



ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR

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

Campagne 2025



Sommaire

Synthèse	3
Introduction	6
Dispositif	7
Mesures de retombées totales	13
Dépôts de dioxines et furanes	13
Dépôts de métaux lourds	15
Mesures de concentrations atmosphériques ...	17
Acide chlorhydrique en phase gazeuse	17
Métaux lourds dans l'air	19
Résultats des mesures automatiques	23
Dioxyde d'azote NO ₂	24
Particules PM10	28
Particules PM2.5	32
Dioxyde de soufre SO ₂	35
Monoxyde de carbone CO	38
Mercure gazeux Hg	40
Conclusions	42
Annexes	44

Contributions

Coordination de l'étude - Rédaction : Eneour Le Guiban
Exploitation du matériel de mesure : Edouan Fachat et Sonia Cécile
Mise en page : Bérangère Poussin
Validation : François Ducroz

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 2 août 2025 pris par le Ministère chargé de l'Environnement.

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

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

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

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

Remerciements

Air Pays de la Loire remercie la mairie de Couëron, la mairie de Saint-Jean-de-Boiseau ainsi que M. Le Gal de Basse-Indre pour avoir aimablement accepté l'installation du matériel de mesure afin de mener à bien cette campagne.

Synthèse

Contexte

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

Deux types d'indicateurs sont ciblés :

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

Cette surveillance annuelle a pour objectif :

- De comparer les niveaux de pollution par rapport aux valeurs réglementaires et de référence.
- D'évaluer l'influence des émissions d'Arc-en-Ciel 2034 sur la qualité de l'air environnant, en comparant notamment les mesures à celles réalisées sur d'autres sites, non influencés par l'établissement.

En 2025, compte tenu des niveaux d'acide fluorhydrique (HF) inférieurs aux limites de détection sur l'ensemble des sites de prélèvement depuis 5 ans, la mesure de ce polluant a été retirée. Le dispositif a par ailleurs été renforcé par la mise en œuvre des mesures de PM2.5.

Moyens

Une campagne de mesure avec 2 phases de 4 semaines

En 2025, la période de prélèvements s'est étendue du 23 juin au 22 juillet 2025 pour la première phase et du 5 décembre 2025 au 2 janvier 2026 pour la seconde phase, avec un fonctionnement nominal des lignes d'incinération sur l'ensemble de la campagne.

Deux types d'indicateurs pour plusieurs polluants

Le dispositif d'étude mis en œuvre par Air Pays de la Loire comprend la mesure :

- **Des dépôts atmosphériques** par la collecte et l'analyse des eaux de pluie. Il s'agit de quantifier :
 - **9 métaux** (As, Ni, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Mn, Co, Sb, V),
 - **les dioxines et les furanes** (17 congénères toxiques).
- **Des concentrations atmosphériques** :
 - par la pose de systèmes aspirant l'air ambiant au travers de filtres qui sont analysés en laboratoire pour mesurer :
 - l'**acide chlorhydrique gazeux**,
 - les **métaux lourds** en suspension dans l'air (As, Ni, Cd, Pb, Cu, Cr, Mn, Co, Sb, V).
 - par la mesure en continu du **dioxyde d'azote, monoxyde de carbone, dioxyde de soufre et particules PM10 et PM2.5** ainsi que le **mercure gazeux** à l'aide d'analyseurs automatiques.

Résultats

Les niveaux enregistrés vis-à-vis de la réglementation en vigueur sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Comparaison aux valeurs réglementaires										
Valeur de référence	NO ₂		PM10		PM2.5		SO ₂		CO	
Exposition aigüe	Période considérée - 05/12/25 – 02/01/26									
Seuil d'information	200 µg/m³ en moyenne horaire	✓	50 µg/m³ en moyenne journalière	✓	-		300 µg/m³ en moyenne horaire	✓	-	
Seuil d'alerte	400 µg/m³ en moyenne horaire	✓	80 µg/m³ en moyenne journalière	✓	-		500 µg/m³ en moyenne horaire	✓	-	
Valeur limite	200 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18h par an	✓	50 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an	✓	-		125 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an	✓	10 mg/m³ en moyenne 8-horaire	✓
							350 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24h par an	✓		
Valeur guide OMS	200 µg/m³ en moyenne horaire	✓	45 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an	✓	15 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an	✗ *	40 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an	✓	4 mg/m³ en moyenne journalière 3-4 jours maximum par an	✓
	25 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an	✓							10 mg/m³ en moyenne 8-horaire	✓
									30 mg/m³ en moyenne horaire	✓
Exposition chronique										
Valeur limite	40 µg/m³ en moyenne annuelle	✓	40 µg/m³ en moyenne annuelle	✓	25 µg/m³ en moyenne annuelle	✓	-		-	
Valeur cible	-		-		20 µg/m³ en moyenne annuelle	✓	-		-	
Objectif qualité	40 µg/m³ en moyenne annuelle	✓	30 µg/m³ en moyenne annuelle	✓	10 µg/m³ en moyenne annuelle	✗	50 µg/m³ en moyenne annuelle	✓	-	
Valeur guide OMS	10 µg/m³ en moyenne annuelle	✗	15 µg/m³ en moyenne annuelle	✗	5 µg/m³ en moyenne annuelle	✗	-		-	

*Le dépassement de la valeur guide journalière de l'OMS pour les PM2.5 (11 jours de dépassement des 15 µg/m³ en moyenne journalière) s'inscrit dans un phénomène d'ampleur régionale. Celle-ci s'explique par des conditions météorologiques favorables à la stagnation des polluants, conjuguée à des émissions de PM2.5 locales (liées au chauffage notamment).

Aucun dépassement des valeurs réglementaires n'a été constaté lors de la campagne. Toutefois, des dépassements :

- De la **valeur guide de l'OMS** du **NO₂** (25 µg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an) **n'est pas à exclure**, compte tenu des niveaux enregistrés lors de la campagne.
- De la **valeur guide de l'OMS** pour les **PM₁₀** (15 µg/m³ en moyenne annuelle) **n'est pas à exclure** étant donné les niveaux supérieurs à Couëron par rapport à Nantes.
- De la **valeur guide de l'OMS** pour les **PM₁₀** (45 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an) **n'est pas à exclure** compte tenu du dépassement de cette valeur sur certaines stations urbaines de Nantes les années passées.
- De la **valeur guide de l'OMS** pour les **PM_{2.5}** de 15 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an **a été constatée** durant la campagne. **Le dépassement de la valeur guide de l'OMS de 5 µg/m³ en moyenne annuelle est très probable** étant donné que celle-ci est dépassée sur l'ensemble des stations dans les Pays de la Loire.

Un respect des valeurs réglementaires et des valeurs guides de l'OMS est par ailleurs très probable pour le SO₂ et le CO.

L'analyse de ces résultats permet par ailleurs d'évaluer l'influence d'Arc-en-Ciel 2034 sur ces polluants, et montre que :

- L'influence de l'établissement sur les dépôts de métaux lourds (arsenic, cadmium, cobalt, manganèse, nickel, plomb, mercure, antimoine et vanadium) dans son environnement n'est pas significative.
- Aucun lien de causalité n'a été établi entre les niveaux d'acide chlorhydrique et de métaux lourds dans l'air et les émissions de l'établissement.
- Les niveaux de dioxines et furanes ne sont pas influencés par les émissions de l'établissement.
- Aucune influence de l'établissement n'a été détectée dans les concentrations atmosphériques de dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, particules PM₁₀ et PM_{2.5}, monoxyde de carbone et mercure gazeux.

Conclusions

Les teneurs en polluant enregistrées dans l'environnement d'Arc-en-Ciel 2034 sont représentatives d'une zone périurbaine. L'ensemble des niveaux en polluant mesurés au cours de la campagne respectent les valeurs réglementaires. Un dépassement est possible pour certaines valeurs guides définies par l'OMS pour le NO₂, les PM₁₀ et PM_{2.5}. Cette observation n'est pas spécifique à l'environnement d'Arc-en-Ciel mais est enregistrée en milieux urbains et périurbains.

Aucune influence significative des émissions d'Arc-en-Ciel 2034 sur les concentrations des différents polluants n'a été mise en évidence.

Les mesures se poursuivent en 2026 avec le même dispositif de mesure qu'en 2025.

Introduction

Située sur la commune de Couëron, l'Unité de Valorisation des Déchets Arc-en-Ciel 2034 assure le traitement de près de 149 000 tonnes de déchets produits annuellement par l'agglomération nantaise. Parmi ceux-ci, près des deux tiers (environ 94 000 tonnes, représentant 98 % des seuls déchets ménagers) sont valorisés afin de produire de l'énergie (environ 30 GWh par an) ou des matériaux tels que des remblais ou de la sous-couche routière.

L'activité d'incinération est encadrée par les arrêtés préfectoraux de juillet 1992, avril 2003 et modifiés le 13 février 2018 qui imposent une surveillance annuelle de la qualité de l'air autour de l'Usine de Valorisation Énergétique.

Depuis 1997, Arc-en-Ciel 2034 a confié cette mission à Air Pays de la Loire qui a mis en place un dispositif de surveillance des polluants atmosphériques suivants : métaux lourds, chlorure d'hydrogène, et dioxyde d'azote. En 2003, à cette surveillance, s'est ajoutée la mesure des dépôts totaux en dioxines et furanes dans l'environnement d'Arc-en-Ciel 2034 et sur deux autres sites non influencés par l'établissement. Par ailleurs, depuis 2009, un laboratoire mobile permettant de mesurer en continu les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone et les particules fines PM10 a été ajouté à la surveillance.

Arc-en-Ciel 2034 sollicite Air Pays de la Loire pour maintenir l'activité de surveillance de la qualité de l'air dans l'environnement du site industriel.

En 2020, le dispositif de la campagne de mesure intègre les recommandations du guide « surveillance dans l'air autour des installations classées - retombées des émissions atmosphériques » (INERIS - novembre 2016). Les évolutions choisies en accord avec VEOLIA sont justifiées et récapitulées dans le livrable d'Air Pays de la Loire intitulé « UVE Arc-en-Ciel 2034 : évolution de la stratégie de surveillance de la qualité de l'air en 2020 ».

Les six évolutions les plus significatives intégrées à la surveillance depuis 2020 sont récapitulées ci-dessous :

- Prendre en compte cinq substances additionnelles : l'acide fluorhydrique (HF), le mercure (Hg), l'antimoine (Sb), le cobalt (Co), et le vanadium (V).
- Retirer de la surveillance trois substances : Zn, Cl- et Na+.
- Déplacer le site de l'école de la Métairie plus au sud dans le cœur du tissu urbain de Couëron.
- Supprimer les points témoins de Nantes-nord et de la Tardière (Vendée) et les substituer par les points témoins locaux du stade Hauray à l'ouest de l'établissement et du site de Basse-Indre, à l'est.
- Passer d'une campagne annuelle de 7 semaines consécutives à une campagne annuelle de deux fois 4 semaines.
- Utiliser les tests statistiques référencés dans le guide pour évaluer s'il y a eu dégradation de l'environnement.

Cette surveillance a pour objectifs de :

- Évaluer les risques de dépassement des valeurs réglementaires en air ambiant fixées par la réglementation française.
- Mettre en perspective des résultats enregistrés dans l'environnement de l'Unité de Valorisation Énergétique avec ceux du dispositif permanent (milieu urbain, milieu rural).
- Quantifier l'influence des émissions de l'établissement sur les concentrations atmosphériques et les dépôts mesurés dans l'environnement d'Arc-en-Ciel 2034.

En 2025, compte tenu des niveaux d'acide fluorhydrique (HF) inférieurs aux limites de détection sur l'ensemble des sites de prélèvement depuis 5 ans, la mesure de ce polluant a été retirée. Le dispositif a par ailleurs été renforcé par la mise en œuvre des mesures de PM2.5.

Dispositif

Un dispositif complet a été mis en œuvre pour la surveillance de la qualité de l'air dans l'environnement de l'Unité de Valorisation Énergétique. Il permet d'appréhender deux indicateurs de la pollution atmosphérique :

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

Plusieurs polluants (9 métaux, acide chlorhydrique, dioxydes d'azote, dioxyde de soufre, particules PM10, monoxyde de carbone, dioxines et furanes et mercure gazeux) ont été mesurés dans l'air et/ou dans les eaux de pluie à l'aide de différentes techniques de collecte et d'analyse normalisées.

Sites de mesure

2 sites sous l'influence potentielle des émissions d'Arc-en-Ciel 2034, et positionnés sous les vents dominants de l'UVE, ont été sélectionnés afin d'effectuer les mesures automatiques et manuelles.

- La gendarmerie de Couëron, ci-après dénommé *Gendarmerie*, situé à 0,5 km de l'UVE au nord-nord-est. Cette station remplace le site de mesure de l'école de la Métairie, utilisé de 2010 à 2019.
- Le cimetière de Saint-Jean-de-Boiseau, ci-après nommé *Saint-Jean-de-Boiseau*, situé à 1,8 km au sud-ouest de l'UVE.



Figure 1 : localisation des sites de mesure autour d'Arc-en-Ciel 2034
En orange : sites sous influence de l'UVE ; en vert : sites témoins

Afin de comparer les sites sous influence avec des sites non influencés, dits sites témoins, deux autres sites ont été sélectionnés pour comparaison :

- Le stade d'Hauray, ci-après nommé *Hauray*, situé à 1,1 km à l'ouest de l'UVE.
- *Basse-Indre*, situé à 4,4 km à l'est de l'UVE.

L'ensemble de ces sites est également comparé avec les sites de mesures permanentes d'Air Pays de la Loire, situés hors-influence d'Arc-en-Ciel 2034 :

- La station *Nantes – centre*, située au cimetière de la Bouteillerie, et représentative du **fond urbain**. Les niveaux de PM10 et NO₂ y sont comparés.
- La station *Saint-Étienne-de-Montluc*, représentative du **niveau rural**. Les concentrations de PM10, NO₂ et SO₂ y sont comparées.
- La station *Parc Paysager à Saint-Nazaire*, représentative du **fond urbain**. Les niveaux de SO₂ y sont comparés.

Dispositif de mesure

Les concentrations atmosphériques

Sur trois sites (la Gendarmerie de Couëron, le stade Hauray et Saint-Jean-de-Boiseau), les concentrations atmosphériques des polluants suivants ont été mesurées :

- **L'acide chlorhydrique (HCl)**, sous forme gazeuse.
- **9 métaux lourds** visés par les arrêtés préfectoraux de juillet 1992, avril 2003 et modifiés le 13 février 2018 : arsenic (As), cadmium (Cd), cobalt (Co), manganèse (Mn), nickel (Ni), plomb (Pb), mercure (Hg), antimoine (Sb), et le vanadium (V) a également été analysé pour son potentiel supposé à tracer les émissions des usines d'incinération d'ordures ménagères.
- Le dioxyde d'azote NO₂, le dioxyde de soufre SO₂, les particules fines PM₁₀ et PM_{2.5}, le monoxyde de carbone CO ainsi que le mercure gazeux ont été mesurés sur le site de la Gendarmerie de Couëron sur la phase hivernale.

Les prélèvements en métaux et acide chlorhydrique sont réalisés sur des filtres, et ceux de l'acide fluorhydrique par tubes à diffusion passive, relevés toutes les semaines. Les données correspondent donc à des moyennes hebdomadaires. Les concentrations des autres polluants, mesurées automatiquement tous les quarts d'heure, sont présentées selon les standards en vigueur dans la définition des seuils réglementaires.

Les retombées atmosphériques

Conformément aux arrêtés préfectoraux du 9 décembre 1998 et du 14 avril 2003 et modifiés le 13 février 2018, une collecte des dépôts totaux est effectuée sur les trois sites dans l'environnement de l'UVE : les 2 sites placés dans les zones de retombées maximales (la Gendarmerie et Saint-Jean-de-Boiseau) et le site témoin du stade Hauray à Couëron pour une analyse en laboratoire des métaux et des dioxines et furanes.

Des collectes de dépôts pour l'analyse des dioxines et furanes ont également été réalisées sur le deuxième site témoin non influencé, à Basse-Indre.

Le dispositif installé, par site, est précisé en annexe 1. Une description complète des techniques de collecte et d'analyse ainsi que des normes utilisées est disponible en annexe 2.

Le tableau suivant recense pour l'ensemble des sites de mesure, le type de polluant analysé ainsi que les durées d'échantillonnage.

		Concentrations atmosphériques			Retombées atmosphériques	
Nom du site	Typologie	Métaux	HCl gazeux HF gazeux	NO ₂ , SO ₂ , PM10, CO, Hg	Dioxines et furanes	Métaux
Durée d'exposition		Hebdomadaire (4 échantillons par site)		Quart- horaire	Mensuel (2 fois dans l'année)	
Gendarmerie	Industriel	X	X	X (4 semaines en hiver)	X	X
Saint-Jean- de-Boiseau	Industriel	X	X		X	X
Stade Hauray	Site témoin	X	X		X	X
Basse-Indre	Site témoin				X	
Cimetière de la Bouteillerie	Urbain	X (As, Ni, Cd, Pb)		X (NO ₂ , PM10)		
Saint- Étienne-de- Montluc	Rural			X (NO ₂ , SO ₂ , PM10)		
Saint-Nazaire	Urbain			X (SO ₂)		

Tableau 1 : typologie des sites, polluants étudiés et durée des prélèvements

Périodes de mesure

Conformément au guide de l'INERIS « Surveillance dans l'air autour des installations classées – retombées des émissions atmosphériques » (novembre 2016), la campagne de mesure s'est déroulée en deux phases de 4 semaines afin de disposer de conditions météorologiques contrastées et avoir une meilleure représentativité des mesures sur l'année :

- Du 23 juin au 22 juillet 2025, en condition estivale.
- Du 5 décembre 2025 au 2 janvier 2026, en condition hivernale.

Les situations météorologiques les plus défavorables à la dispersion des polluants intervenant en hiver (de décembre à mars), c'est au cours de cette deuxième phase que les mesures automatiques ont été effectuées au niveau de la Gendarmerie de Couëron.

Le tableau ci-dessous présente les périodes de prélèvement des métaux lourds et de l'acide chlorhydrique dans l'air :

Période	Été 2025		Hiver 2025-2026	
	Date début	Date fin	Date début	Date fin
Semaine 1	24/06/2025	01/07/2025	05/12/2025	12/12/2025
Semaine 2	01/07/2025	08/07/2025	12/12/2025	19/12/2025
Semaine 3	08/07/2025	15/07/2025	19/12/2025	26/12/2025
Semaine 4	15/07/2025	22/07/2025	26/01/2025	02/01/2026

Tableau 2 : périodes de prélèvement des métaux et de l'acide chlorhydrique

Les périodes de prélèvement des retombées atmosphériques totales de dioxines et furanes, et des retombées atmosphériques totales de métaux sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Site	Été 2025		Hiver 2025-2026	
	Date début	Date fin	Date début	Date fin
Période	23/06/2025	22/07/2025	05/12/2025	02/01/2026

Tableau 3 : périodes de prélèvement des retombées de métaux, dioxines et furanes

Les périodes de mesure par analyseurs automatiques (NO₂, SO₂, CO, PM10 et Hg gazeux) ont été réalisées uniquement sur la période hivernale :

Site	Hiver 2025-2026	
	Date début	Date fin
Période	05/12/2025	02/01/2026

Tableau 4 : périodes des mesures automatiques

Taux de saisie des mesures

Le taux de saisie des mesures correspond à la proportion des mesures valides au sein de la période de mesure. Les taux de saisie sont présentés dans le tableau suivant :

	Campagne estivale	Campagne hivernale
<i>PM10</i>	-	100 %
<i>PM2.5</i>		100 %
<i>NO₂</i>	-	100 %
<i>SO₂</i>	-	100 %
<i>CO</i>	-	100 %
<i>Mercure gazeux</i>	-	90 %
<i>Dioxines et furanes (retombées atmosphériques)</i>	100 %	100 %
<i>Métaux (retombées atmosphériques)</i>	100 %	100 %
<i>HCl gazeux</i>	100 %	94 %
<i>Métaux (concentrations atmosphériques)</i>	100 %	94 %

Tableau 5 : synthèse des taux de saisie des mesures automatiques ainsi que des prélèvements

Des taux de saisie de plus de 90 % ont été enregistrés indiquant un bon fonctionnement des analyseurs et des prélèvements.

Conditions météorologiques

Été 2025

La campagne estivale a été marquée par des températures et des précipitations supérieures à la normale climatique (+3,8°C en moyenne sur les températures maximales journalières et +43 % sur le cumul des précipitations).

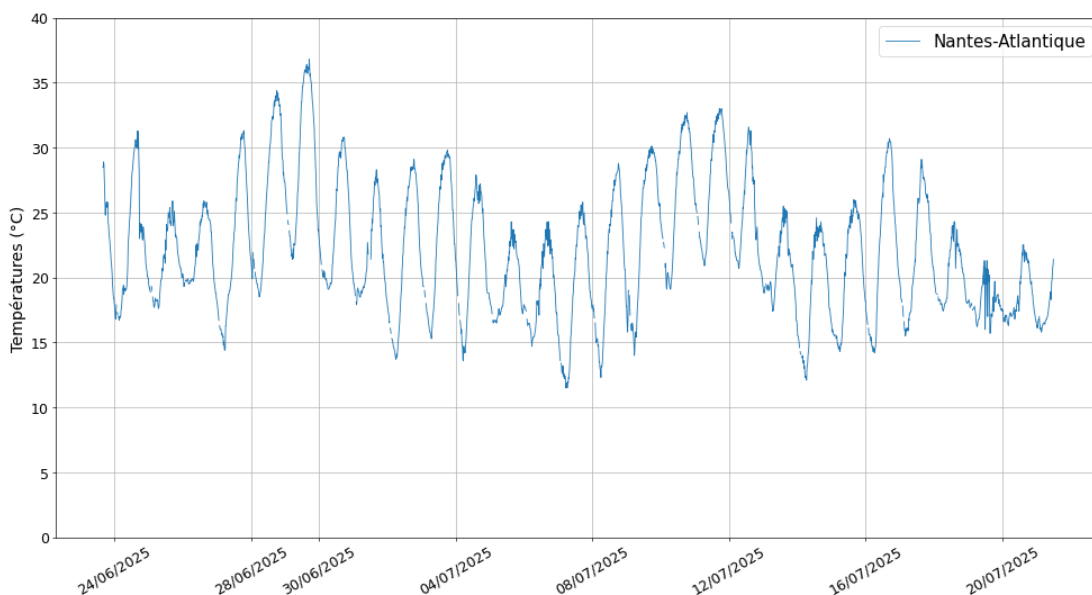


Figure 2 : évolution des températures au cours de la campagne estivale, du 23 juin au 22 juillet 2025 (source des données : station Météo-France de Nantes-Atlantique)

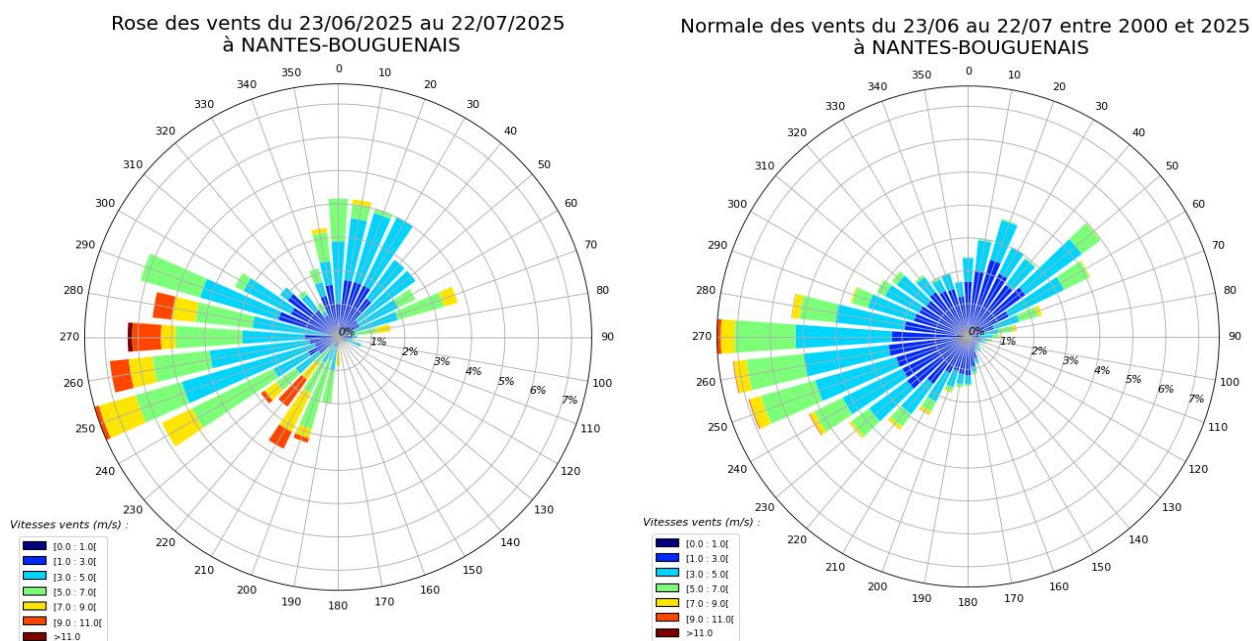


Figure 3 : rose des vents au cours de la campagne estivale (à gauche) et rose des vents normale (à droite), du 23 juin au 22 juillet 2025. Source : Météo-France

Les vents ont été essentiellement d'ouest à sud-ouest, et de nord-est durant la campagne, conformément aux normales saisonnières.

