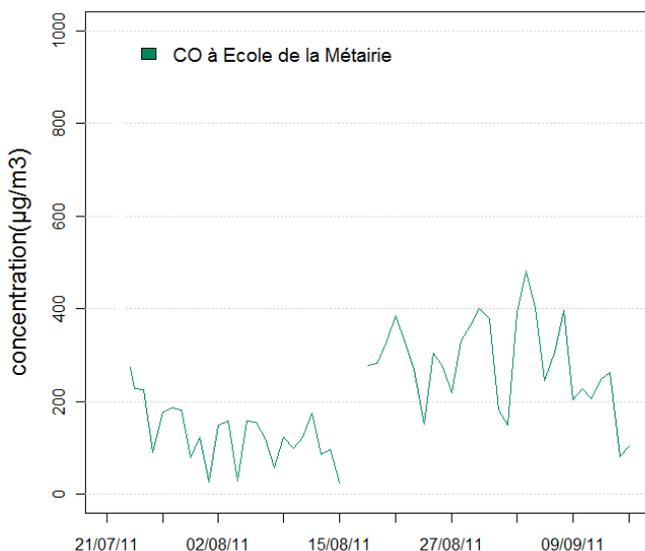


Figure 24 : évolution des moyennes 8-horaires maximales en CO à la Métairie durant la campagne 2011

Les concentrations journalières enregistrées sont en moyenne inférieures à $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les moyennes 8-horaires maximales calculées sur la période de campagne et présentées sur la figure ci-dessus sont inférieures à la valeur limite fixée à $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, les niveaux de pointe à $480 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ne représentant que 5% de ce seuil.

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

Les figures suivantes présentent respectivement les roses de pollution du dioxyde d'azote, du dioxyde de soufre, des particules PM₁₀ et du monoxyde de carbone mesurés 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.

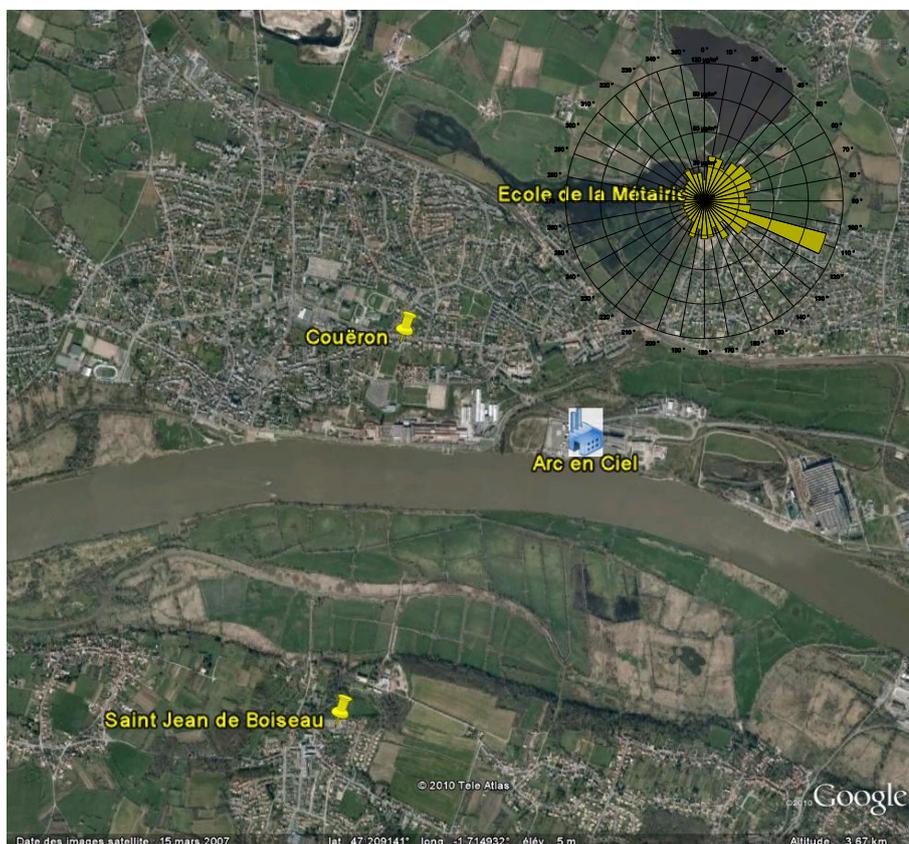


Figure 25 : rose de pollution des niveaux de pointe (percentile 98) en NO₂ à l'Ecole de la Métairie

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, aucune des roses de pollution ne fait apparaître d'élévation des niveaux de pointe. Ceci suggère que l'impact de l'établissement n'est pas significatif sur les concentrations de NO₂, SO₂, PM₁₀ ni de CO dans son environnement durant la campagne de mesure.