Les figures ci-dessus indiquent que :

- Le site de la Gendarmerie de Couëron, sous les vents de l'UVE pour des directions de vent compris entre 210°N et 240°N, a été exposé aux émissions de l'UVE durant 18 % du temps de la campagne estivale.
- Le site de Saint-Jean-de-Boiseau est situé sous les vents de l'UVE pour des vents compris entre 40°N et 50°N. Ces vents ont représenté 7,3 % du temps.
- Le site du stade Hauray, situé entre 100°N et 110°N, a été exposé durant 0,5 % du temps aux vents de l'UVE, confirmant ainsi le caractère témoin du site car très peu sous les vents de l'établissement.
- Enfin, le site de Basse-Indre, situé à 290°N de l'UVE, a été sous les vents de ce dernier près de 2 % du temps de la campagne estivale.

Hiver 2025-2026

La campagne hivernale a été caractérisée par des températures minimales journalières proche de la normale à l'échelle de la campagne (+0,63°C). Toutefois, de fortes disparités ont été relevées entre les deux premiers tiers de la campagne où les températures minimales journalières ont été plus élevées qu'à la normale (+3,8°C) et le dernier tiers, où les températures minimales journalières ont été plus faibles que la normale (-4,5°C).

Un faible cumul des précipitations a été relevé lors de cette seconde période (48 mm, soit -71 % par rapport aux normales), et plus faible qu'à la première période (59 mm).

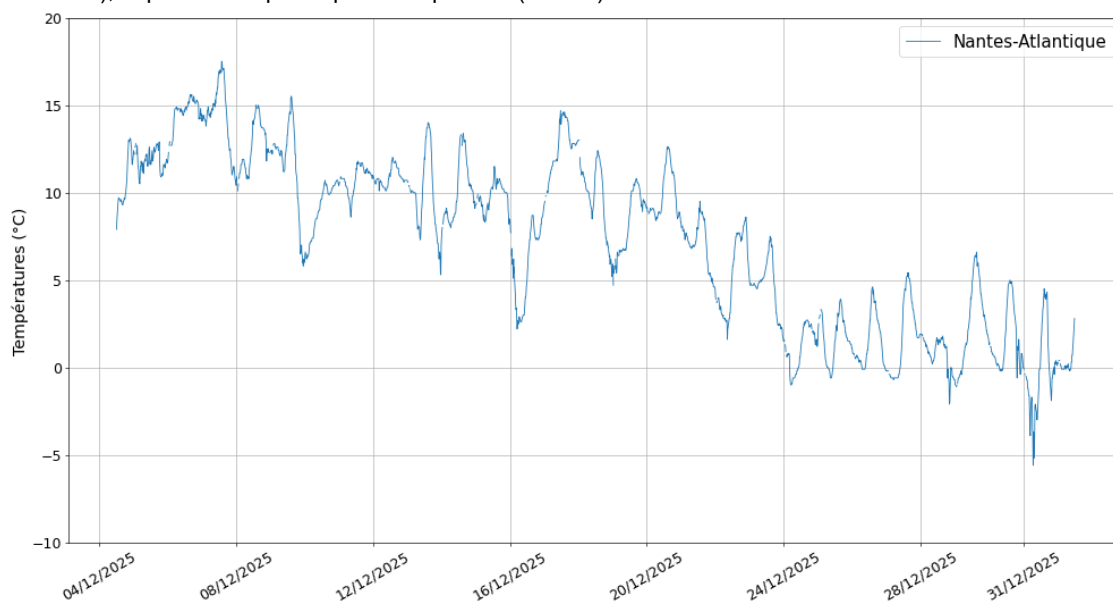


Figure 4 : évolution des températures au cours de la campagne hivernale, du 5 décembre 2025 au 2 janvier 2026 (source des données : station Météo-France de Nantes-Atlantique)

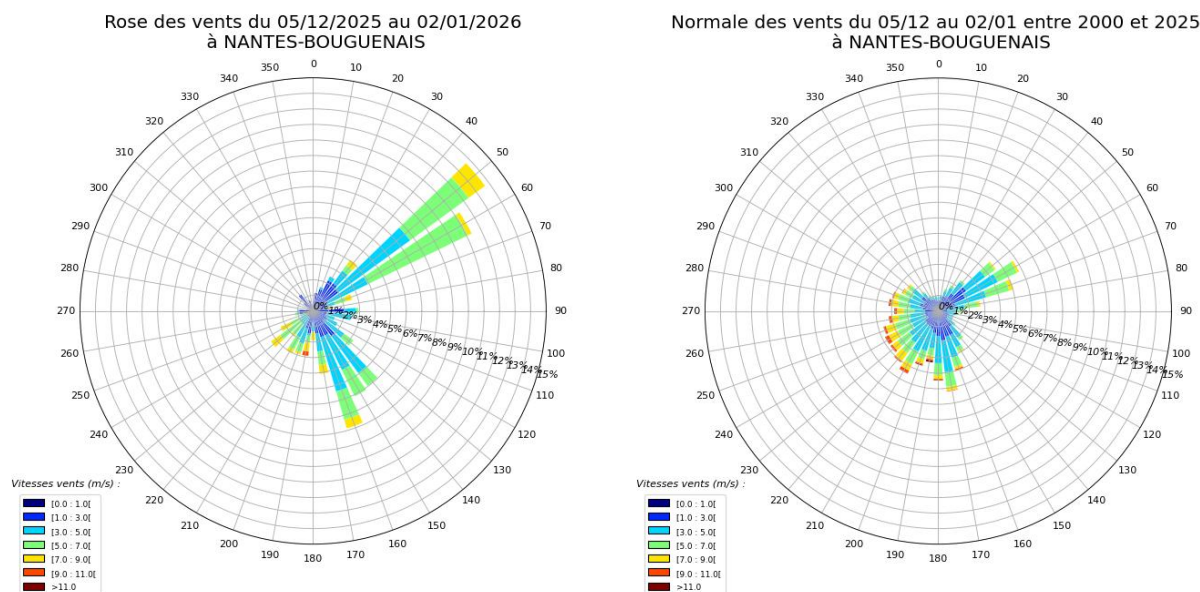


Figure 5 : rose des vents au cours de la campagne hivernale (à gauche) et rose des vents normale (à droite), du 5 décembre 2025 au 2 janvier 2026. Source : Météo-France

Les vents ont été essentiellement de nord-est et de sud-est durant la campagne hivernale. Une sous-représentation des vents de secteur sud-ouest, couplée à une sur-représentation des vents de nord-est est relevée par rapport aux normales.

Les figures ci-dessus indiquent que :

- Le site de la Gendarmerie de Couëron a été sous les vents de l'UVE (compris entre 210°N et 240°N) durant 11 % du temps de la campagne hivernale.
- Le site de Saint-Jean-de-Boiseau a quant à lui été sous les vents de l'UVE (compris entre 40°N et 50°N) durant 18 % du temps de la campagne hivernale.
- Le site du stade Hauray (100°N et 110°N) a quant à lui été exposé aux vents de l'UVE durant 4,3 % du temps.
- Enfin, le site de Basse-Indre (290°N), a été sous les vents de l'UVE durant 3,33 % du temps de la campagne hivernale.

Les roses des vents détaillées par semaine, pour chaque campagne, sont présentées en annexe 3.

Mesures de retombées totales

Dépôts de dioxines et furanes

Après la collecte, les échantillons d'eaux de pluie sont envoyés en laboratoire afin de mesurer leur contenu en dioxines et furanes. Cette mesure est réalisée par chromatographie en phase gazeuse à haute résolution (HRGC) suivie d'une spectrométrie de masse à haute résolution (HRMS), et porte sur la quantification de 7 dioxines et de 10 furanes différentes, appelées des congénères.

En raison des différentes toxicités pour l'homme de ces différents congénères, il ne serait pas pertinent de comparer directement les quantités de chacun d'entre eux. C'est pourquoi des facteurs de toxicité équivalente sont définis, permettant de mettre tous ces congénères sur la même échelle en termes d'impact sanitaire. Par exemple la dioxine 1,2,3,4,7,8-Hexachloro-Dibenzo-Dioxine étant, à masse égale, 10 fois moins toxique pour l'homme que la 2,3,7,8-Tetrachloro-Dibenzo-Dioxine – qui sert de référence dans cette échelle de toxicité équivalente – la quantité (en masse) de la première dans l'échantillon sera divisée par 10 afin que les deux composés puissent être comparés. L'utilisation de ces facteurs permet par ailleurs de calculer une toxicité équivalente totale de l'échantillon en sommant les contributions des 17 composés.

De plus, les résultats sont normalisés par la durée d'exposition des jauges ainsi que par la surface de collecte dans le but de comparer différentes campagnes et différents sites entre eux.

Résultats

Le tableau ci-dessous présente les résultats de retombées totales de dioxines et furanes, par site, et par phase de campagne, exprimés en toxicité équivalente totale :

	Gendarmerie	Hauray	Saint-Jean-de-Boiseau	Basse-Indre
Toxicité équivalente totale (I-TEQ) en pg_{éq}/m²/jour (été)	1,4	1,5	1,4	1,5
Toxicité équivalente totale (I-TEQ) en pg_{éq}/m²/jour (hiver)	1,5	1,5	1,5	1,3

Tableau 6 : toxicité équivalente totale pour chaque site de la campagne 2025

Les résultats montrent :

- Des niveaux homogènes entre les sites de la Gendarmerie, du stade Hauray et de Saint-Jean-de-Boiseau et de Basse-Indre, quel que soit le pourcentage du temps sous les vents de l'UVE.

Cela suggère l'absence d'influence significative de l'UVE sur les retombées atmosphériques de dioxines et furanes dans son environnement.

Historique

Les toxicités équivalentes totales relevées en 2025 sont de même ordre de grandeur que celles relevées depuis 2014.

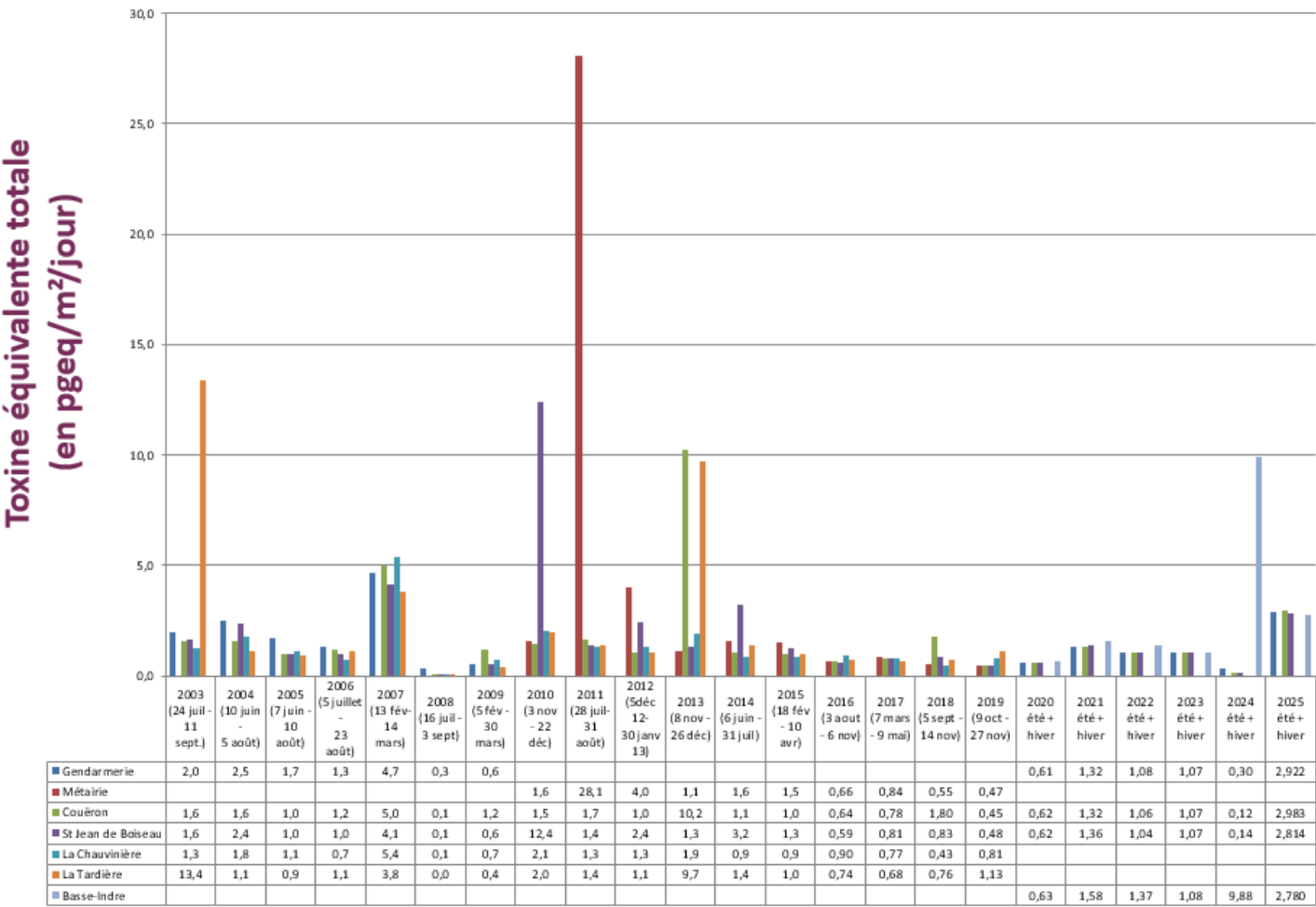


Figure 6 : évolution des retombées en dioxines et furanes autour d’Arc-en-Ciel 2034 depuis 2003

Aucune influence de l’UVE n’avait été établie les années précédentes sur les retombées de dioxines et furanes. Les mesures 2025 s’inscrivent dans cet historique et confortent cette conclusion.

Dépôts de métaux lourds

Les métaux lourds arsenic, cadmium, plomb, nickel, cobalt, antimoine, manganèse, vanadium, cuivre, chrome et mercure ont été mesurés dans les retombées atmosphériques, et sont exprimés en masse par unité de surface de collecte et par jour d'exposition ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$).

Les graphiques ci-dessous présentent les résultats de mesure de retombées moyennes de métaux sur les trois sites dans l'environnement de l'UVE, durant la campagne estivale et hivernale de 2025-2026.

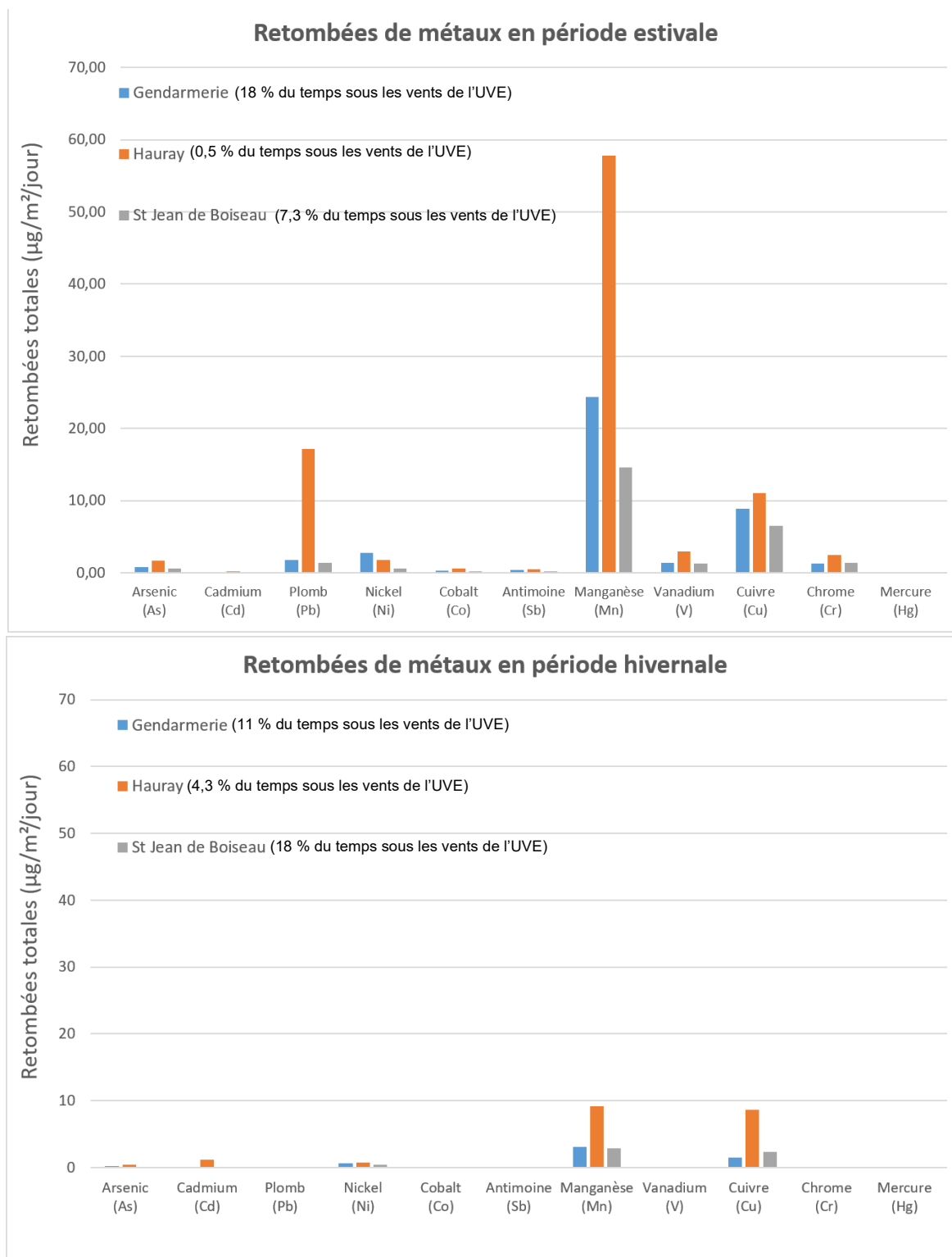


Figure 7 : dépôts des métaux lourds arsenic (As), cadmium (Cd), plomb (Pb), nickel (Ni), cobalt (Co), antimoine (Sb), manganèse (Mn), vanadium (V), cuivre (Cu), chrome (Cr) et mercure (Hg), au cours des 2 phases de la campagne de 2025

Les résultats montrent :

- Pour l'été comme pour l'hiver, aucune corrélation entre niveaux de retombées de métaux et pourcentages du temps sous les vents de l'UVE n'a été relevée.
- Des retombées plus élevées ont été relevées sur le site du stade Hauray pour le plomb et le manganèse en première période, et pour le manganèse et le cuivre en seconde période. Les faibles pourcentages du temps sous les vents de l'UVE sur ce site (0,5 % et 4,3 % respectivement lors des campagnes estivale et hivernale) suggèrent une influence locale non-induite par les activités de l'UVE.

Comparaison aux valeurs historiques

Les flux de dépôts des métaux de 2025 sont globalement inférieurs ou de même ordre que ce qui a pu être mesuré lors des précédentes campagnes.

Les niveaux relevés à proximité d'Arc-en-Ciel 2034 sont inférieurs aux valeurs réglementaires existantes en Allemagne et en Suisse concernant l'arsenic, le cadmium, le nickel et le plomb.

L'ensemble de ces observations suggère que l'UVE n'a pas d'incidence spécifique sur l'exposition aux retombées de métaux lourds dans son environnement.

Flux de dépôt de métaux (µg/m²/j)	Zone rurale*	Zone urbaine*	Arc-en-Ciel 2034 (été + hiver) 2020	Arc-en-Ciel 2034 (été + hiver) 2021	Arc-en-Ciel 2034 (été + hiver) 2022	Arc-en-Ciel 2034 (été + hiver) 2023	Arc-en-Ciel 2034 (été + hiver) 2024	Arc-en-Ciel 2034 (été + hiver) 2025	Valeurs réglementaires allemandes et suisses
Arsenic	.	0,05 – 1,3	0,1 – 0,7	0,1 – 0,7	0,3 – 2,0	0,2 – 1	0,2 – 1,2	0,1 – 1,7	4
Cadmium	0,2 – 0,9	0,3 – 3,0	0,05 – 0,13	0,05 – 1,2	< LQ	0,01 – 0,1	< LQ	0,04 – 1,1	2
Cobalt			0,1 – 0,6	0,1 – 2,2	1,0	0,1	< LQ	0,1 – 1,6	
Manganèse	7,2 – 14,7	8,5 – 24,6	2,2 – 18,2	3,2 – 98,8	6,1 – 67,6	3 – 50,5	4,1 – 13,4	2,9 – 58	
Nickel	1,6 – 3,7	1,0 – 22,9	0,9 – 1,8	0,5 – 4,5	0,6 – 3,5	0,4 – 3,7	0,4 – 2,0	0,5 – 2,7	15
Plomb	3,3 – 10,3	0,4 – 106	0,1 – 8,2	0,1 – 10,5	0,02 – 3,9	0,3 – 2,9	0,6 – 1,1	0,1 – 17	100
Vanadium			0,6 – 1,6	0,1 – 16,2	0,1 – 10,6	0,5 – 2,3	0,3 – 0,8	0,1 – 3	
Antimoine			0,1 – 1,4	< LQ	< LQ	0,1 – 0,3	0,2 – 0,3	0,1 – 0,5	
Mercure			< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,01 – 0,02	1

Tableau 7 : flux moyens de dépôt total de métaux recensés dans la littérature^{1 à 13}, et valeurs de référence en Allemagne et en Suisse (définies en moyennes annuelles)

* études menées en France et dans d'autres pays

¹ Garnaud, "Transfert et évolution géochimique de la pollution métallique en bassin versant, Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris," 1999

³ 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

⁴ 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

⁵ 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

⁶ S, Azimi, "Sources, flux et bilan des retombées atmosphériques de métaux en Ile-de-France, Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris," 2004

⁷ 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

⁸ Air Pays de la Loire, "évaluation de la qualité de l'air dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel, campagne 2015," septembre 2015

⁹ Ascoparg, Coparly, and Sup'air, "Plan de surveillance dioxines et métaux lourds : mesures de métaux lourds dans les retombées atmosphériques 2006-2007"

¹⁰ Air Languedoc-Roussillon, "Surveillance de l'environnement de l'incinérateur de Lunel-Viel, Bilan 2006 – Résumé," 2006

¹¹ 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

¹² 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

¹³ Air Pays de la Loire, "Evaluation de la pollution atmosphérique du quartier Pin Sec à Nantes, rapport d'étude, sous presse," 2009

Mesures de concentrations atmosphériques

Acide chlorhydrique en phase gazeuse

Résultats

Le tableau suivant présente l'évolution des concentrations en acide chlorhydrique (HCl) relevées au cours de la séquence estivale, puis hivernale, sur les 3 sites de mesure.