Concernant le dioxyde d'azote, les élévations s'observent principalement par vent de sud-est ou d'est, le 9 septembre notamment, sous l'influence de l'agglomération nantaise et éventuellement d'autres établissements industriels localisés à l'est d'Arc-en-Ciel.

Pour le dioxyde de soufre, 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.

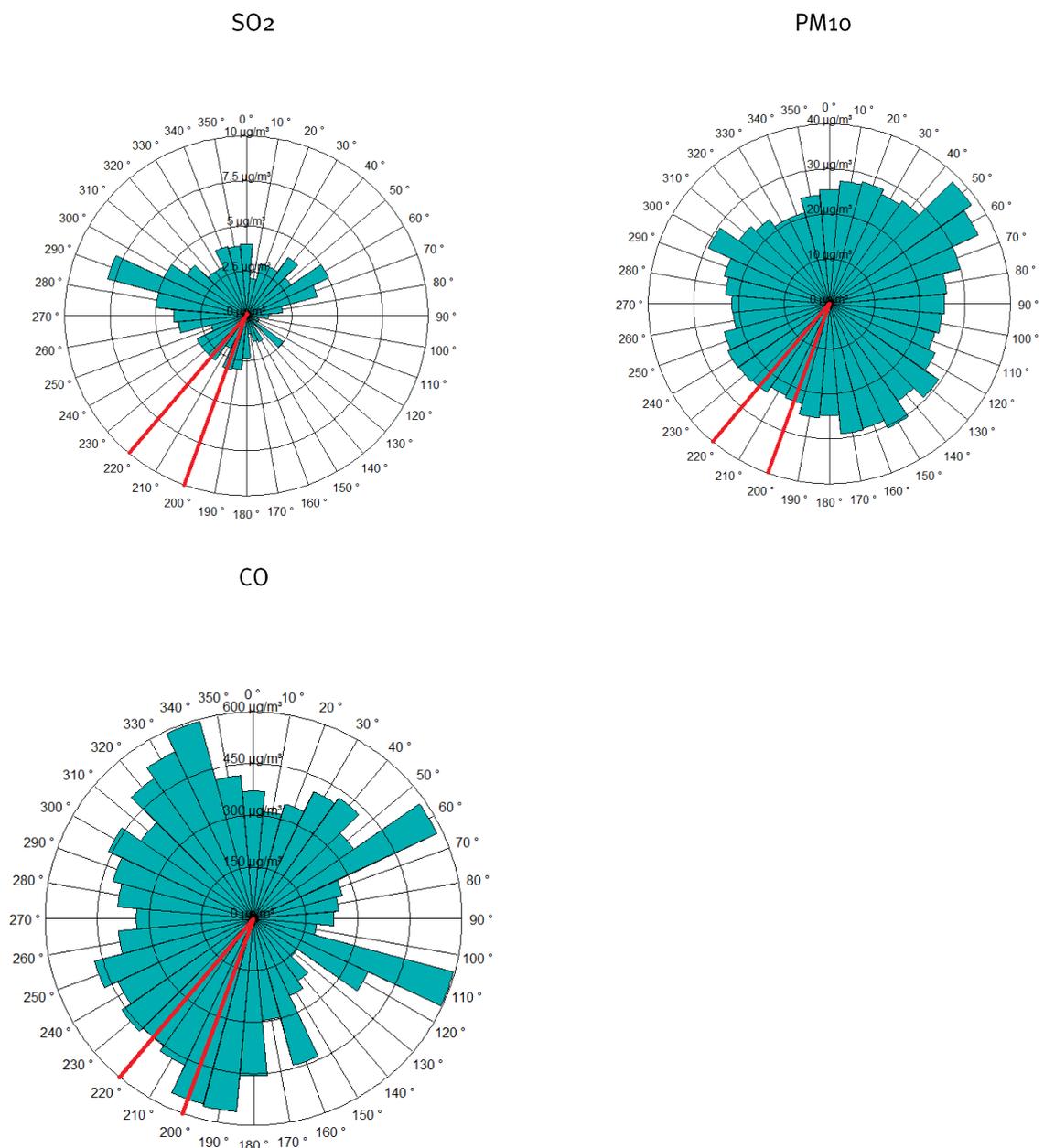


Figure 26 : rose de pollution des niveaux de pointe (percentile 98) en SO₂, PM₁₀ et CO à l'École de la Métairie, durant la campagne de mesure

conclusions et perspectives

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.