Été 2025	Gendarmerie µg/m ³ (% sous les vents)	Hauray µg/m ³ (% sous les vents)	Saint-Jean-de-Boiseau µg/m ³ (% sous les vents)
Moyenne	0,25 (18 %)	0,41 (1 %)	0,44 (7 %)
Semaine 1	0,29 (25 %)	0,39 (1 %)	0,38 (6 %)
Semaine 2	0,24 (8 %)	0,28 (0 %)	0,38 (6 %)
Semaine 3	0,23 (12 %)	0,37 (1 %)	0,39 (17 %)
Semaine 4	0,24 (29 %)	0,59 (0 %)	0,63 (1 %)

Hiver 2025	Gendarmerie µg/m ³ (% sous les vents)	Hauray µg/m ³ (% sous les vents)	Saint-Jean-de-Boiseau µg/m ³ (% sous les vents)
Moyenne	0,08 (11 %)	0,22 (4 %)	0,38 (18 %)
Semaine 1	0,10 (36 %)	0,10 (5 %)	0,11 (0 %)
Semaine 2	0,02 (5 %)	0,51 (4 %)	0,30 (5 %)
Semaine 3	0,10 (0 %)	0,19 (9 %)	0,08 (24 %)
Semaine 4	0,08 (1 %)	0,09 (0 %)	1,01 (44 %)

Tableau 8 : évolution des concentrations atmosphériques en acide chlorhydrique, au cours de la phase estivale (en haut) et de la phase hivernale (en bas) de la campagne de mesure de 2025. Le pourcentage de temps où chaque site était sous les vents de l'UVE par semaine est indiqué entre parenthèses

Les concentrations d'acide chlorhydrique relevées en 2025 sont de même ordre sur les trois sites (entre 0,1 et 1 µg/m³), quelle que soit la proportion du temps sous les vents de l'UVE.

Par ailleurs, les concentrations sont faibles au regard de la valeur toxicologique de référence de l'OEHA (2000), fixée à 9 µg/m³ en moyenne annuelle.

Influence de l'UVE sur les concentrations en HCl

Le graphique suivant indique la relation entre les concentrations hebdomadaires relevées en acide chlorhydrique sur les 3 sites, et le pourcentage de temps où chacun des sites a été sous les vents de l'UVE.

Aucune corrélation entre concentrations et pourcentage du temps sous les vents de l'UVE ne ressort. Cela indique l'absence d'influence décelable des émissions de l'UVE sur les teneurs en HCl mesurées à proximité.

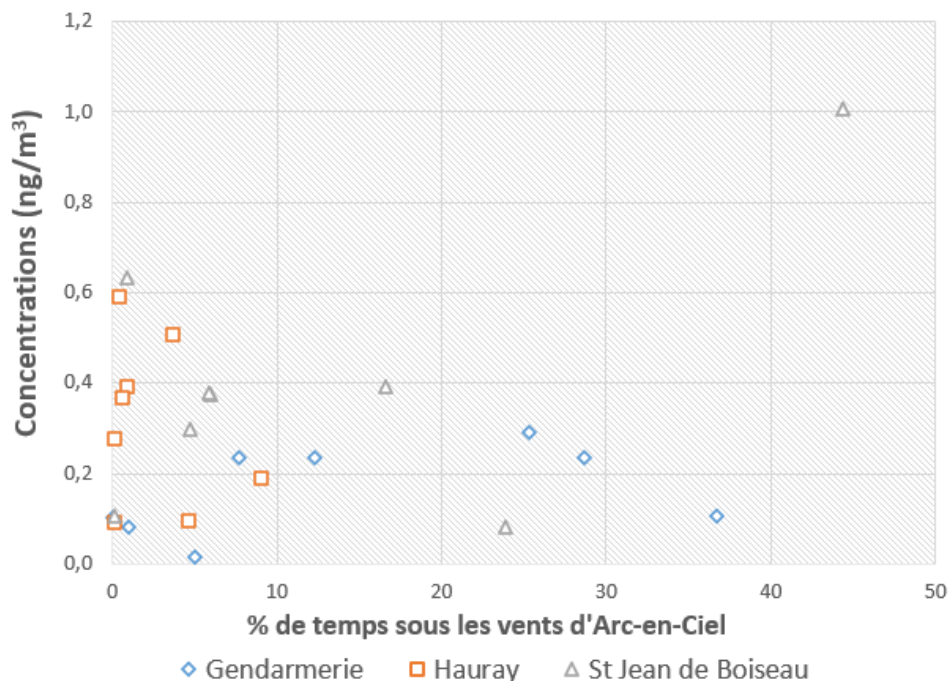


Figure 8 : corrélation entre les concentrations moyennes en acide chlorhydrique en phase gazeuse et le pourcentage de temps passé sous les vents d'Arc-en-Ciel 2034 pour chacun des sites, sur les 8 semaines de mesure

Historique

Les niveaux d'acide chlorhydrique en moyenne en 2025 (entre 0,16 et 0,41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne selon les sites) s'inscrivent dans la continuité des niveaux relevés les années précédentes et sont proches de ceux retrouvés habituellement en milieu urbain.

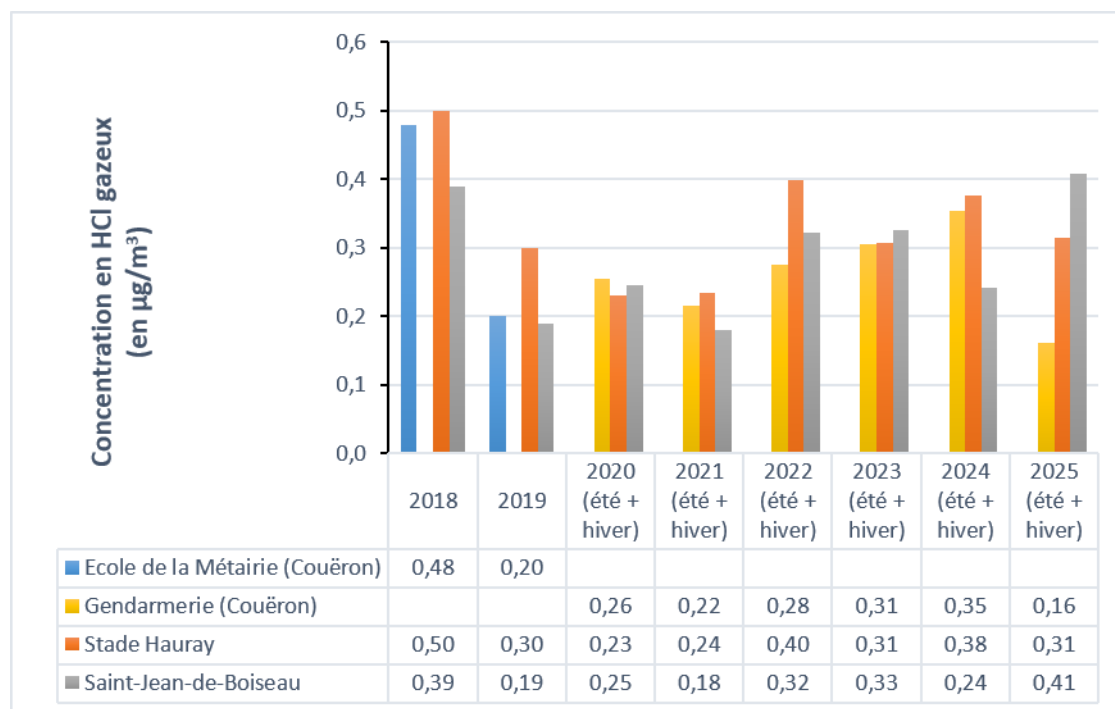


Figure 9 : historique des concentrations en acide chlorhydrique gazeux depuis 2018, sur 3 sites autour d'Arc-en-Ciel 2034. Le site de la Gendarmerie à Couëron a remplacé, depuis 2020, le site de l'école de la Métairie

Métaux lourds dans l'air

Parmi les métaux mesurés, seuls le plomb, l'arsenic, le cadmium et le nickel sont réglementés dans l'air ambiant

- **Pour le plomb** : une **valeur limite** de 500 ng/m³ et un **objectif de qualité** de 250 ng/m³ en moyenne annuelle.
- **Pour l'arsenic**, une **valeur cible** de 6 ng/m³ en moyenne annuelle.
- **Pour le cadmium**, une **valeur cible** de 5 ng/m³ en moyenne annuelle.
- **Pour le nickel**, une **valeur cible** de 20 ng/m³ en moyenne annuelle.

Méthodologie

La concentration en métaux lourds dans l'air est déterminée en aspirant un volume d'air donné au travers d'un filtre qui est ensuite analysé en laboratoire (voir annexe 8 pour les coordonnées du laboratoire) pour y déterminer la quantité d'arsenic, de cadmium, de plomb, de nickel, de chrome, de cuivre et de manganèse. À cette quantité est soustrait un blanc, mesuré sur un filtre non exposé.

Les mesures seront mises en perspective avec les valeurs réglementaires présentées ci-dessous. Les valeurs réglementaires étant calculées sur une année civile, une comparaison stricte des niveaux enregistrés sur les 8 semaines ne peut être établie.

Métal	Valeur réglementaire Moyenne annuelle (ng/m³)	Réglementation
arsenic As	6 (valeur cible)	Décret 2010-1250
cadmium Cd	5 (valeur cible)	Décret 2010-1250
nickel Ni	20 (valeur cible)	Décret 2010-1250
plomb Pb	500 (valeur limite) 250 (objectif de qualité)	Décret 2010-1250
cadmium Cd	5	Recommandation OMS
manganèse Mn	150	Recommandation OMS

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

Résultats

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

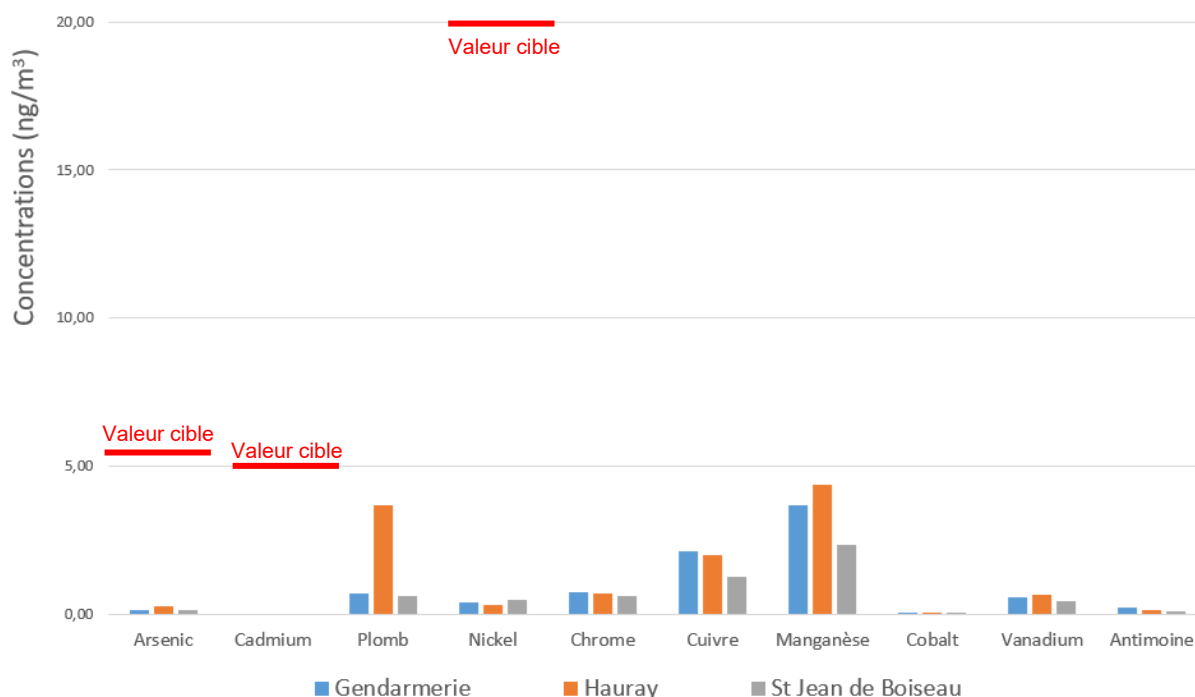


Figure 10 : concentrations moyennes (sur 4 semaines) en métaux lourds mesurées pendant la phase estivale

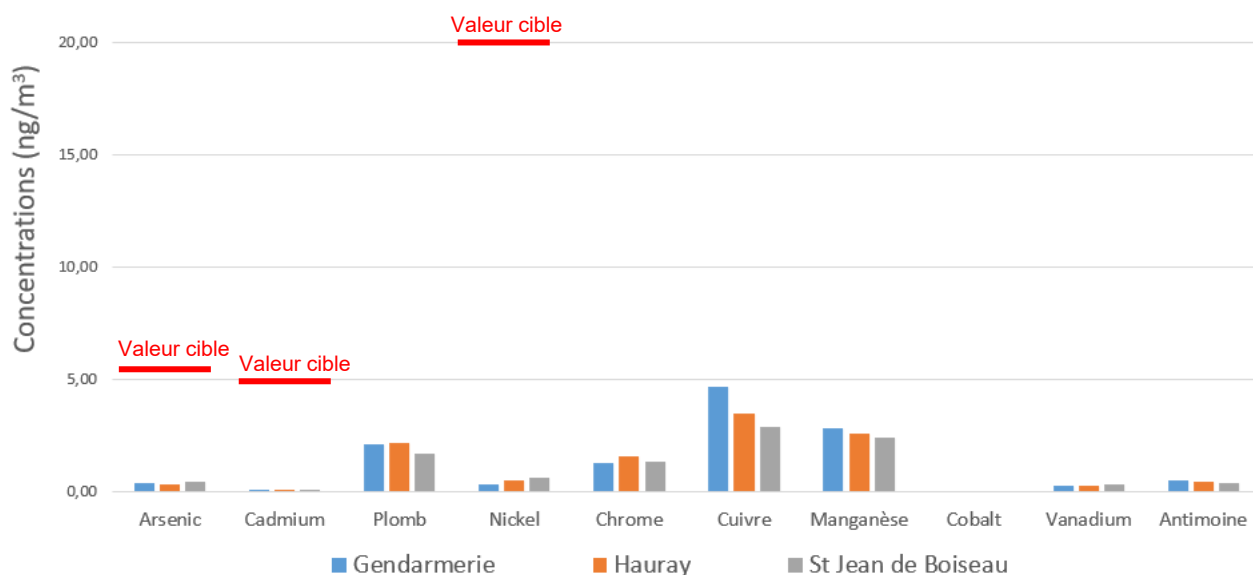


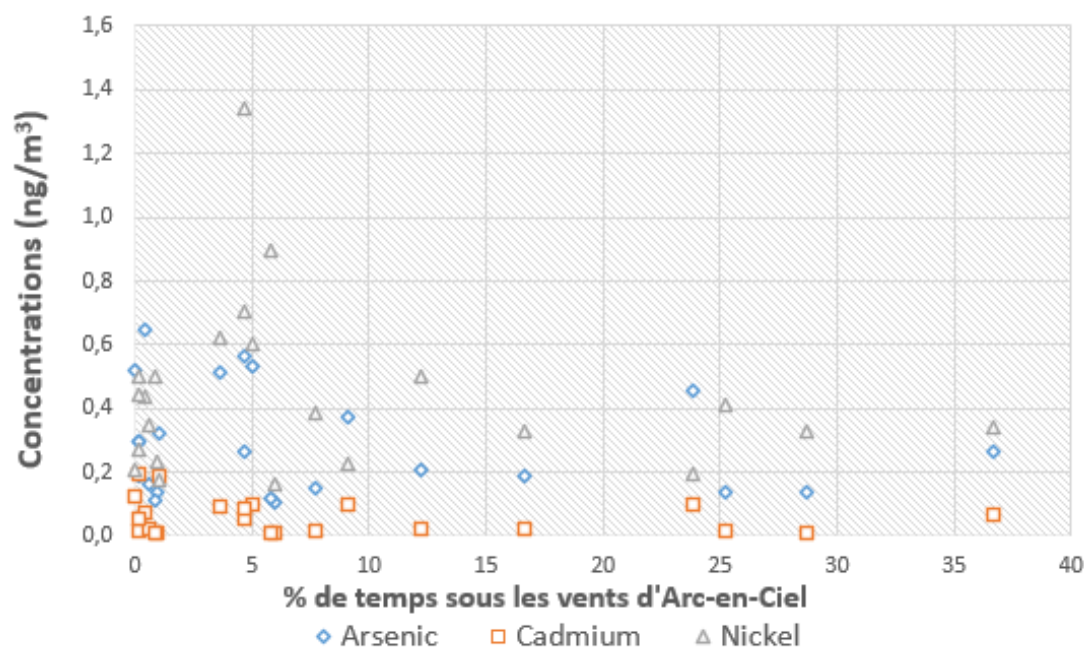
Figure 11 : concentrations moyennes (sur 4 semaines) en métaux lourds mesurées pendant la phase hivernale

Les niveaux relevés sur les différents sites sont homogènes, excepté pour le plomb, où des niveaux légèrement plus élevés ont été mesurés sur le site du stade Hauray (3,7 ng/m³ contre 0,6 à 0,7 ng/m³ sur les autres sites). La même constatation a été faite concernant les retombées de plomb sur le site du stade Hauray.

Les polluants réglementés (As, Cd, Pb et Ni) enregistrent des concentrations très inférieures aux valeurs réglementaires (entre 19 et 218 fois inférieures aux valeurs réglementaires selon les polluants), en moyenne sur les 8 semaines de mesure au total. Il est donc considéré comme probable que ces valeurs réglementaires soient respectées sur une année entière.

Influence de l'UVE sur les concentrations en métaux

Les graphiques ci-dessous montrent la relation entre les concentrations hebdomadaires relevées en métaux lourds sur l'ensemble des sites et le pourcentage de temps où les sites ont été sous les vents de l'UVE :



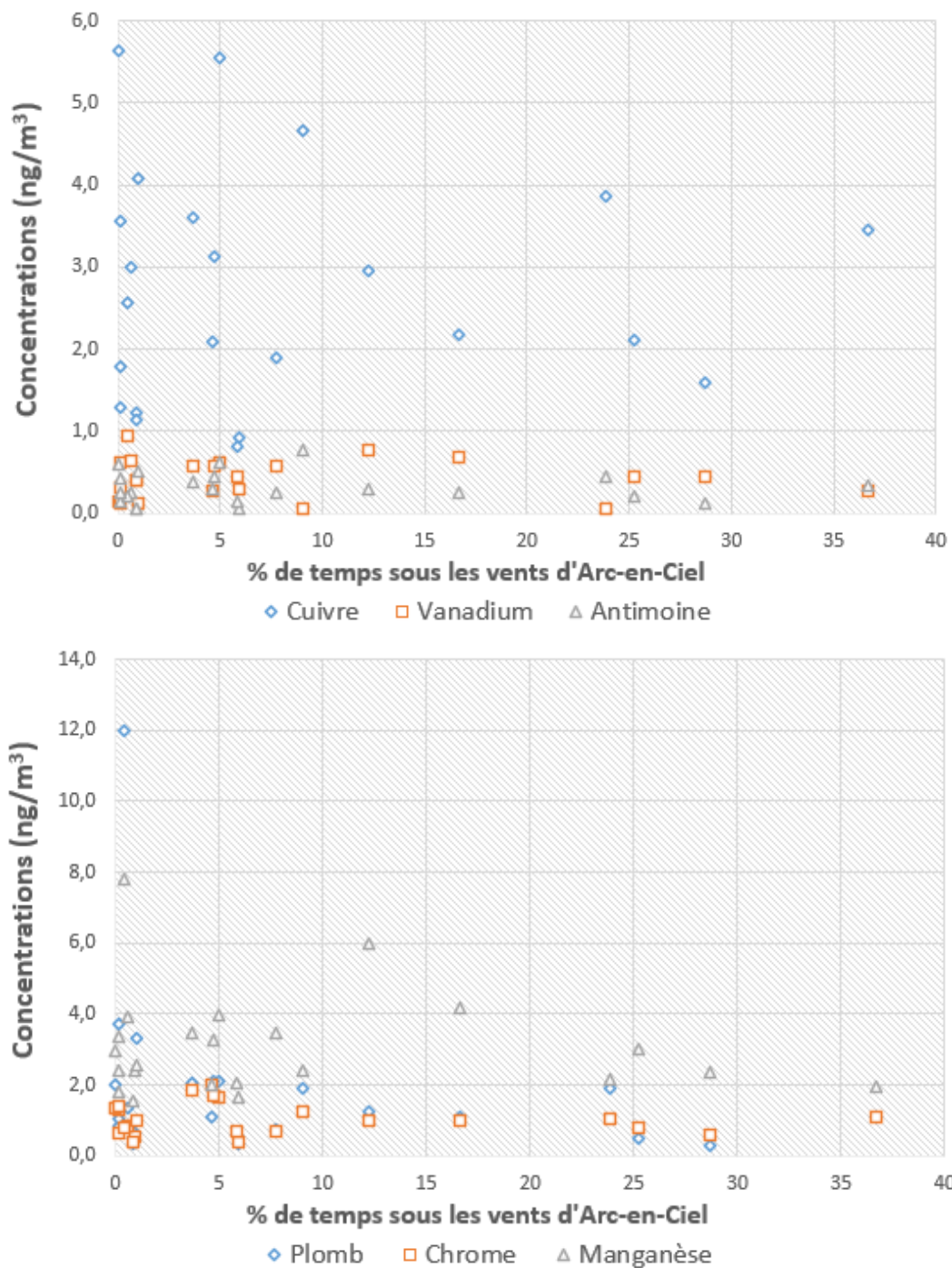


Figure 12 : corrélation entre la concentration moyenne hebdomadaire en métaux lourds sur l'ensemble des sites, et le pourcentage de temps passé sous les vents d'Arc-en-Ciel 2034. En haut : pour l'arsenic, le cadmium et le nickel ; au milieu : pour le cuivre, le vanadium et l'antimoine ; en bas : pour le plomb, le chrome et le manganèse

Il en ressort qu'aucun lien de corrélation n'est retrouvé entre les concentrations et le temps passé sous influence de l'industrie, pour l'ensemble des métaux, démontrant l'absence d'influence des émissions d'Arc-en-Ciel 2034 sur les teneurs atmosphériques mesurées dans son environnement.

Une étude statistique approfondie (test ANOVA, cf. annexe 10) a permis de mettre en évidence une absence de différences significatives sur les teneurs en métaux relevées dans l'air ambiant sur le site de la Gendarmerie par rapport aux deux autres sites durant les deux phases. Cette observation conforte l'absence d'influence des émissions d'Arc-en-Ciel 2034 sur les teneurs atmosphériques de métaux mesurées dans son environnement.

Historique

Les mesures de 2025, sur les trois sites, s'inscrivent globalement dans la continuité des mesures des années précédentes, avec des valeurs de même ordre ou inférieures à celles relevées en 2024.

Une baisse généralisée est observée depuis 2012, notamment sur le cuivre (Cu), manganèse (Mn), nickel (Ni) et le plomb (Pb).

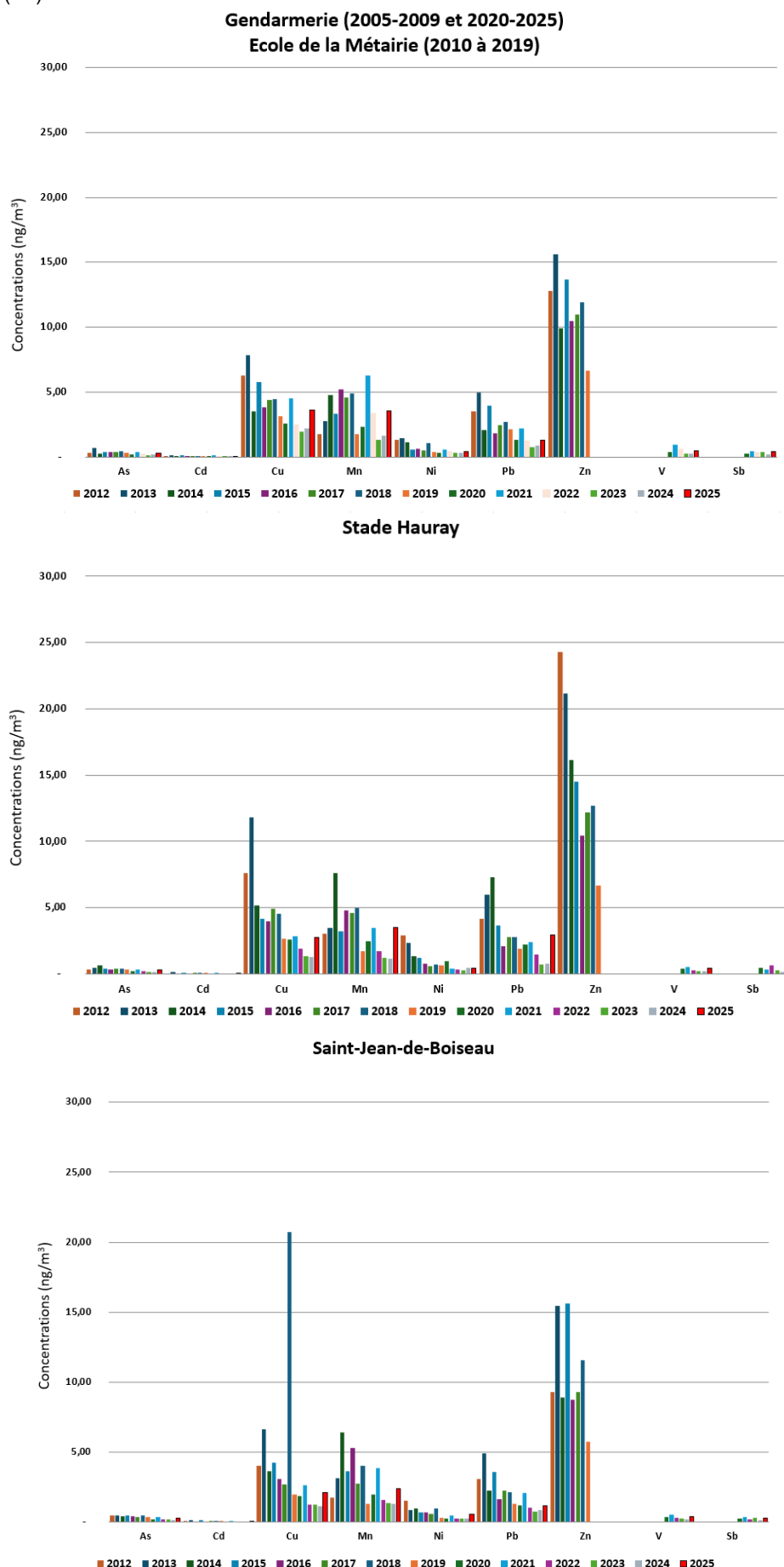


Figure 13 : évolution des concentrations en métaux lourds depuis 2012, pour chaque site autour d'Arc-en-Ciel 2034

Résultats des mesures automatiques

VALEURS DE RÉFÉRENCE POUR LA QUALITÉ DE L'AIR

Les valeurs guides de l'OMS : *NON CONTRAIGNANTES*

L'OMS (Organisation mondiale de la santé) détermine les niveaux d'exposition (en concentrations et durées) pour protéger la santé des populations et des végétaux, ce sont les « valeurs guides ». Ces lignes directrices visent à donner des conseils sur la façon de réduire les effets sanitaires de la pollution de l'air aux responsables de l'élaboration des politiques. Les dernières valeurs guides publiées par l'OMS datent de septembre 2021.

Les valeurs réglementaires :

Les concentrations de polluants dans l'air sont réglementées au niveau européen dans des directives, et sont déclinées en droit français par des décrets ou des arrêtés.

- **Seuils de déclenchement des épisodes de pollution : *exposition court terme à une pollution aigüe (1h à 24h)***

CONTRAIGNANTES

- **Seuil d'information et de recommandation** : seuil à partir duquel la concentration d'un polluant atmosphérique peut représenter un risque pour la santé humaine des populations sensibles et justifie une information auprès du grand public.
- **Seuil d'alerte** : seuil au-delà duquel la concentration d'un polluant atmosphérique représente un risque pour la santé humaine et justifie la mise en place de mesures d'urgence afin de réduire les émissions.

- **Autres seuils réglementaires : *exposition court terme à long terme (1h à 1 an)***

CONTRAIGNANTE

- **Valeur limite** : niveau maximal de pollution atmosphérique, fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution sur la santé humaine et/ou l'environnement.

*NON
CONTRAIGNANTES*

- **Objectif de qualité** : niveau de pollution atmosphérique à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution sur la santé humaine et/ou l'environnement.

- **Valeur cible** : niveau à atteindre dans la mesure du possible dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution sur la santé humaine et/ou l'environnement.

Dioxyde d'azote NO₂

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

- Une **valeur limite et un objectif de qualité en moyenne annuelle** fixés à 40 µg/m³.
- Une **valeur limite en moyenne horaire** fixée à 200 µg/m³, à ne pas dépasser plus de 18 heures par an.
- Un **seuil d'information et de recommandation** fixé à 200 µg/m³ en moyenne horaire, et un seuil d'alerte fixé à 400 µg/m³ en moyenne horaire.

À titre d'information, l'OMS (2021) préconise des valeurs guides de 200 µg/m³ en moyenne horaire, 25 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an, et 10 µg/m³ en moyenne annuelle.

La figure ci-dessous représente sous forme de boxplot (cf. encadré Méthodologie) la distribution statistique des concentrations horaires relevées tout au long de la campagne de mesure.

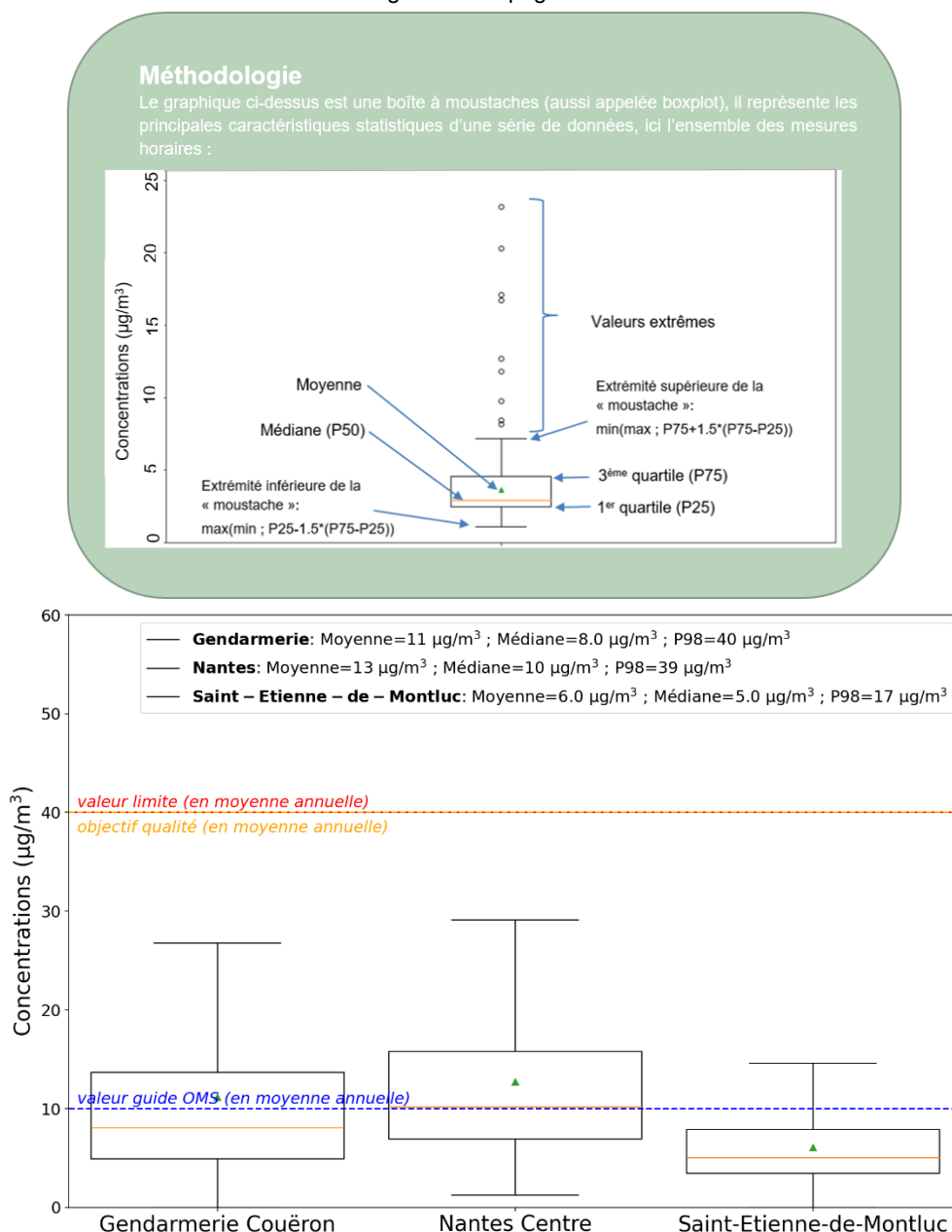


Figure 14 : boxplots des concentrations horaires de NO₂ lors la campagne hivernale 2025, pour chaque site
Ces résultats montrent que :

- La concentration moyenne en NO₂ sur le site de la Gendarmerie (11 µg/m³) est inférieure à celle relevée sur la même période en milieu urbain (13 µg/m³ à Nantes), mais supérieure au milieu périurbain (6 µg/m³ à Saint-Étienne-de-Montluc).
- Du point de vue de la réglementation, par comparaison à la station urbaine du centre de Nantes qui respecte la valeur limite en moyenne annuelle, il est probable que ce seuil soit également respecté sur le site de Couëron.
- Un respect de la valeur guide annuelle de l'OMS (10 µg/m³ en moyenne annuelle) est également probable compte tenu des niveaux plus faibles enregistrés à la gendarmerie de Couëron par rapport à Nantes qui respecte cette valeur.

Le graphique suivant présente l'évolution des concentrations maximums horaires journalières :

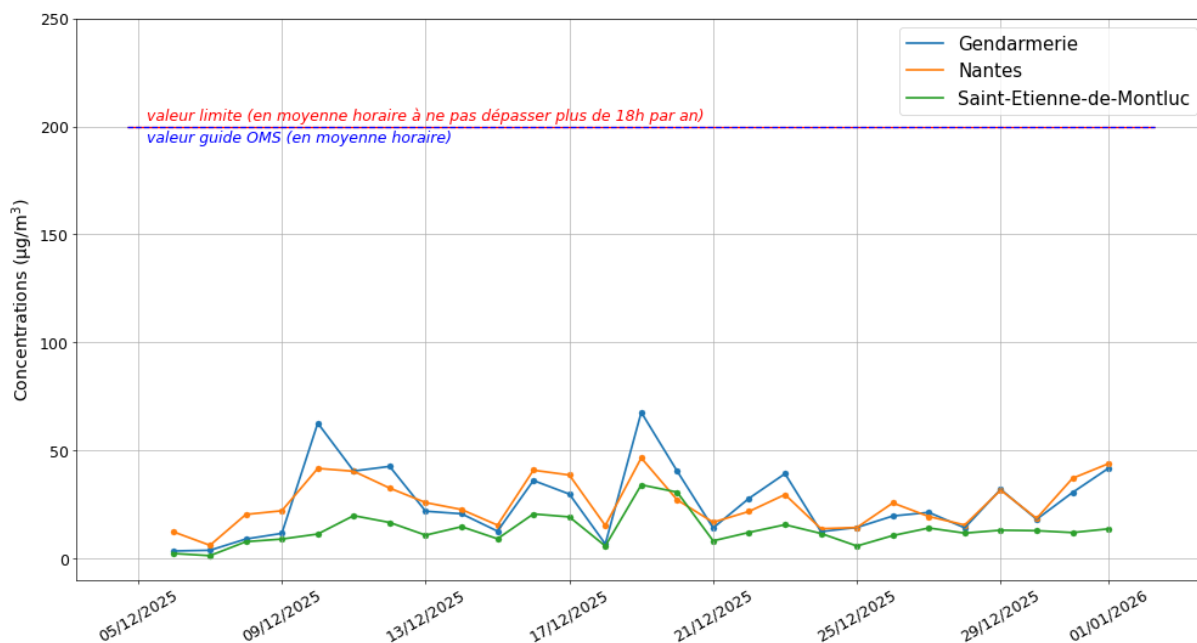


Figure 15 : évolution de la concentration maximum horaire journalière en NO_2 durant la campagne 2025, pour chaque site, dont 2 non influencés par l'UVE

Avec une concentration horaire maximale de $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ relevée à Couëron le 19 décembre 2025, aucune des valeurs maximums horaires relevées quotidiennement au cours de la campagne sur l'ensemble des sites considérés ne dépasse la valeur guide de l'OMS, fixée à $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire.

Un respect de la valeur limite (à ne pas dépasser plus de 18h par an) est probable.

L'évolution des concentrations moyennes journalières de NO_2 , au cours de la campagne, est présentée dans la suite :

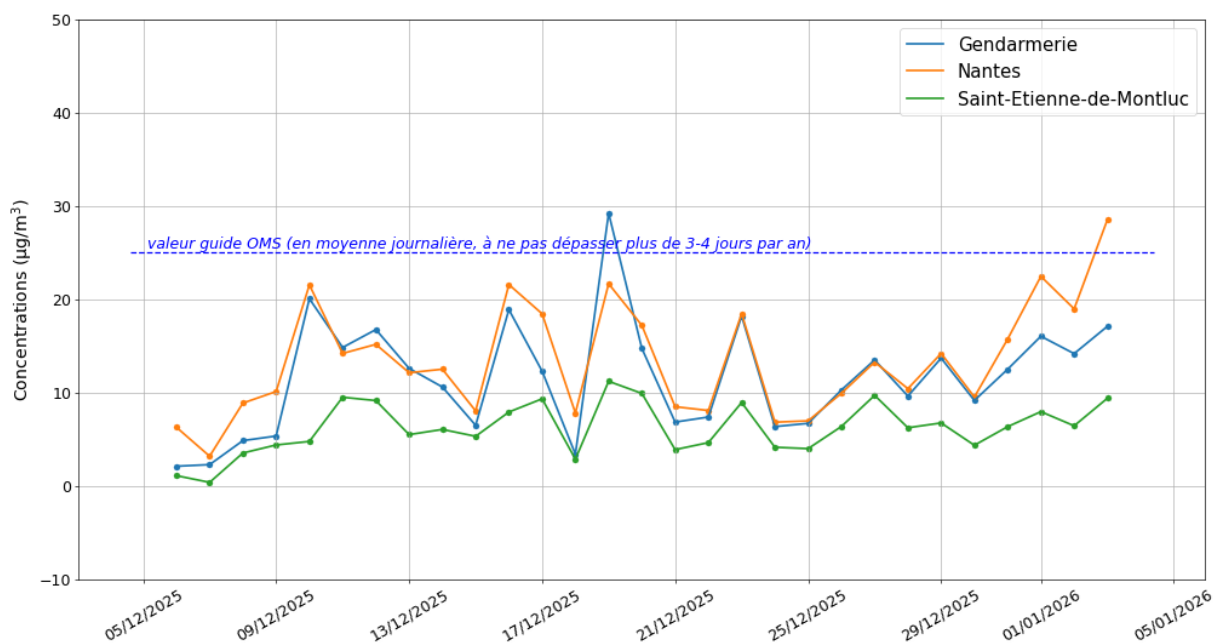


Figure 16 : évolution de la concentration moyenne journalière en NO_2 durant la campagne 2025, pour chaque site, dont 2 non influencés par l'UVE

L'évolution des concentrations journalières montre une bonne corrélation entre les niveaux à Couëron à Nantes et à Saint-Étienne-de-Montluc. Des niveaux de mêmes ordres ont été relevés à Nantes et la Gendarmerie de Couëron, excepté sur la fin de la période de mesure où des concentrations plus élevées ont été mesurées à Nantes. Des concentrations globalement plus faibles ont été mesurées à Saint-Étienne-de-Montluc, en lien avec une plus faible influence du trafic routier sur le site périurbain de Saint-Étienne-de-Montluc par rapport aux deux autres sites.

Un dépassement de la valeur guide de l'OMS de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière (à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an) est possible, compte tenu du dépassement de cette valeur en 2022 et 2023 sur l'ensemble des sites permanents de Nantes, et en 2025 sur l'un des sites urbain Nantais.

Une rose de pollution (cf. encadré méthodologique ci-dessous) est tracée afin de localiser les directions pour lesquelles les concentrations moyennes sont les plus élevées :

Méthodologie

La localisation des zones d'émissions se base sur l'étude des roses de concentrations (roses de pollution) enregistrées sur le site de Couëron.

Ce type de graphique indique les niveaux de polluant en fonction de la direction des vents enregistrés par Météo-France à l'aéroport Nantes-Atlantique. Sur un site donné, il permet de savoir sous quelle direction de vent les niveaux sont les plus élevés et ainsi de localiser les zones d'émissions prépondérantes.

La manière de lire une rose de pollution est la suivante : dans une direction donnée, la longueur de la pale correspond aux niveaux de concentrations relevés lorsque le capteur est exposé à des vents de cette direction.

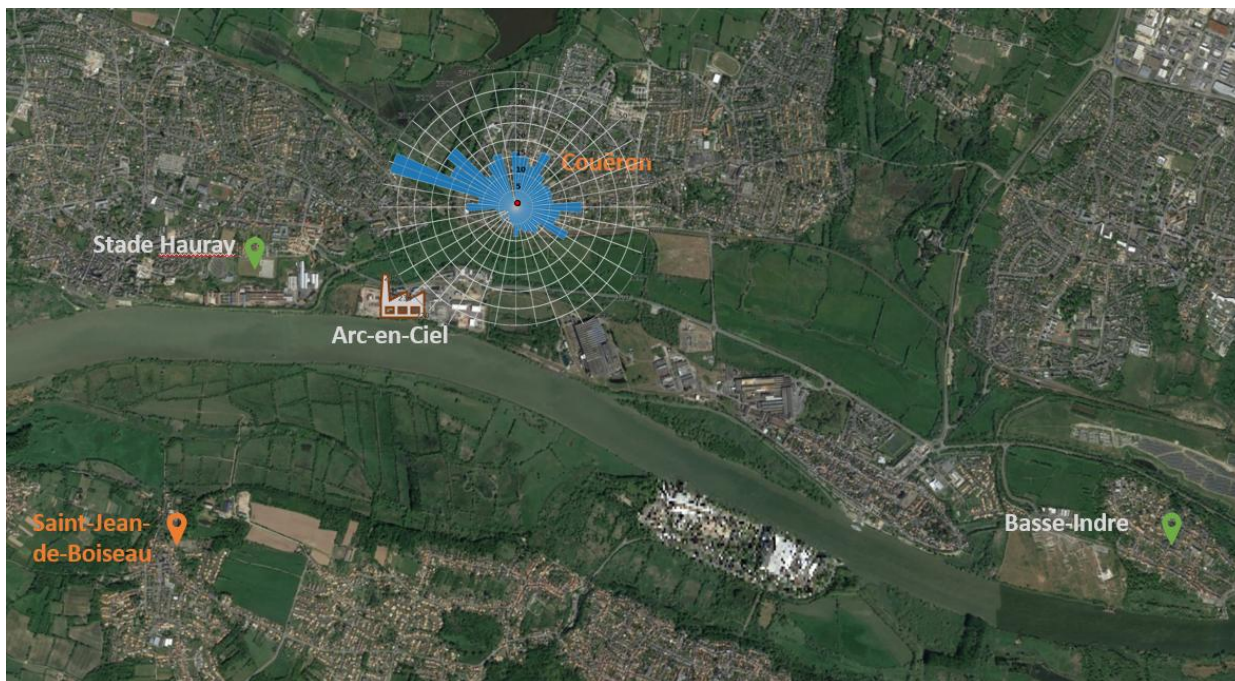
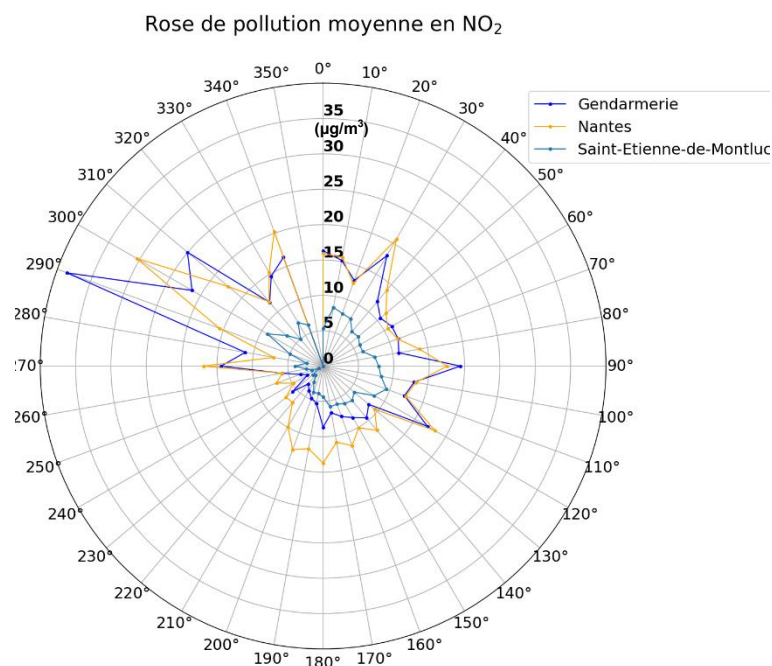


Figure 17 : rose de pollution moyenne

Aucune élévation des concentrations n'est relevée sur les niveaux moyens par vents provenant de l'UVE (210-240°N). Des niveaux plus élevés ont néanmoins été mesurés par vents d'ouest-nord-ouest. Cette influence a également été détectée sur le site urbain de Nantes, suggérant qu'il ne s'agit pas d'une influence locale.

Ainsi, l'influence de l'UVE sur les concentrations de NO₂ n'est pas établie.

Respect des seuils réglementaires et des valeurs guides de l'OMS

Le tableau suivant présente la situation par rapport à la réglementation et aux valeurs guides de l'OMS. Les concentrations présentées sont arrondies à la même précision que les valeurs de référence, conformément aux recommandations nationales².

Dioxyde d'azote (NO ₂)					
Valeur de référence			Concentrations mesurées à la Gendarmerie de Couëron	Situation par rapport aux valeurs de la réglementation française et de l'OMS	Commentaire
Exposition chronique			Période considérée - 05/12/25 – 02/01/26		
Valeur limite française	Moyenne annuelle	40 µg/m ³	Moyenne 11 µg/m ³	✓	Moyenne mesurée sur la période inférieure au seuil
Valeur guide OMS (2021)	Moyenne annuelle	10 µg/m ³	Moyenne 11 µg/m ³	✗	Moyenne mesurée sur la période supérieure au seuil
Exposition aiguë			Période considérée - 05/12/25 – 02/01/26		
Valeur limite française	Moyenne horaire	200 µg/m ³ 18 heures maximum par an	Moyenne horaire maximale 68 µg/m ³	✓	Aucune heure de dépassement sur la période
Seuil d'information	Moyenne horaire	200 µg/m ³	Moyenne horaire maximale 68 µg/m ³	✓	Seuil respecté sur la période
Seuil d'alerte	Moyenne horaire	400 µg/m ³	Moyenne horaire maximale 68 µg/m ³	✓	Seuil respecté sur la période
Valeur guide OMS (2005)	Moyenne horaire	200 µg/m ³	Moyenne horaire maximale 68 µg/m ³	✓	Seuil respecté sur la période
Valeur guide OMS (2021)	Moyenne journalière	25 µg/m ³ 3-4 jours maximum par an	Moyenne journalière maximale 29 µg/m ³	✓	1 jour de dépassement du seuil

L'ensemble des valeurs réglementaires ont été respectées durant la campagne. Cependant, un dépassement de la valeur guide de l'OMS de 25 µg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an, n'est pas à exclure, compte tenu des niveaux enregistrés lors de la campagne.