D'après les résultats de la campagne de mesure menée du 21 juillet au 15 septembre 2011 :

- 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 de l'école de la Métairie 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 pu être mise en évidence entre les niveaux de chlorure d'hydrogène dans l'air et les rejets de l'UVE,
- les concentrations des polluants atmosphériques mesurées en continu sont inférieures aux seuils d'information et de recommandation,
- aucune augmentation significative des niveaux de SO₂, NO₂, CO ou PM10 n'est observée dans le secteur de vent en provenance d'Arc-en-Ciel.

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 : évolution des concentrations atmosphériques en métaux lourds, au cours de la campagne de 2011

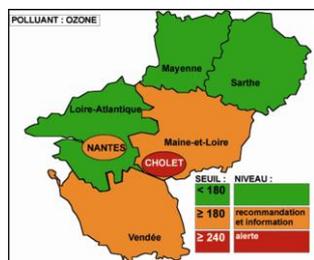
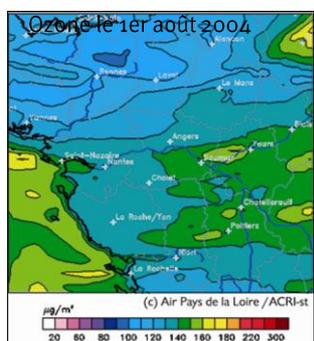
annexe 6 : seuils de qualité de l'air 2011

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, des Transports et du Logement 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, airplab 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...

des publications largement diffusées

Tous les trois mois, Air Pays de la Loire publie des informations sur la qualité de l'air de la région, grâce à son bulletin trimestriel d'information *Au fil de l'air*. Un rapport annuel dresse par ailleurs un état très complet de la qualité de l'air.

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 02 novembre au 30 novembre 2010, pour le site de La Tardière et du 3 novembre au 8 décembre 2010 pour les 4 autres sites.

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 μpolluants Technologie SA (accrédité COFRAC 1-1151 section «Mesures dans les retombées atmosphériques, détermination de la concentration massique en PCDD et PCDF»).

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

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

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

prise en compte d'éventuelles contaminations

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

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 2 novembre au 30 novembre 2010, pour le site de La Tardière et du 3 novembre au 8 décembre 2010 pour les 4 autres 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.

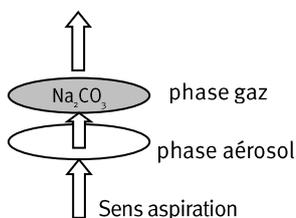
En 2005, un nouveau dispositif a été mis en œuvre qui permet la différenciation des chlorures particuliers et de l'acide chlorhydrique lors du prélèvement.



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/ m^3h 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 NFX 43-018**).



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 NFX 43-019**).

pas de temps :

Tous les quarts d'heure.

étalonnage :

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

mesures des concentrations atmosphériques en monoxyde de carbone

méthode - normes

Le monoxyde de carbone est détecté par la technique d'absorption infrarouge (**norme NFX 43-044**).

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 1er 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.

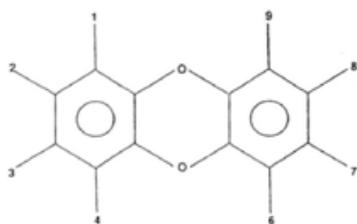
l'acide chlorhydrique (HCl)

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).