Un respect de la valeur guide annuelle de l'OMS (10 µg/m³ en moyenne annuelle) est probable compte tenu des niveaux plus faibles enregistrés à la gendarmerie de Couëron par rapport à Nantes qui respecte cette valeur.

² Guide méthodologique pour le calcul des statistiques relatives à la qualité de l'air – LCSQA

Particules PM10

Les concentrations en particules PM10 sont réglementées en France à trois niveaux :

- Un **seuil d'information** et de recommandation fixé à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière et d'un **seuil d'alerte** fixé à $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière.
- Cette valeur journalière de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ne doit pas être dépassée plus de 35 jours par an (**valeur limite** en moyenne journalière).
- La moyenne annuelle des concentrations fait l'objet d'une **valeur limite**, fixée à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, et d'un **objectif de qualité** fixé à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

À titre d'information, l'OMS indique une valeur guide de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an, et $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

La figure ci-dessous représente, sous forme de boxplot, la distribution statistique des concentrations horaires relevées lors de la campagne de mesure.

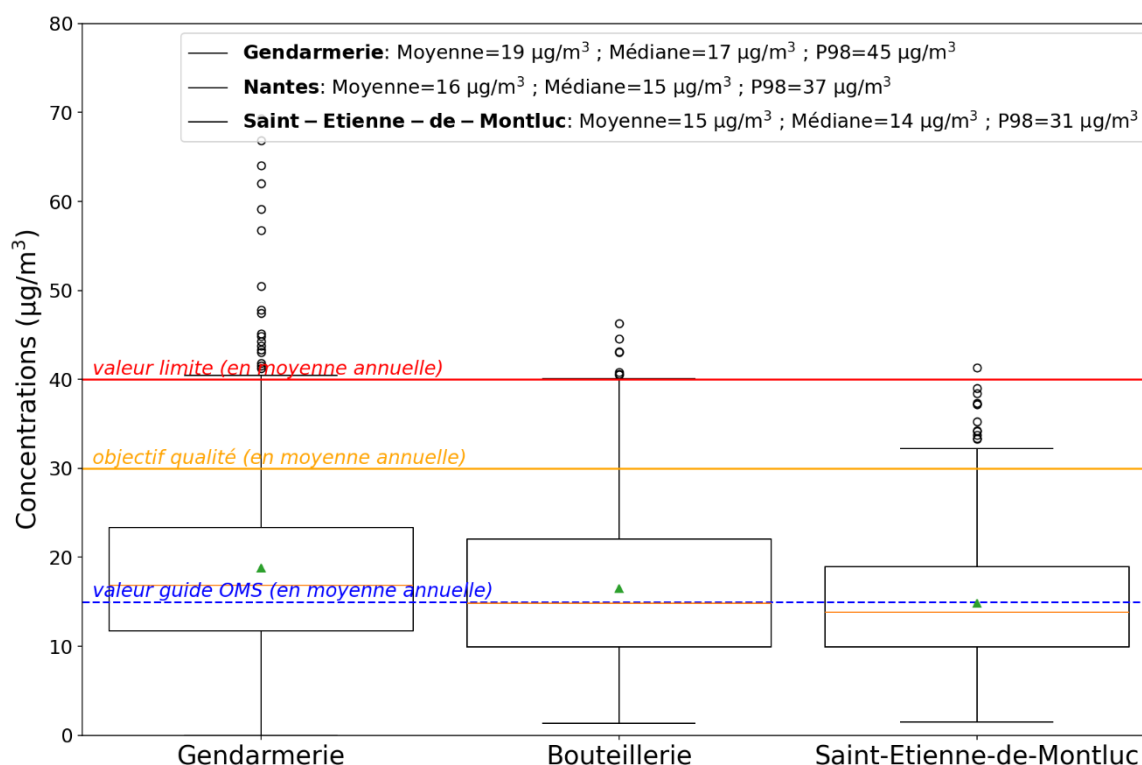


Figure 18 : boxplot des concentrations horaires en particules PM10 durant la campagne de l'hiver 2025, pour chaque site

Ces résultats montrent que :

- La concentration moyenne en PM10 sur le site de Couëron ($19 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est supérieure à celles relevées en milieu urbain ($16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Nantes), et en milieu périurbain ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Saint-Étienne-de-Montluc).
- L'objectif de qualité, fixé à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, et la valeur limite fixée à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ont une forte probabilité de ne pas être dépassés en moyenne annuelle par comparaison aux mesures permanentes qui n'ont pas dépassé ces valeurs en 2025 et les années précédentes.
- Compte tenu des niveaux supérieurs à Couëron qu'à Nantes, un dépassement de la valeur guide de l'OMS fixée à $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle, n'est pas à exclure sachant que cette valeur a déjà été dépassée sur certaines stations de l'agglomération nantaise (Bouteillerie en 2022, Rezé et Bouguenais en 2023 et Rezé en 2024 et 2025).

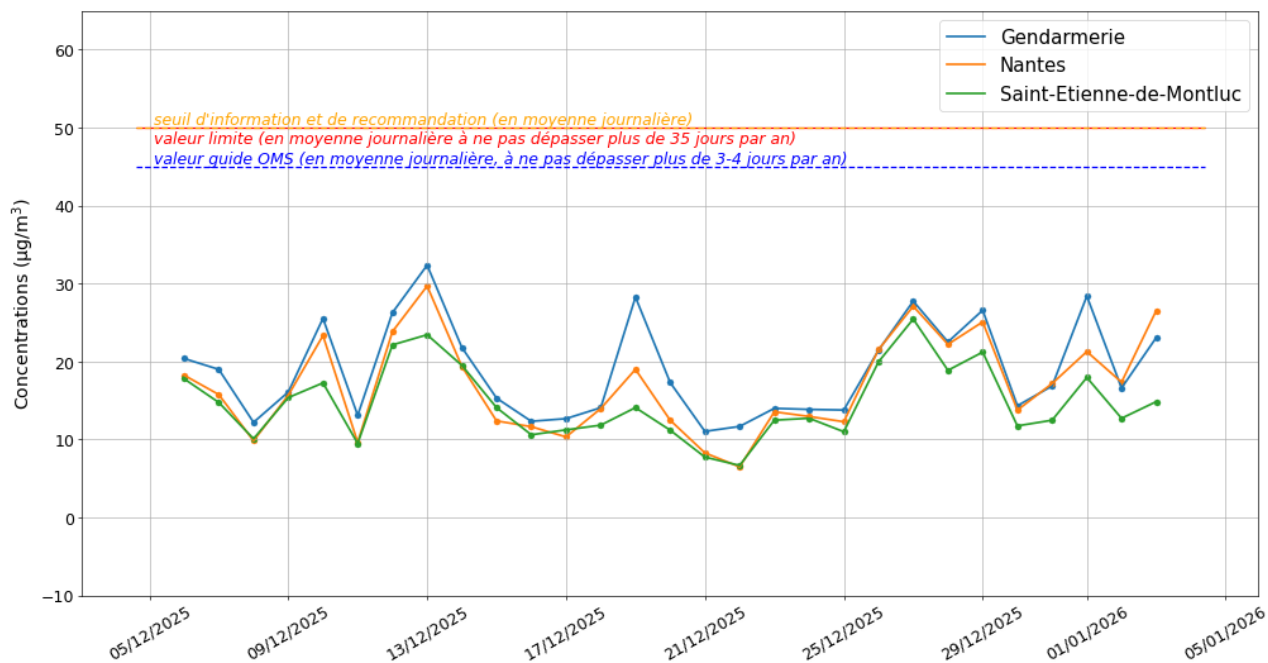


Figure 19 : évolution de la concentration journalière en particules PM10 pendant la campagne hivernale, pour chaque site

Ces résultats montrent que :

- Les concentrations en particules PM10 évoluent de manière corrélée sur les 3 sites, traduisant une influence régionale sur ce polluant.
- Le seuil d'information et de recommandation n'a jamais été dépassé au cours de la campagne de mesure.
- Par comparaison aux stations permanentes, la valeur limite a de fortes probabilités d'être respectée sur le site de la gendarmerie de Couëron. En revanche, le risque de dépassement n'est pas à exclure pour la valeur guide de l'OMS ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an) compte tenu du dépassement de cette valeur sur certaines stations urbaines de Nantes les années passées.

La figure suivante présente la rose de pollution permettant de localiser les directions pour lesquelles les concentrations sont les plus élevées :

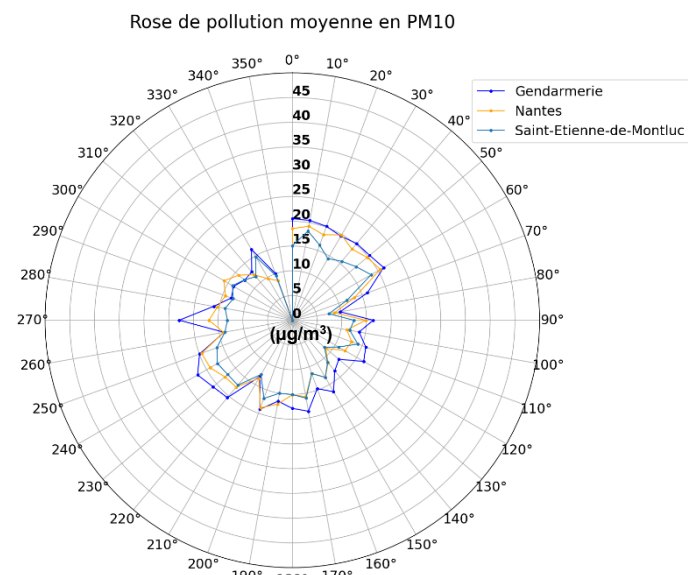


Figure 20 : roses de pollution moyennes en PM10 mesurées sur le site de la Gendarmerie à Couëron

Les roses de pollution moyennes indiquent une légère augmentation des concentrations par vents de 220 à 250°N sur l'ensemble des sites, suggérant une influence régionale. Ainsi, aucune influence spécifique des émissions d'Arc-en-Ciel 2034 (210-240°N) ne peut être mise en évidence.

Respect des seuils réglementaires et des valeurs guides de l'OMS

Le tableau suivant présente la situation par rapport à la réglementation et aux valeurs guides de l'OMS :

Particules PM10					
Valeur de référence			Concentrations mesurées à la Gendarmerie de Couëron	Situation par rapport aux valeurs de la réglementation française et de l'OMS	Commentaire
Exposition chronique			Période considérée - 05/12/25 – 02/01/26		
Valeur limite française	Moyenne annuelle	40 µg/m ³	Moyenne 19 µg/m ³	✓	Moyenne mesurée sur la période inférieure au seuil
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	30 µg/m ³	Moyenne 19 µg/m ³	✓	Moyenne mesurée sur la période inférieure au seuil
Valeur guide OMS (2021)	Moyenne annuelle	15 µg/m ³	Moyenne 19 µg/m ³	✗	Moyenne mesurée sur la période supérieure au seuil
Exposition aiguë			Période considérée - 05/12/25 – 02/01/26		
Valeur limite française	Moyenne journalière	50 µg/m ³ 35 jours maximum par an	Moyenne journalière maximale 32 µg/m ³	✓	Seuil respecté sur la période
Seuil d'information	Moyenne journalière	50 µg/m ³	Moyenne journalière maximale 32 µg/m ³	✓	Seuil respecté sur la période
Seuil d'alerte	Moyenne journalière	80 µg/m ³	Moyenne journalière maximale 32 µg/m ³	✓	Seuil respecté sur la période
Valeur guide OMS (2021)	Moyenne journalière	45 µg/m ³ 3-4 jours maximum par an	Moyenne journalière maximale 32 µg/m ³	✓	Seuil respecté sur la période

Aucun dépassement des valeurs réglementaires n'a été constaté lors de la campagne. Toutefois, un dépassement de la valeur guide de l'OMS de 15 µg/m³ en moyenne annuelle n'est pas à exclure compte tenu des niveaux supérieurs à Couëron qu'à Nantes. De même, un dépassement de la valeur guide de l'OMS (45 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an) n'est pas à exclure étant donné le dépassement de cette valeur sur certaines stations urbaines de Nantes les années passées.

Particules PM2.5

Les concentrations en particules fines PM2.5 sont soumises en France à deux seuils en valeur moyenne annuelle :

- Une valeur limite annuelle fixée à 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Un objectif de qualité de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

À titre d'information, l'OMS indique une valeur guide de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an, et 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

La figure suivante présente sous forme d'un boxplot les statistiques de mesure PM2.5 au cours de la campagne.

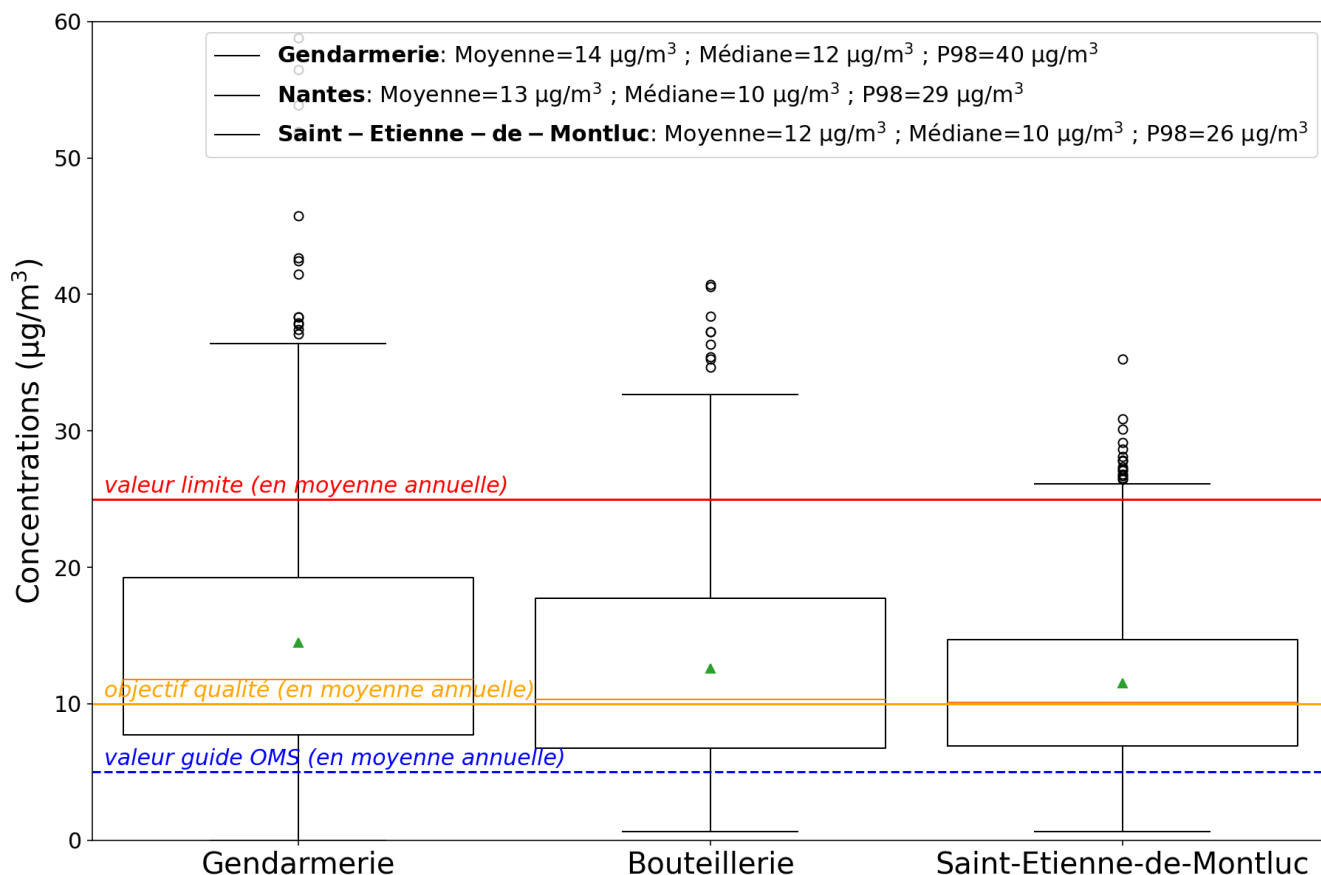


Figure 21 : boxplots des concentrations horaires en PM2.5, du 5 décembre 2025 au 2 janvier 2026

Ces résultats montrent que :

- La concentration moyenne en PM2.5 relevée à Couëron (14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) est proche de celles relevées en milieu de fond urbain de Nantes (13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et en milieu périurbain de Saint-Étienne-de-Montluc (12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Vis-à-vis de la réglementation, par comparaison avec les deux stations de mesure permanente de Nantes et de Saint-Étienne-de-Montluc, il est probable que la valeur limite annuelle (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) soit respectée à la gendarmerie de Couëron. Il est également probable que l'objectif de qualité (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) soit respecté, sachant que la concentration annuelle à Bouteillerie a atteint 8,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2025.
- La valeur guide annuelle préconisée par l'OMS (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) a toutefois de fortes chances d'être dépassée, ce seuil étant dépassé sur l'ensemble des stations de mesure permanentes de la région en 2025 et les années précédentes.

L'évolution des concentrations journalières en PM2.5 confirme le comportement régional des particules avec une corrélation des niveaux entre les 3 sites de mesure :

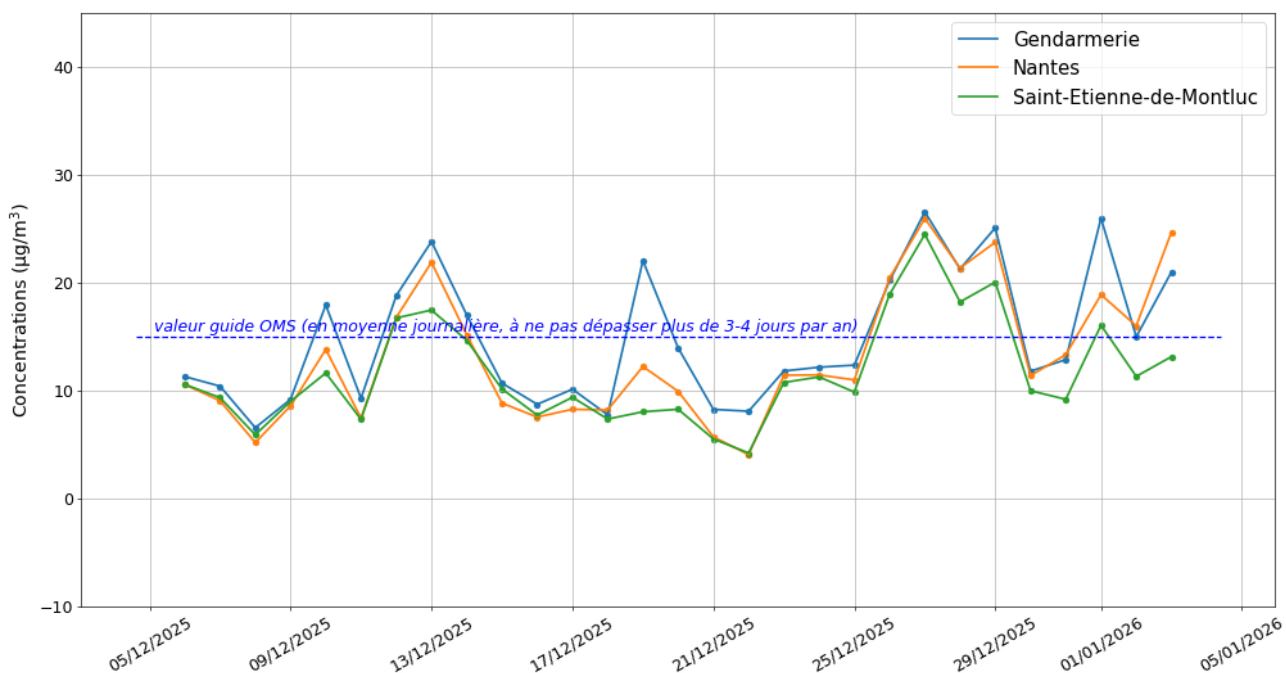
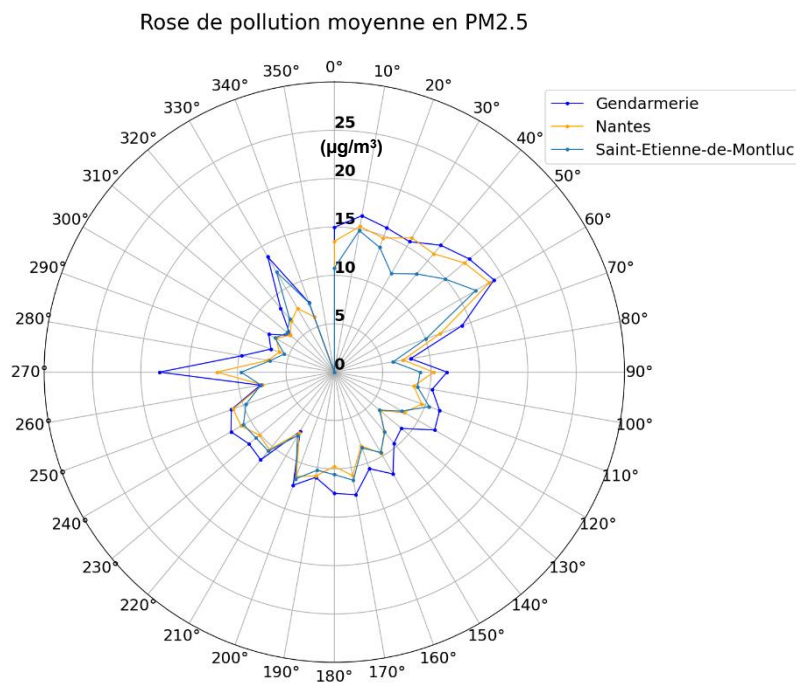


Figure 22 : évolutions des concentrations journalières en PM2.5, sur les trois sites lors de la campagne

Lors de la campagne de mesure, la valeur guide journalière de l'OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an) a été dépassée. En effet, durant 11 jours, les concentrations journalières étaient supérieures à $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les trois sites, témoignant de phénomènes d'ampleur régionale. Celle-ci s'explique par des conditions météorologiques favorables à la stagnation des polluants, conjuguée à des émissions de PM2.5 locales (liées au chauffage notamment).

La figure suivante présente les roses de pollution moyennes :



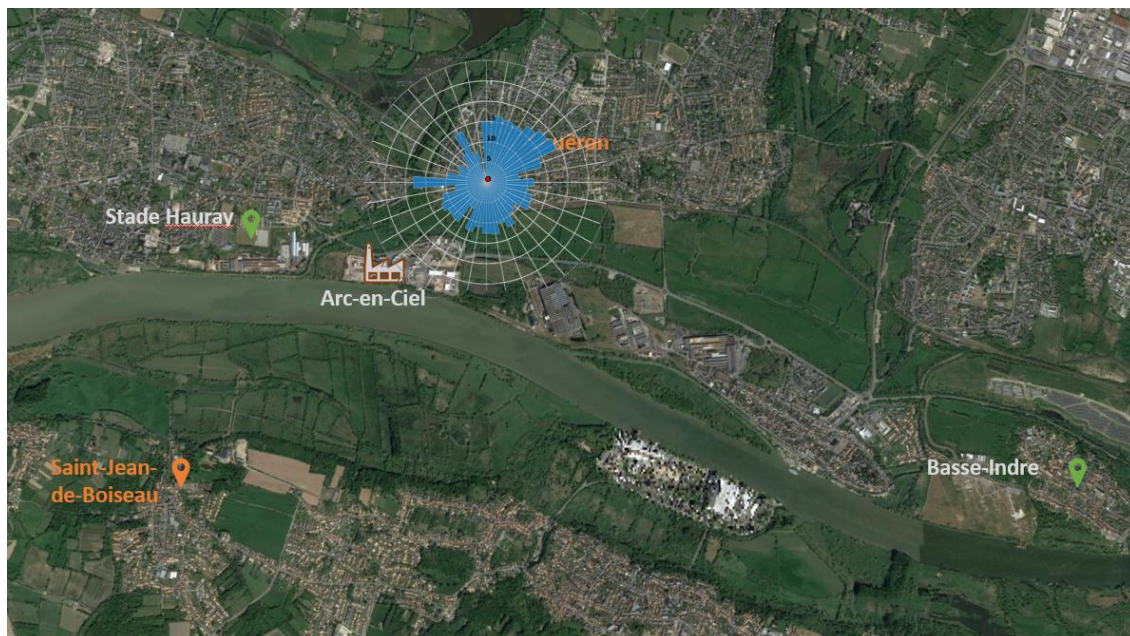


Figure 23 : roses de pollution moyennes des particules PM2.5

Ces résultats montrent que :

- Les roses de pollution moyennes indiquent une légère augmentation des concentrations par vents de 220 à 250°N sur l'ensemble des sites, suggérant une influence régionale.
- Aucune influence spécifique des émissions d'Arc-en-Ciel 2034 (210-240°N) ne peut être mise en évidence.

Respect des seuils réglementaires et des valeurs guides de l'OMS

Le tableau suivant présente la situation par rapport à la réglementation et aux valeurs guides de l'OMS :

Particules fines PM2.5					
Valeur de référence			Concentrations mesurées à la Gendarmerie de Couëron	Situation par rapport aux valeurs de la réglementation française et de l'OMS	Commentaire
Exposition chronique			Période considérée - 05/12/25 – 02/01/26		
Valeur limite française	Moyenne annuelle	25 µg/m³	Moyenne 14 µg/m³	✓	Moyenne mesurée sur la période inférieure au seuil
Valeur cible	Moyenne annuelle	20 µg/m³	Moyenne 14 µg/m³	✓	Moyenne mesurée sur la période inférieure au seuil
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	10 µg/m³	Moyenne 14 µg/m³	✗	Moyenne mesurée sur la période supérieure au seuil
Valeur guide OMS (2021)	Moyenne annuelle	5 µg/m³	Moyenne 14 µg/m³	✗	Moyenne mesurée sur la période supérieure au seuil
Exposition aiguë			Période considérée - 05/12/25 – 02/01/26		
Valeur guide OMS (2021)	Moyenne journalière	15 µg/m³ 3-4 jours maximum par an	Moyenne journalière maximale 27 µg/m³	✗	11 dépassements du seuil journalier

Par comparaison aux niveaux enregistrés à la Bouteillerie, il est probable que les valeurs réglementaires soient respectées.

Néanmoins un dépassement de la valeur guide de l'OMS de 15 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an a été constaté durant la campagne. Par ailleurs, un dépassement de la valeur guide de l'OMS de 5 µg/m³ en moyenne annuelle est très probable étant donné que celle-ci est dépassée sur l'ensemble des stations dans les Pays de la Loire.

Dioxyde de soufre SO₂

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

- Une **valeur limite en moyenne journalière** fixée à 125 µg/m³, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an.
- Une **valeur limite horaire** fixée à 350 µg/m³, à ne pas dépasser plus de 24h par an.
- Un **seuil d'information et de recommandation** fixé à 300 µg/m³ en moyenne horaire.
- Un **seuil d'alerte** fixé à 500 µg/m³ en moyenne horaire sur 3 heures consécutives.

À titre d'information, l'OMS (2021) préconise une valeur guide de 40 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an.

La figure ci-dessous présente sous forme d'un boxplot les statistiques de mesure du SO₂ au cours de la campagne :

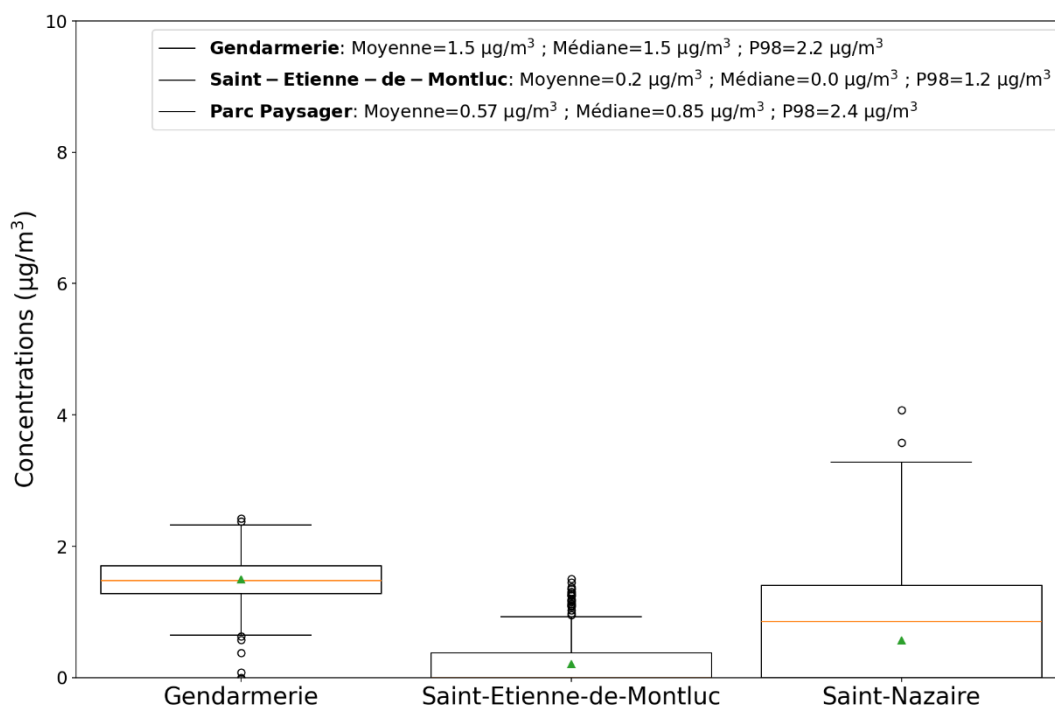


Figure 24 : boxplot des concentrations horaires en SO₂ sur les 3 sites de mesure, dont 2 non influencés par l'UVE

Ces niveaux sont, pour les trois sites, proches de la limite de détection de l'appareil, et très faibles par rapport aux valeurs réglementaires comme le montre la figure suivante :

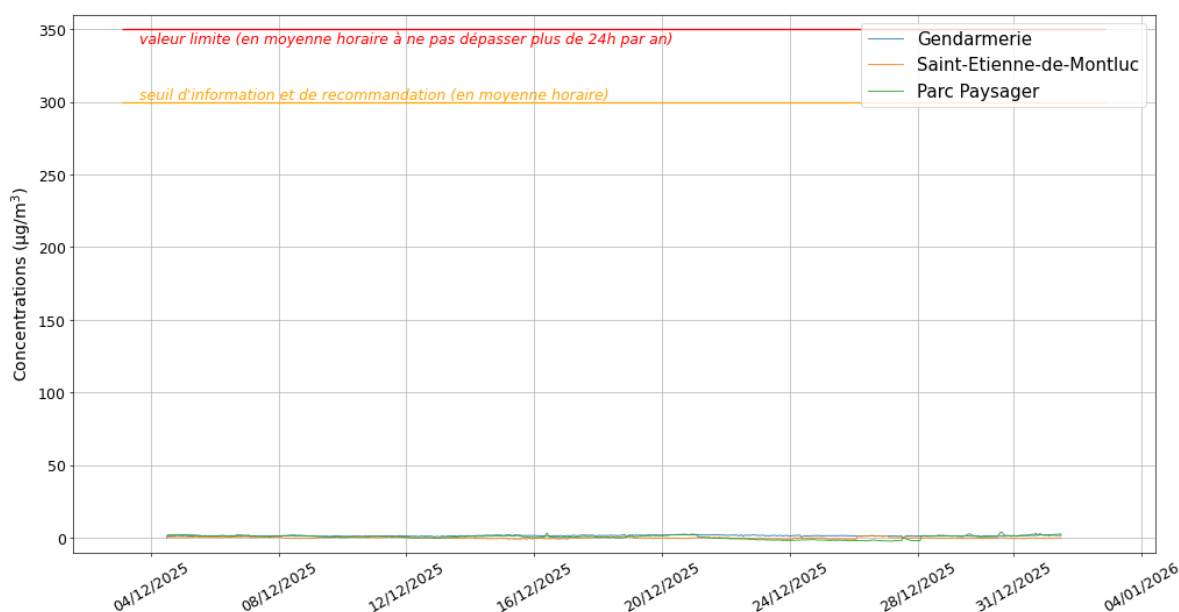


Figure 25 : évolution des concentrations maximums horaires journalières en SO₂ sur les 3 sites de mesure, dont 2 non influencés par l'UVE

Les concentrations maximums horaires sur l'ensemble des sites sont très inférieures à la valeur limite horaire de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser plus de 24h par an, et au seuil d'information et de recommandation fixé à $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire. En effet, le maximum horaire sur le site de la Gendarmerie de Couëron s'élève à $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'ensemble de la campagne, tandis que ceux de Saint-Nazaire et de Saint-Étienne-de-Montluc sont respectivement de 4,1 et $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La figure suivante présente la rose de pollution permettant de localiser les directions pour lesquelles les concentrations sont les plus élevées :

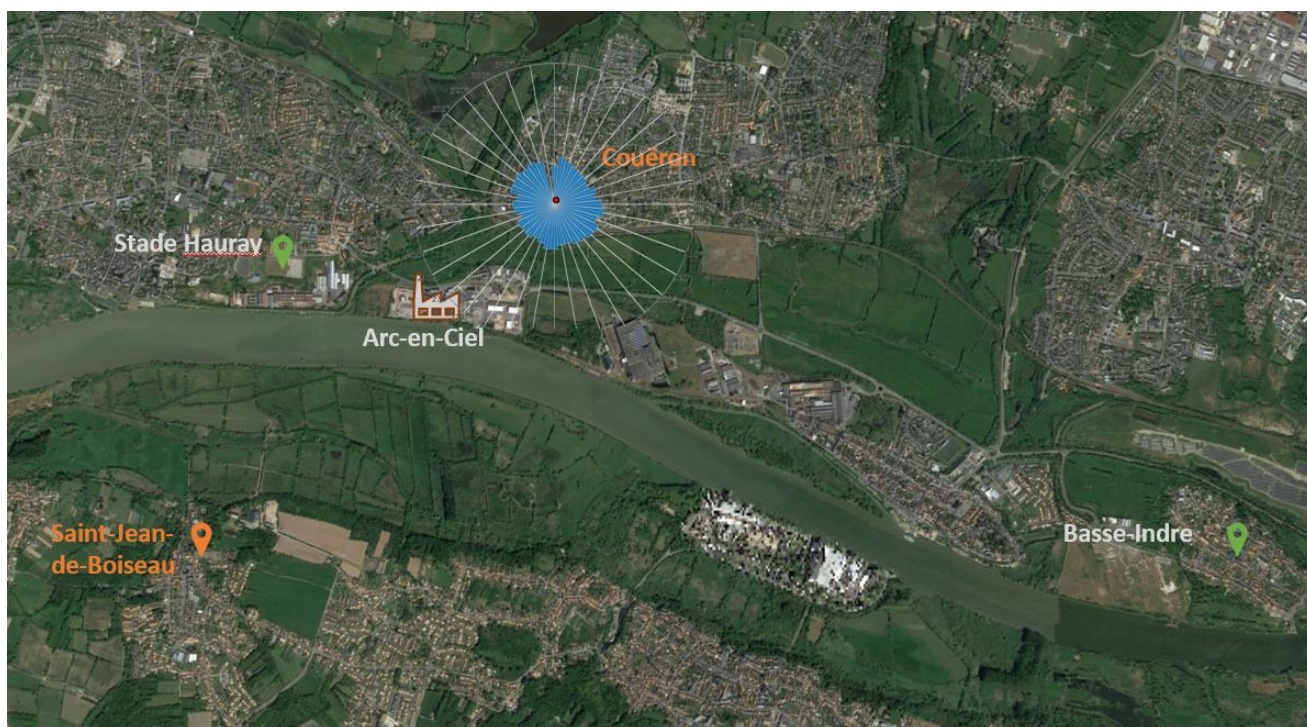
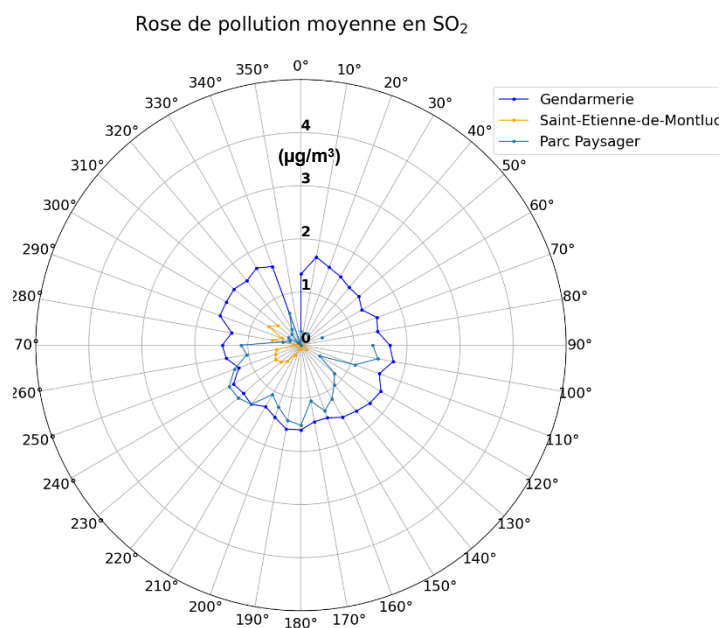


Figure 26 : roses de pollution moyennes du SO_2

Les roses de pollution ne font pas apparaître d'influence particulière. Aucune influence des émissions d'Arc-en-Ciel 2034 (210-240°N) n'est mise en évidence.

Respect des seuils réglementaires et des valeurs guides de l'OMS

Le tableau suivant présente la situation par rapport à la réglementation et aux valeurs guides de l'OMS :

Dioxyde de soufre (SO ₂)					
Valeur de référence			Concentrations mesurées à la Gendarmerie de Couëron	Situation par rapport aux valeurs de la réglementation française et de l'OMS	Commentaire
Exposition chronique			Période considérée - 05/12/25 – 02/01/26		
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	50 µg/m ³	Moyenne 2 µg/m ³	✓	Moyenne mesurée sur la période inférieure au seuil
Exposition aiguë			Période considérée - 05/12/25 – 02/01/26		
Valeur limite française	Moyenne horaire	350 µg/m ³ 24 heures maximum par an	Moyenne horaire maximale 2 µg/m ³	✓	Aucune heure de dépassement sur la période
Valeur limite française	Moyenne journalière	125 µg/m ³ 3 jours maximum par an	Moyenne journalière maximale 2 µg/m ³	✓	Aucun jour de dépassement sur la période
Seuil d'information	Moyenne horaire	300 µg/m ³	Moyenne horaire maximale 2 µg/m ³	✓	Seuil respecté sur la période
Seuil d'alerte	Moyenne horaire	500 µg/m ³ sur 3 heures consécutives	Moyenne horaire maximale 2 µg/m ³	✓	Seuil respecté sur la période
Valeur guide OMS (2021)	Moyenne journalière	40 µg/m ³ 3-4 jours maximum par an	Moyenne journalière maximale 2 µg/m ³	✓	Aucun jour de dépassement sur la période

L'ensemble des valeurs réglementaires ont été respectées durant la campagne.

Monoxyde de carbone CO

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

- Une **valeur limite en moyenne 8-horaire** de 10 mg/m^3 , soit $10\,000 \text{ }\mu\text{g/m}^3$.

À titre d'information, l'OMS (2021) préconise une **valeur guide de 4 mg/m^3 en moyenne journalière**, à ne pas dépasser 3 à 4 jours par an, ainsi que 10 mg/m^3 en moyenne 8-horaire.

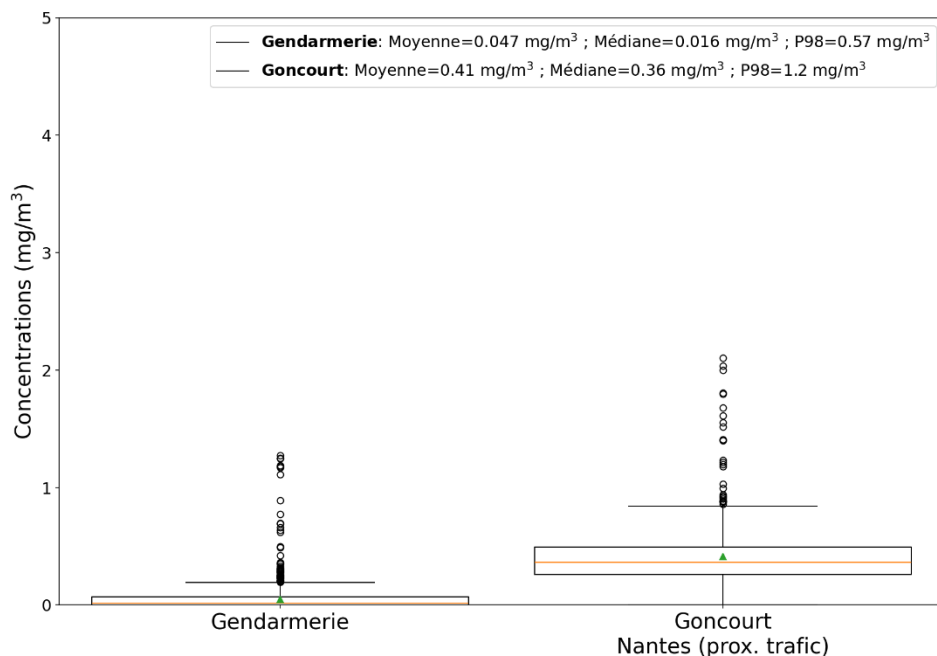


Figure 27 : boxplot des concentrations horaires en CO pendant la campagne hivernale de 2025-2026, sur le site de la Gendarmerie à Couëron et de proximité trafic de Nantes (station des Frères Goncourt)

De la même manière que les années précédentes, les mesures sont proches des limites de détection de l'appareil. Les niveaux de monoxyde de carbone relevés à la Gendarmerie de Couëron ($0,05 \text{ mg/m}^3$ en moyenne) sont inférieurs à ceux relevés en proximité trafic à Nantes ($0,41 \text{ mg/m}^3$ au Boulevard des Frères de Goncourt).

La figure suivante présente l'évolution des concentrations moyennes 8-horaires maximums journalières sur le site de la gendarmerie de Couëron et de trafic routier de Nantes :

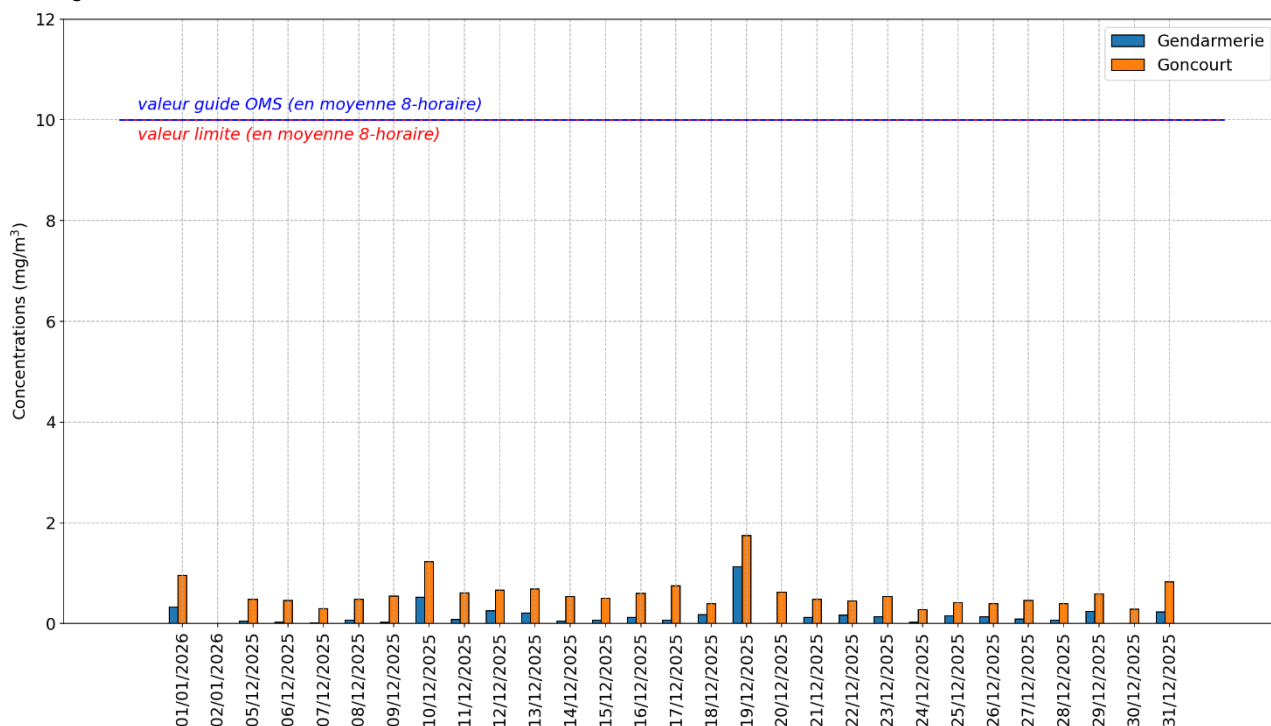


Figure 28 : évolution des concentrations maximales 8-horaires journalières en CO, au cours de la campagne

Les valeurs limite et guide de l'OMS, toutes deux fixées à 10 mg/m³, en moyenne 8-horaire, ont été respectées durant la campagne, sur les deux sites. En effet, le maximum 8-horaire a été mesuré le 20/12/2025 à 1,13 mg/m³ sur le site de la gendarmerie, soit près de 9 fois moins que la valeur limite.

Ces mesures sont similaires à celles observées en 2021, 2022, 2023 et 2024 où des concentrations moyennes de respectivement 0,2 mg/m³ et 0,3 mg/m³, 0,2 mg/m³ et 0,2 mg/m³ avait été relevées à la Gendarmerie de Couëron. Au vu des résultats similaires aux deux années précédentes, et étant donné que les concentrations maximales journalières restent très inférieures à la valeur limite, il est considéré comme probable que le seuil réglementaire de 10 mg/m³ en moyenne sur 8 heures ne soit jamais dépassé sur le site de la Gendarmerie au cours d'une année.

Les concentrations en CO étant proches des limites de détection analytiques, aucune influence des émissions d'Arc-en-Ciel 2034 n'est mise en évidence.

Respect des seuils réglementaires et des valeurs guides de l'OMS

Le tableau suivant présente la situation par rapport à la réglementation et aux valeurs guides de l'OMS :

Monoxyde de carbone (CO)					
Valeur de référence			Concentrations mesurées à la Gendarmerie de Couëron	Situation par rapport aux valeurs de la réglementation française et de l'OMS	Commentaire
Exposition aiguë			Période considérée - 05/12/25 – 02/01/26		
Valeur limite française	Moyenne 8-horaire	10 mg/m ³ en maximum journalier	Moyenne 8-horaire maximale 3 mg/m ³		Seuil respecté sur la période
Valeur guide OMS (2021)	Moyenne journalière	4 mg/m ³ 3-4 jours maximum par an	Moyenne journalière maximale 0 mg/m ³		Aucun jour de dépassement sur la période
Valeur guide OMS (2000)	Moyenne 8-horaire	10 mg/m ³	Moyenne 8-horaire maximale 3 mg/m ³		Seuil respecté sur la période
Valeur guide OMS (2000)	Moyenne horaire	30 mg/m ³	Moyenne horaire maximale 4 mg/m ³		Seuil respecté sur la période

L'ensemble des valeurs réglementaires ont été respectées durant la campagne.