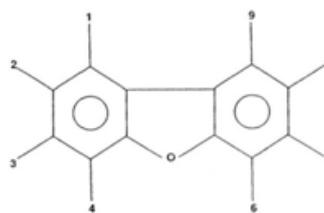
les dioxines et les furannes

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

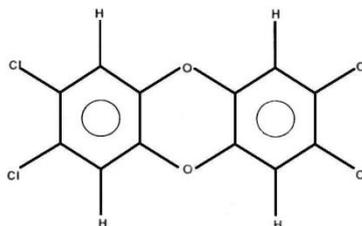


Dibenzofuranne

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

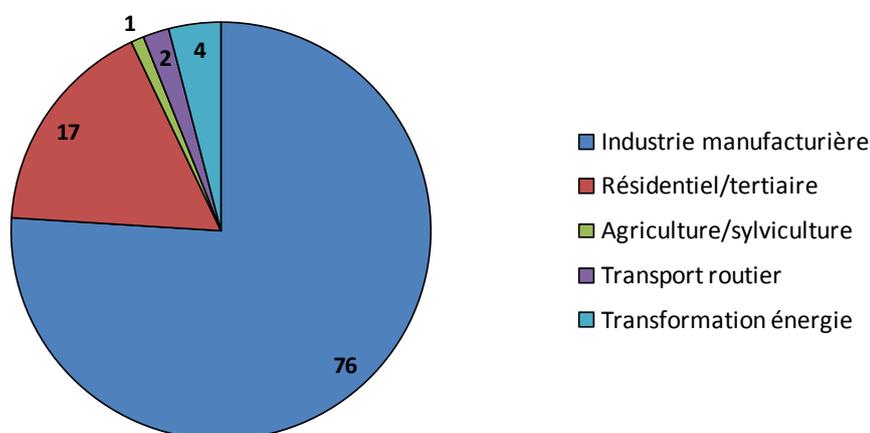
Molécules	I-TEF OMS(1997)
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzodioxine	1
1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzodioxine	1
1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzodioxine	0,1
1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzodioxine	0,1
1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzodioxine	0,1
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlorodibenzodioxine	0,01
Octachlorodibenzodioxine	0,0001
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzofuranne	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].

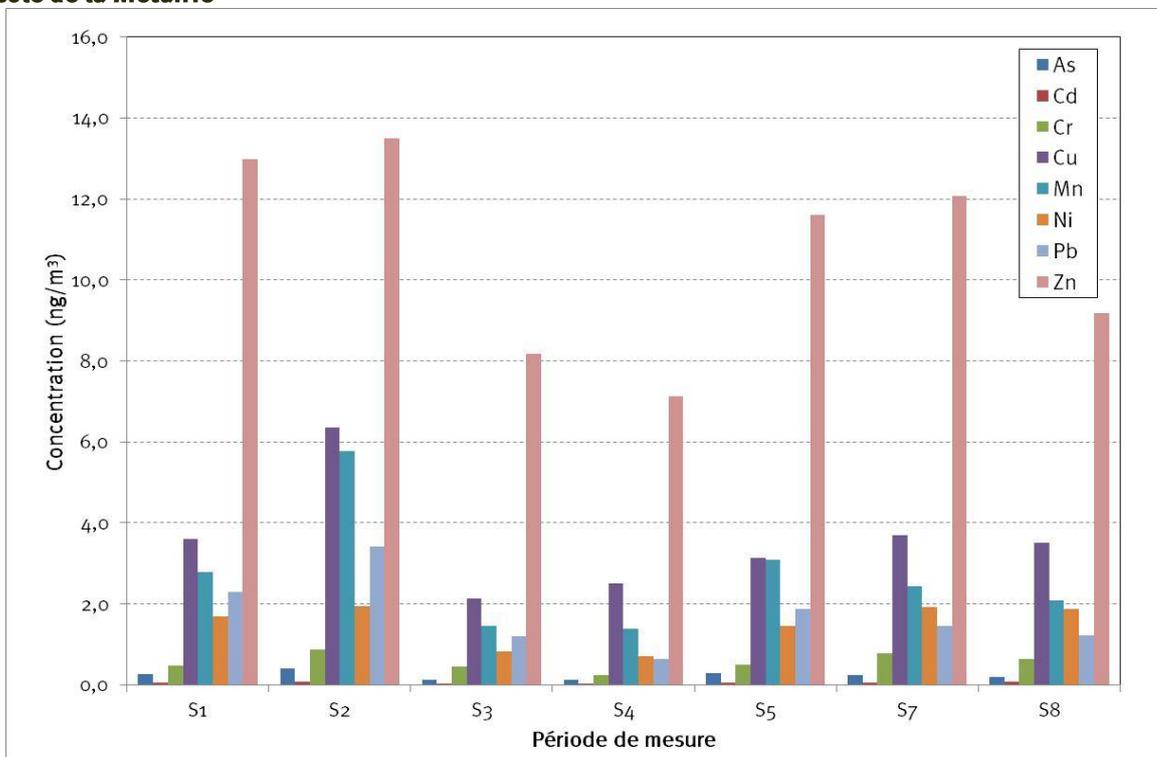


sources d'émission anthropique de dioxines et furannes (%) en 2008 [3]