Mercure gazeux Hg

L'analyseur de type LUMEX RA 915 AM a été installé dans le camion laboratoire sur le site de la Gendarmerie, pour déterminer les niveaux de mercure gazeux, durant les 4 semaines de prélèvement hivernal.

Le mercure fait l'objet de différentes valeurs de référence définies par plusieurs organismes (cf. tableau suivant).

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

Tableau 10 : valeur de référence pour l'inhalation (INERIS : point sur les valeurs toxicologiques de référence (VTR) – Rapport d'étude 17/03/2009)

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

Le tableau ci-dessous résume les principaux résultats des mesures en mercure gazeux sur le site de la Gendarmerie à Couëron :

	Moyenne (ng/m ³)	Maximum-horaire (ng/m ³)	Maximum journalier (ng/m ³)
Gendarmerie, Couëron	1,4	2,2	1,5

Tableau 11 : résultats statistiques des mesures de mercure gazeux

Ces valeurs sont dans la lignée des concentrations relevées depuis 2021 et sont inférieures aux valeurs toxicologiques de référence, notamment la VTR de l'OEHHA (30 ng/m³). La moyenne de 1,4 µg/m³ est près de 22 fois plus faible que la VTR de l'OEHHA.

L'évolution de la concentration horaire maximale journalière est stable au cours de la campagne.

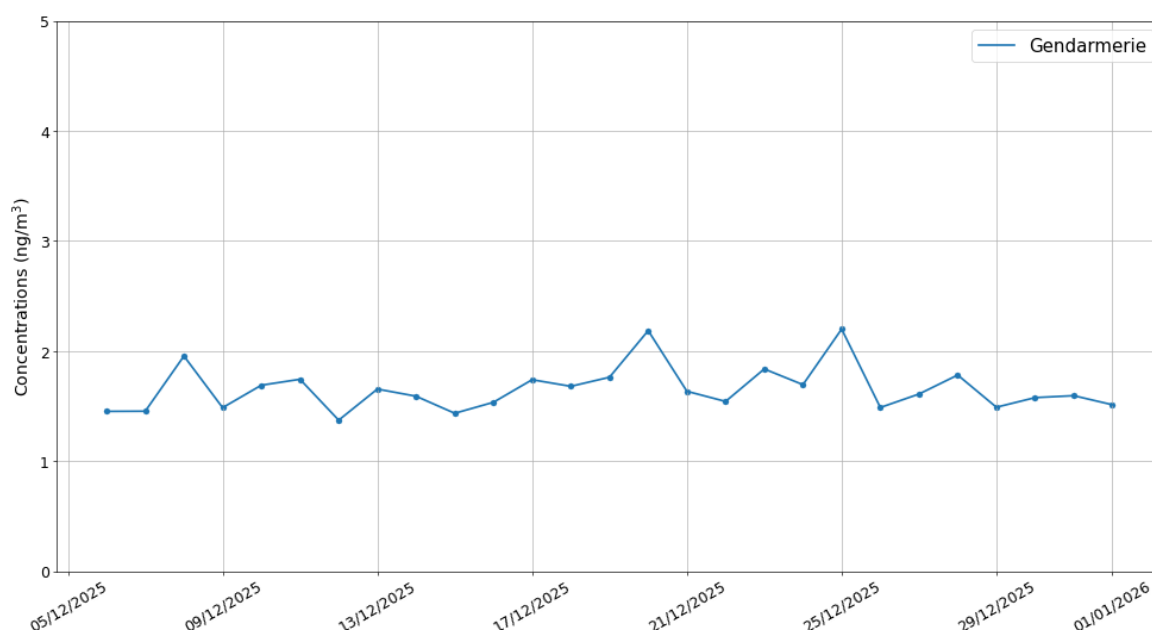


Figure 30 : évolution de la concentration du maximum horaire journalier en mercure gazeux au cours de la campagne hivernale de 2025, sur le site de la Gendarmerie à Couëron

La rose de pollution du mercure est tracée dans la suite afin de caractériser les niveaux moyens en fonction la direction des vents :

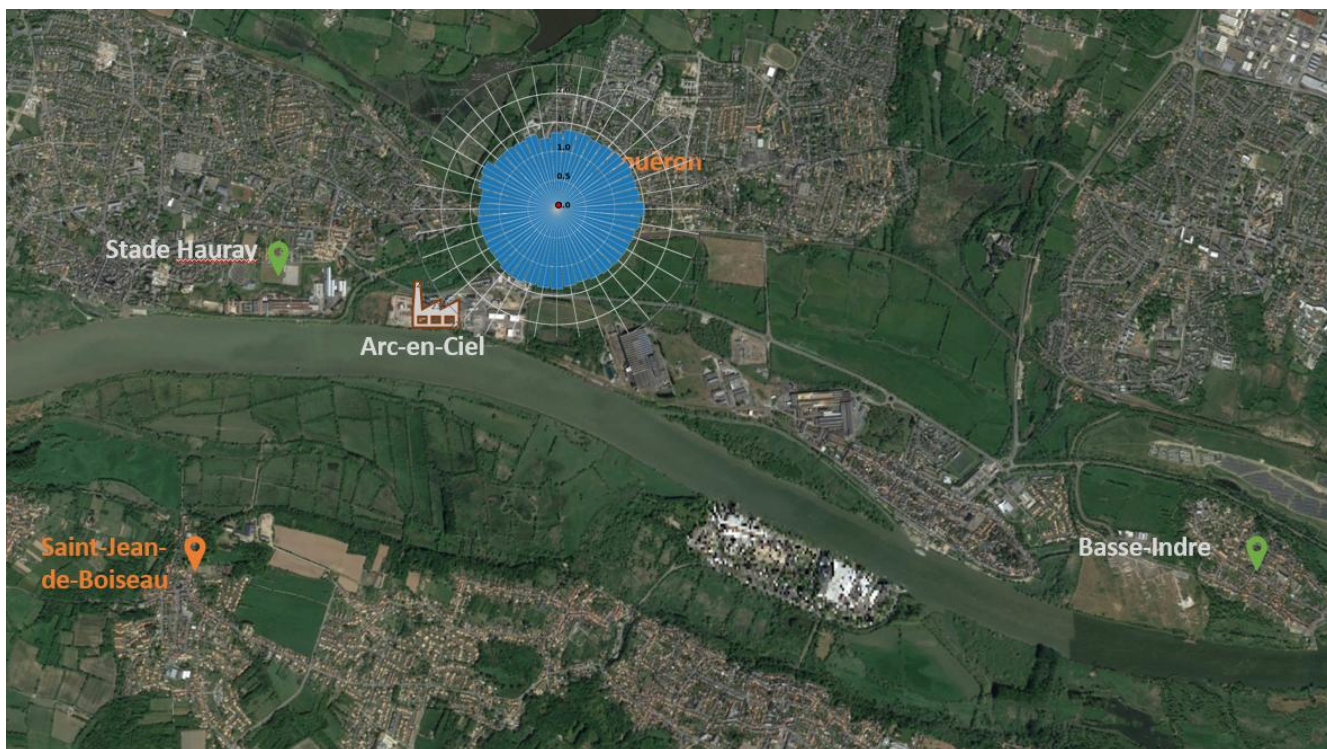
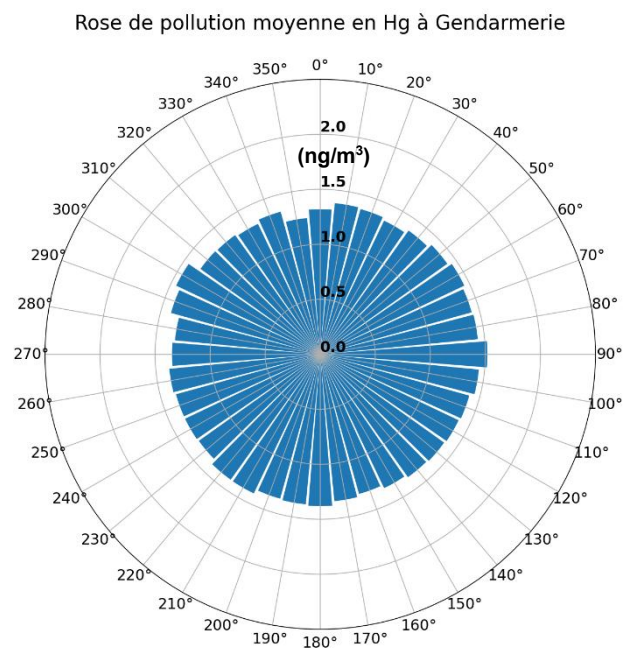


Figure 31 : rose de pollution des concentrations moyennes en mercure gazeux sur le site de la Gendarmerie à Couëron

Aucune influence d'Arc-en-Ciel 2034 n'a été détectée dans les directions 210 à 240°N, que ce soit en concentrations moyennes ou de pointes.

Conclusions

Depuis 1997, Air Pays de la Loire effectue une surveillance de la qualité de l'air dans l'environnement d'Arc-en-Ciel 2034. Cette surveillance, rendue obligatoire par les arrêtés préfectoraux du 2 juillet 1992 et du 14 avril 2003 et modifiés le 13 février 2018, consiste à réaliser des mesures des polluants atmosphériques dans l'air ambiant et les retombées atmosphériques.

Depuis 2009, ce dispositif a été complété par le suivi en continu du dioxyde d'azote, du dioxyde de soufre, du monoxyde de carbone, des particules PM10.

En 2020, le site de la Métairie a été remplacé par celui de la Gendarmerie, l'étude a été complétée d'un nouveau site témoin à Basse-Indre pour les dioxines et furanes, et la surveillance de nouveaux métaux lourds.

En 2025, compte tenu des niveaux d'acide fluorhydrique (HF) inférieurs aux limites de détection sur l'ensemble des sites de prélèvement depuis 5 ans, la mesure de ce polluant a été retirée. Le dispositif a par ailleurs été renforcé par la mise en œuvre des mesures de PM2.5.

Les résultats de la campagne de mesure 2025, menée du 23 juin au 22 juillet 2025, puis du 5 décembre 2025 au 2 janvier 2026, montrent des résultats cohérents avec ceux relevés les années précédentes. Ils permettent notamment d'évaluer la teneur des polluants mesurés dans l'environnement d'Arc-en-Ciel 2034 vis-à-vis de la réglementation. Les niveaux enregistrés vis-à-vis de la réglementation en vigueur et des valeurs guides de l'OMS sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Comparaison aux valeurs réglementaires										
Valeur de référence	NO ₂		PM10		PM2.5		SO ₂		CO	
Exposition aigüe	Période considérée - 05/12/25 – 02/01/26									
Seuil d'information	200 µg/m³ en moyenne horaire	✓	50 µg/m³ en moyenne journalière	✓	-		300 µg/m³ en moyenne horaire	✓	-	
Seuil d'alerte	400 µg/m³ en moyenne horaire	✓	80 µg/m³ en moyenne journalière	✓	-		500 µg/m³ en moyenne horaire	✓	-	
Valeur limite	200 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18h par an	✓	50 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an	✓	-		125 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an	✓	10 mg/m³ en moyenne 8-horaire	✓
							350 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24h par an	✓		
Valeur guide OMS	200 µg/m³ en moyenne horaire	✓	45 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an	✓	15 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an	✗ *	40 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an	✓	4 mg/m³ en moyenne journalière 3-4 jours maximum par an	✓
	25 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an	✓							10 mg/m³ en moyenne 8-horaire	✓
									30 mg/m³ en moyenne horaire	✓
Exposition chronique										
Valeur limite	40 µg/m³ en moyenne annuelle	✓	40 µg/m³ en moyenne annuelle	✓	25 µg/m³ en moyenne annuelle	✓	-		-	
Valeur cible	-		-		20 µg/m³ en moyenne annuelle	✓	-		-	
Objectif qualité	40 µg/m³ en moyenne annuelle	✓	30 µg/m³ en moyenne annuelle	✓	10 µg/m³ en moyenne annuelle	✗	50 µg/m³ en moyenne annuelle	✓	-	
Valeur guide OMS	10 µg/m³ en moyenne annuelle	✗	15 µg/m³ en moyenne annuelle	✗	5 µg/m³ en moyenne annuelle	✗	-		-	

*Le dépassement de la valeur guide journalière de l'OMS pour les PM2.5 (11 jours de dépassement des 15 µg/m³ en moyenne journalière) s'inscrit dans un phénomène d'ampleur régionale. Celle-ci s'explique par des conditions météorologiques favorables à la stagnation des polluants, conjuguée à des émissions de PM2.5 locales (liées au chauffage notamment).

Aucun dépassement des valeurs réglementaires n'a été constaté lors de la campagne. Toutefois, des dépassements :

- De la **valeur guide de l'OMS** du **NO₂** (25 µg/m³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an) **n'est pas à exclure**, compte tenu des niveaux enregistrés lors de la campagne.
- De la **valeur guide de l'OMS** pour les **PM₁₀** (15 µg/m³ en moyenne annuelle) **n'est pas à exclure** étant donné les niveaux supérieurs à Couëron par rapport à Nantes.
- De la **valeur guide de l'OMS** pour les **PM₁₀** (45 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an) **n'est pas à exclure** compte tenu du dépassement de cette valeur sur certaines stations urbaines de Nantes les années passées.
- De la **valeur guide de l'OMS** pour les **PM_{2.5}** de 15 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an **a été constatée** durant la campagne. **Le dépassement de la valeur guide de l'OMS de 5 µg/m³ en moyenne annuelle est très probable** étant donné que celle-ci est dépassée sur l'ensemble des stations dans les Pays de la Loire.

Un respect des valeurs réglementaires et des valeurs guides de l'OMS est par ailleurs très probable pour le SO₂ et le CO.

L'analyse de ces résultats permet par ailleurs d'évaluer l'influence d'Arc-en-Ciel 2034 sur ces polluants, et montre que :

- L'influence de l'établissement sur les dépôts de métaux lourds (arsenic, cadmium, cobalt, manganèse, nickel, plomb, mercure, antimoine et vanadium) dans son environnement n'est pas significative.
- Aucun lien de causalité n'a été établi entre les niveaux d'acide chlorhydrique et de métaux lourds dans l'air et les émissions de l'établissement.
- Les niveaux de dioxines et furanes ne sont pas influencés par les émissions de l'établissement.
- Aucune influence de l'établissement n'a été détectée dans les niveaux de dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, particules PM₁₀ et PM_{2.5}, monoxyde de carbone et mercure gazeux.

Finalement, les teneurs en polluant enregistrées dans l'environnement d'Arc-en-Ciel 2034 sont représentatives d'une zone périurbaine.

Les mesures se poursuivent en 2026 avec le même dispositif de mesure qu'en 2025.

Annexes

- Annexe 1 : dispositif de mesure par site
- Annexe 2 : techniques d'évaluation
- Annexe 3 : roses de vent hebdomadaires
- Annexe 4 : Air Pays de la Loire
- Annexe 5 : types des sites de mesure
- Annexe 6 : polluants
- Annexe 7 : effets des polluants atmosphériques sur la santé
- Annexe 8 : laboratoires d'analyse
- Annexe 9 : tests statistiques (ANOVA)
- Annexe 10 : seuils de la qualité de l'air en 2025

Annexe 1 : dispositif de mesure par site

Matériel	Sites de mesure	Polluants mesurés
	Gendarmerie de Couëron	Remorque laboratoire : mesures en hiver 2025 • PM10 • PM2.5 • SO₂ • NO₂ • CO • Hg gazeux
	Gendarmerie de Couëron	• Retombées de dioxines et furanes • Retombées de métaux
	Hauray	• Retombées de dioxines et furanes • Retombées de métaux
	Saint-Jean-de-Boiseau	• Retombées de dioxines et furanes • Retombées de métaux
	Basse-Indre	• Retombées de dioxines et furanes
	Gendarmerie de Couëron	Collecteur atmosphérique : • Concentrations atmosphériques de métaux lourds • Concentrations atmosphériques d'acide chlorhydrique
	Hauray	
	Saint-Jean-de-Boiseau	

Annexe 2 : techniques d'évaluation

Mesures des dépôts de dioxines et furanes

Méthode

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



Collecteur installé sur site

Mise en œuvre

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

Analyses et normes d'analyse

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

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

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

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

Prise en compte d'éventuelles contaminations

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

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

Mesures de dépôts de métaux lourds

Méthode

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



Vue d'une jauge Owen

Mise en œuvre

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

Analyse des eaux de pluie par le laboratoire IANESCO

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

Limites de quantification :

Mercure (Hg) : 0,015 µg/L
Arsenic (As) : 0,1 µg/L
Cadmium (Cd) : 0,1 µg/L
Plomb (Pb) : 0,1 µg/L
Nickel (Ni) : 0,1 µg/L
Manganèse (Mn) : 0,1 µg/L
Cobalt (Co) : 0,1 µg/L
Antimoine (Sb) : 0,1 µg/L
Vanadium(V) : 0,1 µg/L

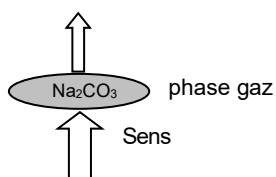
Mesures des concentrations atmosphériques en acide chlorhydrique gazeux



Vue du préleveur d'acide chlorhydrique gazeux

Principe de collecte

Collecte de la phase aérosol sur filtre en fibre de quartz issue du prélèvement de la phase gazeuse (HCl) sur filtre en fibre de quartz imprégné de NO_2CO_3 (5 %).



Pas de temps

Prélèvement hebdomadaire.

Analyse des filtres

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

Analyse des filtres

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

Les concentrations en acide chlorhydrique des filtres témoins sont déduites des concentrations calculées pour les échantillons réels.

Mesures des concentrations atmosphériques de métaux



Vue d'un système de prélèvement par filtre

Méthode

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

Pas de temps

Prélèvement hebdomadaire.

Mise en œuvre

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

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

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

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

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

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

Limites de quantification

Prise en compte des éventuelles contaminations

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

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

Mesures des concentrations atmosphériques en dioxyde d'azote

Méthode - normes

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

Pas de temps

Tous les quarts d'heure.

Étalonnage

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

Mesures des concentrations atmosphériques en dioxyde de soufre

Méthode - normes

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

Pas de temps

Tous les quarts d'heure.

Étalonnage

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

Mesures des concentrations atmosphériques en monoxyde de carbone

Méthode - normes

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

Pas de temps

Tous les quarts d'heure.

Étalonnage

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

Mesures des concentrations atmosphériques en particules PM10

Méthode – normes

Les particules ont été mesurées en continu au pas de temps horaire par granulomètre optique FIDAS. Cet analyseur est basé sur la détection de la lumière diffusée par les aérosols pour déterminer leur taille et leur nombre par classe de taille, suivie d'une conversion en masse selon un algorithme spécifique. La mesure répond à la norme NF EN 16450 et est reconnu par le LCSQA pour la surveillance réglementaire des PM10 et PM2.5 depuis 2016.

Pas de temps

Tous les quarts d'heure.

Mesures des concentrations atmosphériques en mercure gazeux Hg

Méthode – normes

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

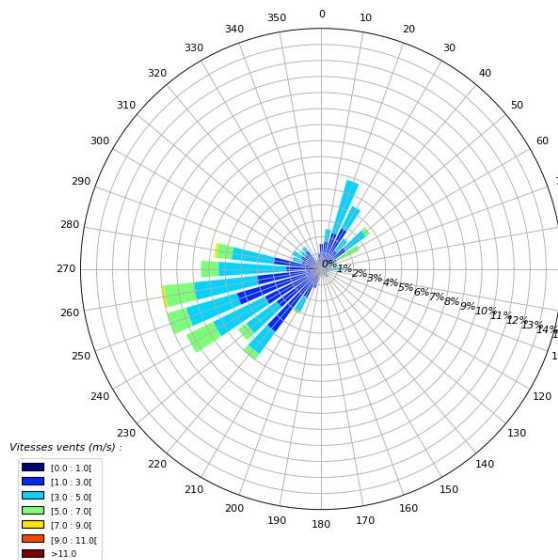
Pas de temps

Tous les quarts d'heure.

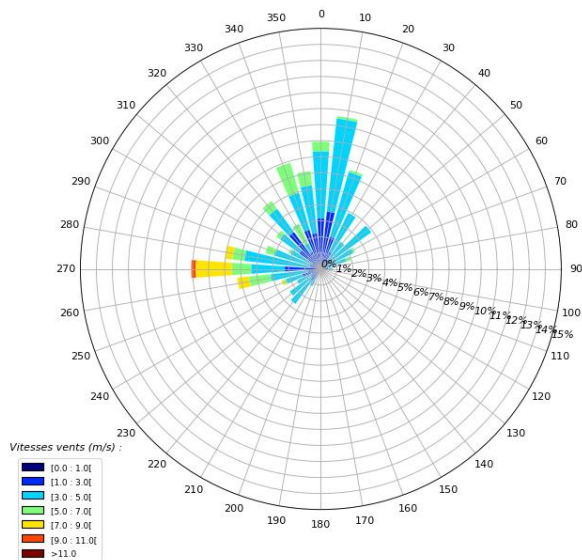
Annexe 3 : roses des vents hebdomadaires

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

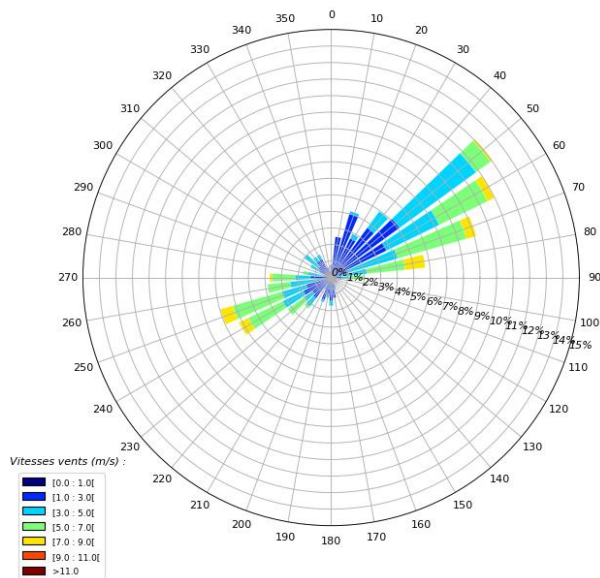
Rose des vents du 24/06/2025 au 01/07/2025



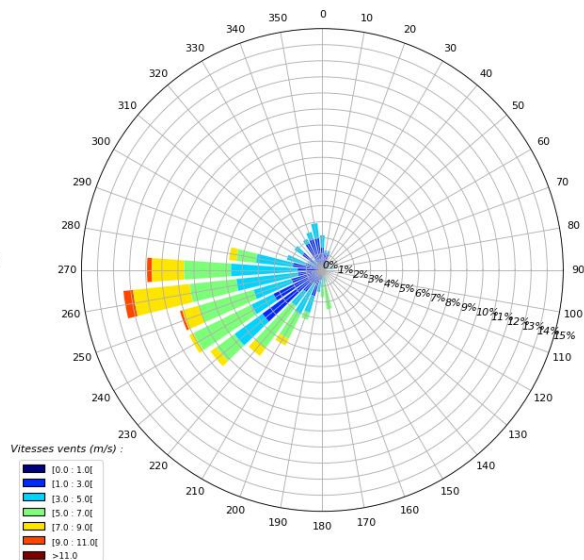
Rose des vents du 01/07/2025 au 08/07/2025



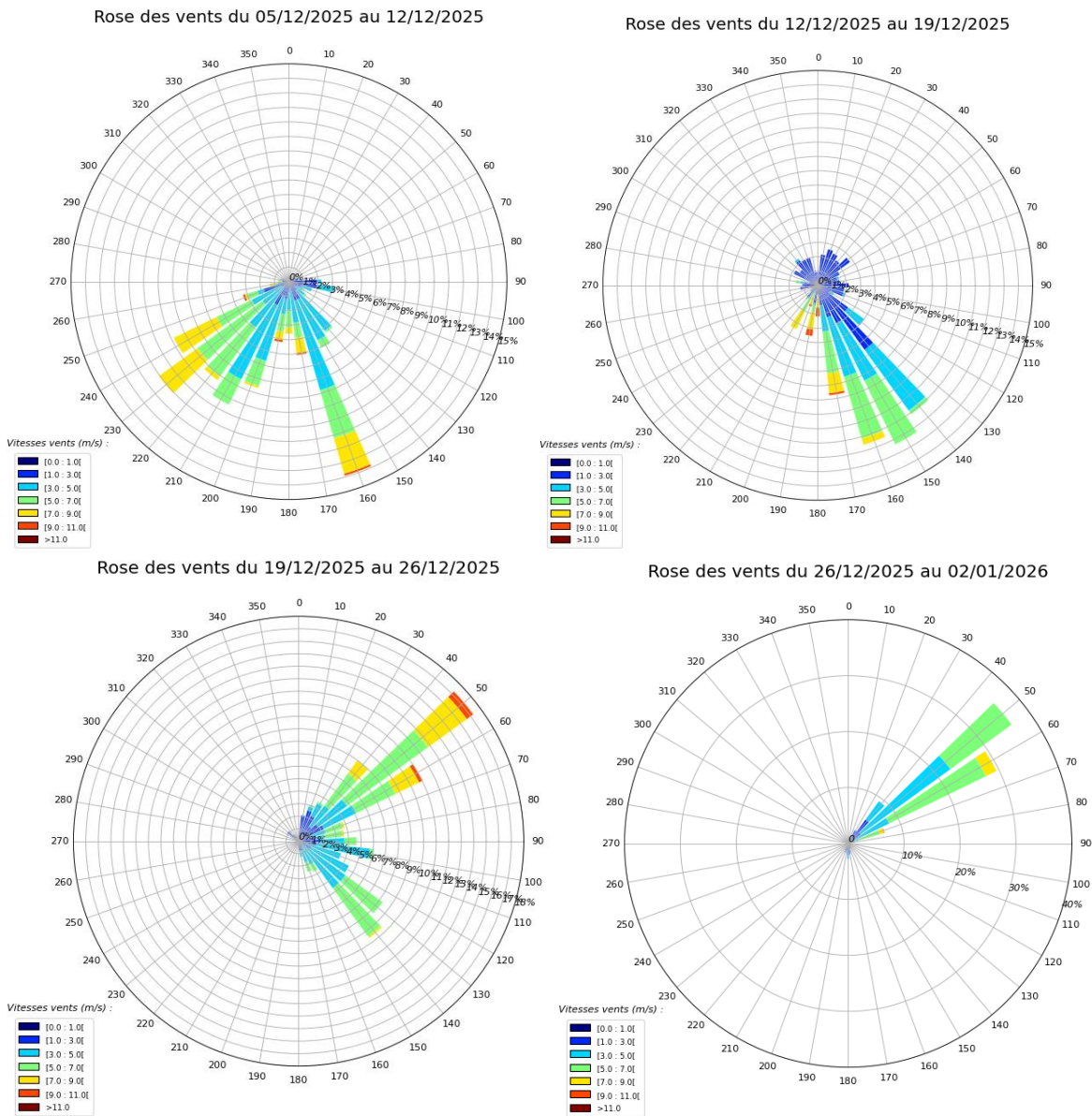
Rose des vents du 08/07/2025 au 15/07/2025



Rose des vents du 15/07/2025 au 22/07/2025



Ci-dessous sont représentées les roses des vents hebdomadaires pour la campagne hivernale.