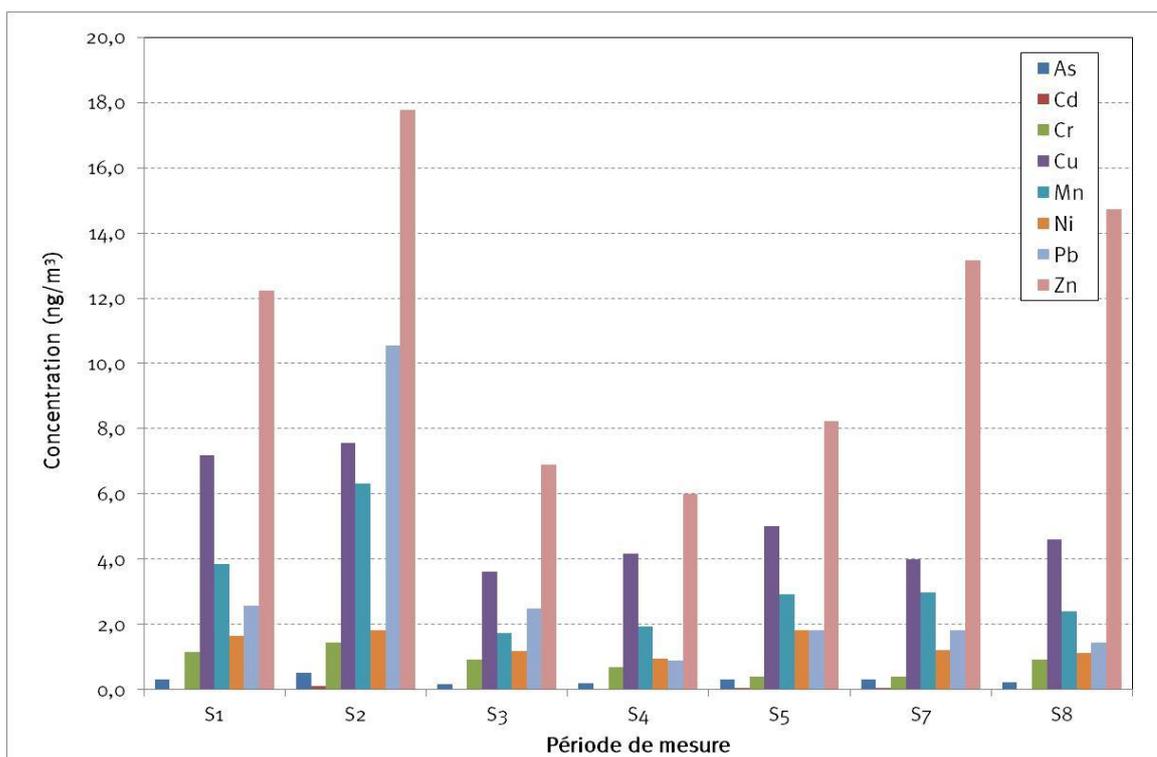
Contrairement aux autres polluants, l'exposition de l'homme passe très peu par l'air: les dioxines et les furannes s'accumulent le long des chaînes alimentaires (poisson, viande, lait,...) et l'ingestion d'aliments est responsable à 90 % de la contamination humaine.

annexe 5 : évolution des concentrations atmosphériques en métaux lourds, au cours de la campagne de 2011

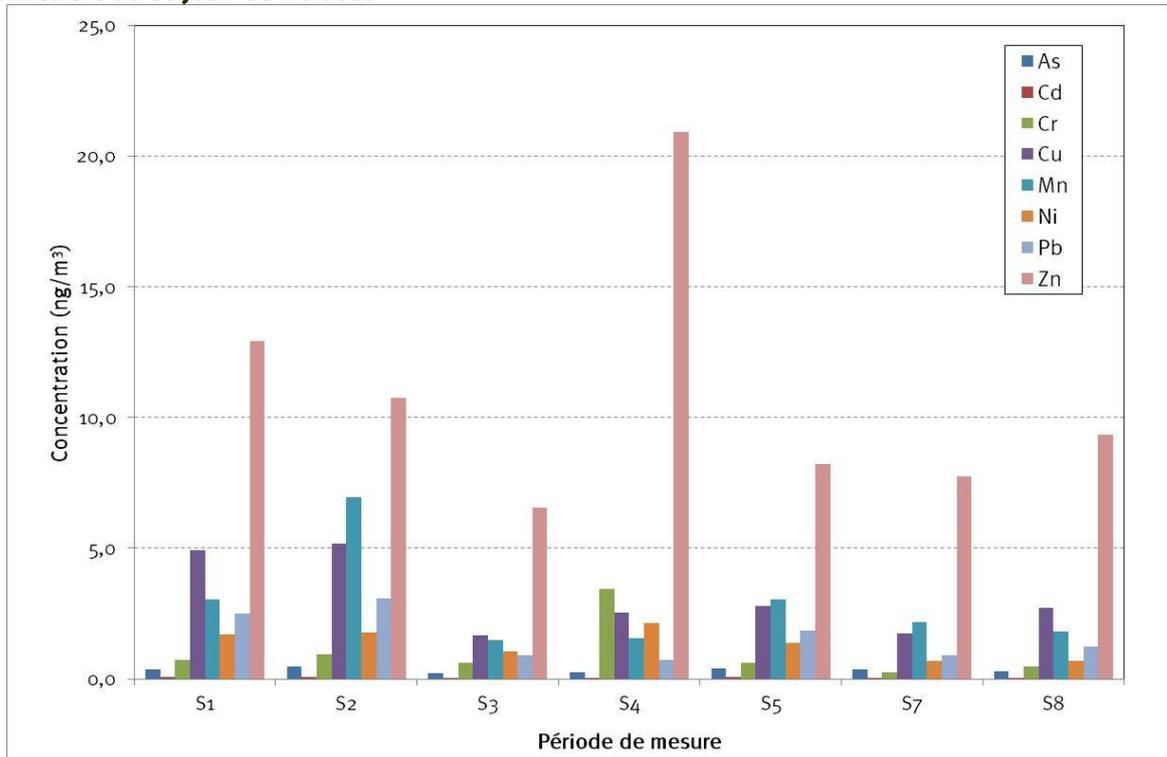
Ecole de la Métairie



Stade Ardilletts – Couëron



Cimetière de St-Jean-de-Boiseau



annexe 6 : seuils de qualité de l'air 2011

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	28 ⁽²⁾	0,5	5	-	20 ⁽³⁾	-	-	-	-
	moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	-	20 ⁽³⁾	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	50 ⁽³⁾	-	-	-	-	125 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	-	200 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	-	-	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	-	-	-	125 80 ⁽¹⁰⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
seuils de recommandation et d'information	moyenne horaire	180	200	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	80 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	-	-	-	-	0,006 ⁽¹⁴⁾	0,005 ⁽¹⁵⁾	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 2011 : 3 (valeur applicable à compter du 01/01/2015 : 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) opérationnel à partir de la mise en application de l'arrêté prévu en octobre 2011

(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.

bibliographie

- [1] "Site web: <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'École 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'École 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 furanes réalisées par les AASQA de 2006 à 2010, Avril 2011.
- [34] Air Pays de la Loire, "Qualité de l'air dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel, campagne 2010," mars 2011

glossaire

abréviations

Aasqa	Association agréée de surveillance de la qualité de l'air
AOT ₄₀	accumulated exposure over threshold 40
As	arsenic
BTX	benzène, toluène, xylènes
Cd	cadmium
C ₆ H ₆	benzène
CO	monoxyde de carbone
COV	composés organiques volatils
CSHPPF	Conseil supérieur d'hygiène publique de France
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
Meddtl	Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement
Mera	Mesure des R Etombées 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
pg	picogramme
PM ₁₀	particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm
PM _{2,5}	particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm
Ni	nickel
SO ₂	dioxyde de soufre
IRIS	plateforme régionale de prévision de la qualité de l'air d'Air Pays de la Loire
TU	temps universel
CTVD	Centre de Traitement et de Valorisation des Déchets
US EPA	Agence américaine de protection de l'environnement
µg	microgramme (= 1 millionième de gramme)
Zn	zinc

définitions

année civile	période allant du 1er janvier au 31 décembre
AOT ₄₀	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 1er octobre au 31 mars
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 à long terme des effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement, à atteindre là où c'est possible sur une période donnée

précisions sur les calculs statistiques

Sauf indication contraire, les données de base utilisées dans les calculs statistiques sont bimensuelles pour les BTX et horaires pour les autres paramètres mesurés. Les calculs statistiques annuels sont validés seulement si au moins 75% des données sont valides sur l'année et s'il n'existe aucune période sans donnée de plus de 720 heures consécutives dans l'année. Pour le calcul de l'AOT₄₀, 90% de données valides sont exigées. Les mesures indicatives sont considérées comme représentatives si l'air est prélevé pendant au moins 14 % de l'année (sauf pour l'ozone : plus de 10 % sur l'été et les dépôts totaux en HAP : 33 % de l'année).

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