Annexe 4 : Air Pays de la Loire

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

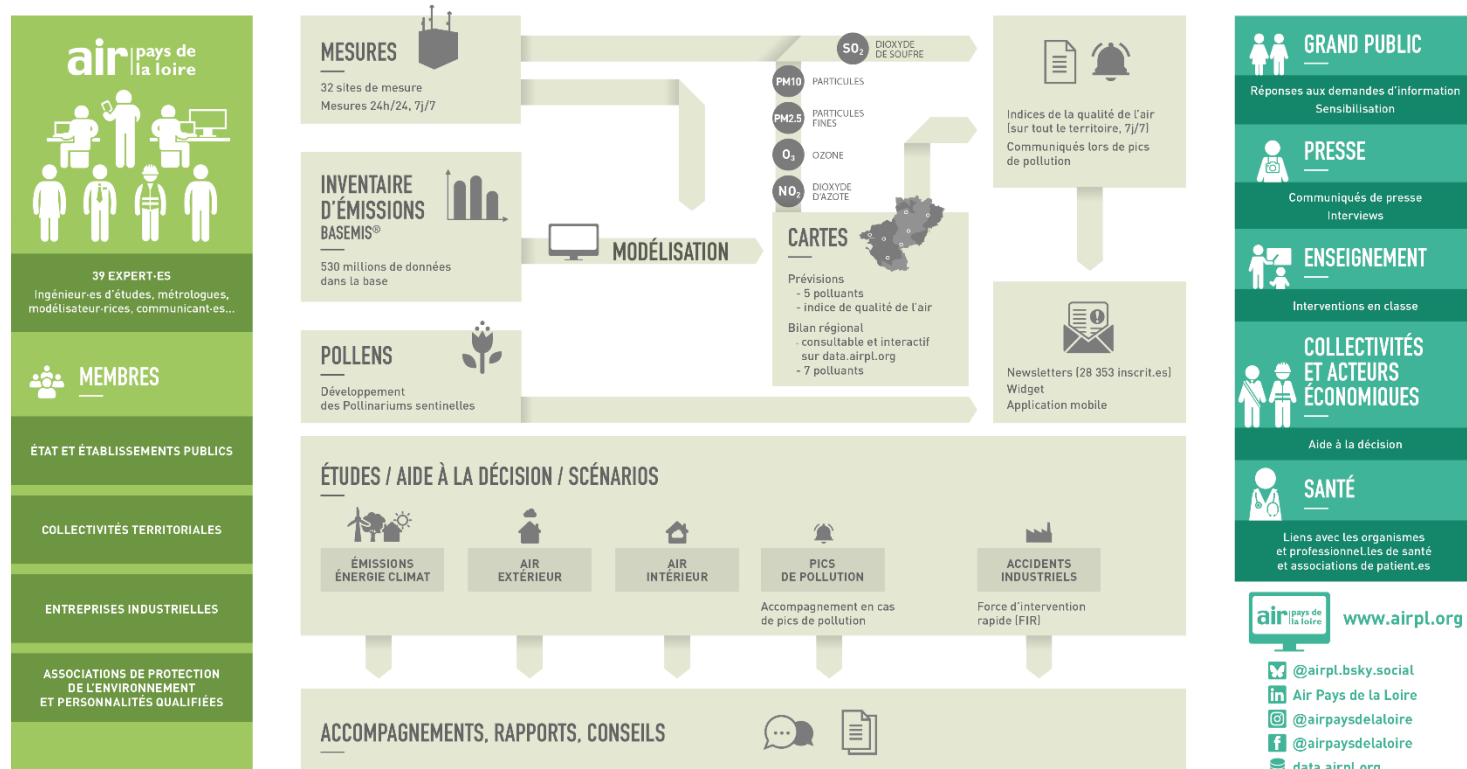
Air Pays de la Loire met quotidiennement à disposition de tous des informations sur la qualité de l'air :

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

Ses domaines d'expertise portent sur :

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

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



Annexe 5 : types des sites de mesure

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



sites urbains

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



sites périurbains

Les sites périurbains sont localisés dans une zone peuplée en milieu périurbain, de façon à ne pas être soumis à une source déterminée de pollution et à caractériser la pollution moyenne de cette zone.



sites de trafic

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



sites industriels

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



sites ruraux

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

Annexe 6 : 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 (53 %) en est la source principale. Ils participent à la formation des retombées acides. Sous l'action de la lumière, ils contribuent à la formation d'ozone au niveau du sol (ozone troposphérique).

Le monoxyde d'azote présent dans l'air inspiré passe à travers les alvéoles pulmonaires, se dissout dans le sang où il limite la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine. Les organes sont alors moins bien oxygénés.

Le dioxyde d'azote pénètre dans les voies respiratoires profondes. Il fragilise la muqueuse pulmonaire face aux agressions infectieuses, notamment chez les enfants. Aux concentrations rencontrées habituellement, le dioxyde d'azote provoque une hyperréactivité bronchique chez les asthmatiques.

Les particules

Les particules 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 diverse 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 fines, appelées PM2.5 (diamètre inférieur à 2.5 µm) pénètrent plus profondément dans les poumons. Celles-ci peuvent rester en suspension pendant des jours, voire pendant plusieurs semaines et parcourir de longues distances.

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

Le monoxyde de carbone (CO)

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

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

Le dioxyde de soufre (SO₂)

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

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

Les métaux lourds

Ils englobent l'ensemble des métaux présentant des caractères toxiques pour la santé et l'environnement. Ils proviennent essentiellement de la combustion du charbon, du pétrole ou des ordures ménagères ainsi que de procédés industriels (fonderies, usinage, ...). Parmi ces métaux, on peut citer, le plomb, l'arsenic, le cadmium, le nickel. Dans l'air, ils se retrouvent le plus souvent au niveau des particules. Le mercure est présent plutôt à l'état gazeux.

L'acide chlorhydrique (HCl)

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

Le mercure gazeux (Hg)

Le mercure gazeux est principalement émis par les activités humaines, notamment par le secteur industriel et la production d'énergie. Le mercure représente un risque sur la santé humaine en étant absorbé par voie pulmonaire, puis accumulé au niveau des reins, du foie et du cerveau, pouvant engendrer des irritations respiratoires et des troubles neurologiques graves.

Les dioxines et furanes

Les sources principales en sont la combustion (incinération des ordures ménagères en particulier) et la sidérurgie. Contrairement aux autres polluants, l'exposition de l'homme passe très peu par l'air : les dioxines et les furanes s'accumulent le long des chaînes alimentaires (poisson, viande, lait, ...) et l'ingestion d'aliments est responsable à 90 % de la contamination humaine.

Annexe 7 : effets des polluants atmosphériques sur la santé

La qualité de l'air représente un enjeu sanitaire majeur. En effet, il s'agit du deuxième facteur de risque de maladies non transmissibles dans le monde selon l'OMS [1]. Selon **Santé publique France**, environ **40 000 décès sont attribuables** chaque année à une exposition chronique aux particules fines (PM_{2,5}), et 7 000 décès sont liés à une exposition au dioxyde d'azote ; ce qui représente respectivement 7 % et 1 % de la mortalité totale annuelle française [2]. Une autre étude de **Santé publique France**, parue en janvier 2025, a montré qu'en Pays de la Loire, chaque année, il serait possible d'éviter jusqu'à 1 400 nouveaux cas de maladies respiratoires chez l'enfant et jusqu'à 2 600 nouveaux cas de maladies cardiovasculaires, métaboliques et respiratoires chez l'adulte si les niveaux de pollution de l'air respectaient les valeurs guides de l'OMS [3].

Qu'est-ce qu'un polluant ?

Les polluants sont des molécules présentes dans l'air qui peuvent représenter un danger pour la santé humaine et l'environnement. Ce « danger », c'est-à-dire la capacité qu'à la molécule à provoquer un dommage, dépend de ses propriétés physico-chimiques (charge, solubilité, taille...).

Parmi les polluants surveillés dans l'air, on retrouve :

- **Les particules fines (PM_{2.5} et PM₁₀)** : elles sont capables de pénétrer profondément dans les poumons, voire d'atteindre la circulation sanguine (pour les particules ultrafines). Elles peuvent entraîner des inflammations chroniques, provoquant des maladies cardiovasculaires, des cancers et des troubles respiratoires.
- **Le dioxyde d'azote (NO₂)** : l'inhalation régulière de NO₂ peut aggraver les maladies respiratoires, telles que l'asthme, et rendre les individus plus vulnérables aux infections respiratoires.
- **L'ozone troposphérique (O₃)** : c'est un oxydant puissant qui irrite les voies respiratoires et réduit la capacité pulmonaire, présent surtout en période estivale.
- **Le monoxyde de carbone (CO)** : il réduit la capacité du sang à transporter l'oxygène. Une exposition aiguë peut entraîner des symptômes graves, allant de maux de tête à la perte de conscience, voire la mort.
- **Le dioxyde de soufre (SO₂)** : il irrite les muqueuses respiratoires.
- **Les Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)** : famille de plusieurs centaines de composés, certains sont reconnus comme cancérogènes, d'autres sont suspectés d'avoir des effets toxiques variés, notamment comme perturbateurs endocriniens.
- **Les Composés organiques volatils (COV)** : large famille de substances (formaldéhyde, toluène...), certains ont des effets irritants ou neurotoxiques, et plusieurs sont suspectés ou reconnus comme cancérogènes.
- **Le benzène** : de la famille des COV, c'est un cancérogène avéré pour l'homme lors d'une exposition prolongée, il affecte la moelle osseuse et peut entraîner des leucémies.

D'autres polluants, dont certains ne sont pas réglementés dans l'air (pesticides...), ont des effets sur la santé. Les polluants atmosphériques sont susceptibles d'interagir entre eux, augmentant potentiellement leur toxicité. Par exemple, les particules fines peuvent transporter des métaux lourds ou des hydrocarbures.

Exposition aux polluants atmosphériques

Les polluants, bien que présentant une propriété intrinsèque de toxicité spécifique à la molécule considérée, doivent entrer en contact avec un organisme pour provoquer des dommages. Cette notion d'**exposition** est essentielle, elle désigne le contact direct ou indirect entre un individu et un polluant. L'exposition à la pollution peut être aiguë ou chronique :

1. **Exposition aiguë** : une exposition brève à des concentrations élevées de polluants peut entraîner des effets immédiats, tels que des irritations des voies respiratoires, des crises d'asthme ou des maux de tête.
2. **Exposition chronique** : une exposition prolongée à de faibles niveaux de pollution, cumulée sur plusieurs années, peut entraîner des maladies cardiovasculaires, des cancers, des troubles respiratoires chroniques (BPCO...) et d'autres pathologies graves.

Pourquoi certaines populations sont-elles plus vulnérables ?

Certaines personnes présentent une plus grande susceptibilité aux effets délétères de la pollution atmosphérique. Ces individus font partie des **populations vulnérables**, ce sont notamment les **enfants**, les **personnes âgées** et celles souffrant de **maladies chroniques**.

- **Les enfants** sont particulièrement sensibles en raison de systèmes de défense et de détoxification encore en développement. Leur respiration plus rapide les expose davantage aux polluants présents dans l'air. Selon l'Organisation mondiale de la santé, l'exposition à long terme aux polluants peut entraîner des retards dans le développement pulmonaire, un risque accru d'asthme et d'infections pulmonaires [4].
- **Les personnes âgées** ont des systèmes immunitaires affaiblis, et leurs organes respiratoires sont souvent déjà fragilisés par des pathologies chroniques (BPCO, insuffisance cardiaque, diabète). Cela les rend plus vulnérables aux effets de la pollution, qui peut aggraver leur condition et mener à des complications graves comme des infarctus ou des accidents vasculaires cérébraux.
- **Les individus atteints de maladies chroniques**, telles que l'asthme ou les maladies cardiovasculaires, sont également plus exposés. Les polluants exacerbent leurs symptômes, et l'inflammation systémique déjà présente dans leur organisme est amplifiée, augmentant les risques d'hospitalisation et de complications.

Des améliorations, mais des efforts à poursuivre

La qualité de l'air est réglementée en Europe, des seuils de concentrations atmosphériques pour certains polluants existent depuis plus de 20 ans. De nombreuses politiques publiques de réduction des émissions et des évolutions technologiques ont été mises en place depuis lors. Ces efforts ont porté leur fruit car l'**Agence européenne pour l'environnement** estime qu'entre 2005 et 2022, l'amélioration de la qualité de l'air en France a permis d'éviter **53 % des décès** liés à cette pollution [5].

Cependant, malgré ces progrès, des efforts supplémentaires sont nécessaires. En effet, les seuils réglementaires européens restent supérieurs aux recommandations de l'Organisation mondiale de la santé. Ces dernières, révisées en 2021, fixent des objectifs plus stricts, alignés sur les dernières connaissances scientifiques concernant l'impact de certains polluants sur la santé humaine. On considère aujourd'hui que plus de 95 % de la population des agglomérations françaises est exposée à des seuils de particules fines et d'ozone dépassant les nouvelles valeurs guides de l'OMS [6].

Références

- [1] [Organisation Mondiale de la Santé, «Qualité de l'air ambiant et santé.» \[En ligne\]](#)
- [2] [Santé Publique France, «Impact de pollution de l'air ambiant sur la mortalité en France métropolitaine. Réduction en lien avec le confinement du printemps 2020 et nouvelles données sur le poids total pour la période 2016-2019.» \[En ligne\]](#)
- [3] [Santé Publique France, «Estimation des bénéfices potentiels pour la santé d'une amélioration de la qualité de l'air ambiant en Pays de la Loire.» 2025. \[En ligne\]](#)
- [4] [Organisation Mondiale de la Santé, «Les nouvelles lignes directrices mondiales de l'OMS sur la qualité de l'air visent à éviter des millions de décès dus à la pollution atmosphérique.» WHO, \[En ligne\]](#)
- [5] [European Environment Agency, «Faits saillants sur la pollution de l'air par pays.» \[En ligne\]](#)
- [6] [Commissariat général au développement durable \(CGDD\), «Qualité de l'air : combien d'agglomérations ont dépassé les seuils en 2022 ?..» \[En ligne\]](#)
- [7] [Santé Publique France, «Pollution atmosphérique : quels sont les risques ?..» Santé Publique France, \[En ligne\]](#)

Annexe 8 : laboratoires d'analyse

analyse des concentrations atmosphériques en métaux et HCl
et analyse des métaux dans les retombées totales

IANESCO

6, rue Carol Heitz

BP 90974

86038 POITIERS CEDEX

Accrédité par le COFRAC au titre de la norme NF EN ISO/CEI 17025 : 2005.

analyse des dioxines et furanes dans les retombées totales

Micropolluants Technologies SA

4, rue de Bort-les-Orgues

ZAC de Grimont

BP 40010

57070 SAINT-JULIEN-LES-METZ

Accrédité par le COFRAC au titre de la norme NF EN ISO/CEI 17025 : 2005 et par le ministère du développement durable pour la mesure des concentrations en dioxines et furanes.

Annexe 9 : tests statistiques (ANOVA)

Concentrations atmosphériques en métaux ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Phase estivale

Arsenic	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	0,138	0,134	0,104	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,151	0,191	0,114	
S3	0,209	0,161	0,190	
S4	0,136	0,647	0,113	
Moyenne	0,16	0,28	0,13	
Ecart-type	0,03	0,24	0,04	
Etendue	0,07	0,51	0,09	
ICinf	0,11	0,08	0,07	
ICsup	0,21	0,65	0,19	

Cadmium	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	0,016	< LQ	< LQ	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,015	0,015	< LQ	
S3	0,024	0,024	0,024	
S4	< LQ	0,070	< LQ	
Moyenne	0,02	0,04	0,02	
Ecart-type	0,00	0,03	#DIV/0!	
Etendue	0,01	0,06	-	
ICinf	0,01	0,00	0,02	
ICsup	0,02	0,08	0,02	

Plomb	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	0,504	0,650	0,352	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,750	0,826	0,610	
S3	1,243	1,363	1,126	
S4	0,300	12,006	0,346	
Moyenne	0,70	3,71	0,61	
Ecart-type	0,41	5,54	0,37	
Etendue	0,94	11,36	0,78	
ICinf	0,03	4,35	0,05	
ICsup	1,37	11,77	1,16	

Chrome	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	0,780	0,550	0,402	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,683	0,634	0,688	
S3	1,023	0,851	1,014	
S4	0,584	0,805	0,376	
Moyenne	0,77	0,71	0,62	
Ecart-type	0,19	0,14	0,30	
Etendue	0,44	0,30	0,64	
ICinf	0,46	0,50	0,17	
ICsup	1,08	0,92	1,07	

Nickel	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	0,413	0,234	0,163	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,383	0,269	0,897	
S3	0,502	0,347	0,329	
S4	0,328	0,436	0,500	
Moyenne	0,41	0,32	0,47	
Ecart-type	0,07	0,09	0,31	
Etendue	0,17	0,20	0,73	
ICinf	0,28	0,18	0,05	
ICsup	0,53	0,47	0,99	

Cuivre	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	2,110	1,219	0,923	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	1,894	1,281	0,824	
S3	2,948	3,002	2,172	
S4	1,590	2,571	1,130	
Moyenne	2,14	2,02	1,26	
Ecart-type	0,58	0,90	0,62	
Etendue	1,36	1,78	1,35	
ICinf	1,17	0,75	0,30	
ICsup	3,10	3,28	2,22	

Manganèse	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	3,026	2,400	1,643	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	3,482	3,380	2,047	
S3	6,015	3,933	4,201	
S4	2,347	7,830	1,575	
Moyenne	3,72	4,39	2,37	
Ecart-type	1,60	2,38	1,24	
Etendue	3,67	5,43	2,63	
ICinf	1,11	0,53	0,50	
ICsup	6,32	8,24	4,23	

Cobalt	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	< LQ	< LQ	< LQ	Pas de données
S2	< LQ	< LQ	< LQ	
S3	< LQ	< LQ	< LQ	
S4	< LQ	< LQ	< LQ	
Moyenne	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
Ecart-type	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
Etendue	-	-	-	
ICinf	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
ICsup	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	

Vanadium	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	0,451	0,411	0,300	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,572	0,610	0,445	
S3	0,767	0,642	0,694	
S4	0,456	0,953	0,410	
Moyenne	0,56	0,65	0,46	
Ecart-type	0,15	0,22	0,17	
Etendue	0,32	0,54	0,39	
ICinf	0,34	0,27	0,18	
ICsup	0,79	1,04	0,74	

Antimoine	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	0,199	< LQ	< LQ	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,254	0,140	0,140	
S3	0,291	0,262	0,249	
S4	0,130	0,209	< LQ	
Moyenne	0,22	0,20	0,19	
Ecart-type	0,07	0,06	0,08	
Etendue	0,16	0,12	0,11	
ICinf	0,10	0,12	0,12	
ICsup	0,33	0,29	0,27	

Phase hivernale

Arsenic	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	0,265	0,134	0,104	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,151	0,191	0,114	
S3	0,209	0,161	0,190	
S4	0,136	0,647	0,113	
Moyenne	0,19	0,28	0,13	
Ecart-type	0,06	0,24	0,04	
Etendue	0,13	0,51	0,09	
ICinf	0,10	0,08	0,07	
ICsup	0,28	0,65	0,19	

Cadmium	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	0,065	0,055	0,054	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,096	0,091	0,083	
S3	0,122	0,101	0,101	
S4	0,186	0,191	< LQ	
Moyenne	0,12	0,11	0,08	
Ecart-type	0,05	0,06	0,02	
Etendue	0,12	0,14	0,05	
ICinf	0,03	0,01	0,05	
ICsup	0,20	0,21	0,11	

Plomb	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	1,110	1,094	1,051	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	2,123	2,057	2,106	
S3	2,011	1,934	1,897	
S4	3,311	3,743	< LQ	
Moyenne	2,14	2,21	1,68	
Ecart-type	0,90	1,11	0,56	
Etendue	2,20	2,65	1,05	
ICinf	0,58	0,33	0,94	
ICsup	3,70	4,09	2,43	

Nickel	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	0,343	0,706	0,444	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,602	0,620	1,344	
S3	0,207	0,223	0,192	
S4	0,174	0,501	< LQ	
Moyenne	0,33	0,51	0,66	
Ecart-type	0,19	0,21	0,61	
Etendue	0,43	0,48	1,15	
ICinf	0,03	0,17	0,16	
ICsup	0,64	0,86	1,48	

Chrome	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	1,097	2,007	1,310	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	1,654	1,836	1,703	
S3	1,336	1,245	1,074	
S4	1,009	1,381	< LQ	
Moyenne	1,27	1,62	1,36	
Ecart-type	0,29	0,36	0,32	
Etendue	0,65	0,76	0,63	
ICinf	0,82	1,08	0,92	
ICsup	1,73	2,16	1,81	

Cuivre	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	3,443	2,079	1,793	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	5,543	3,606	3,132	
S3	5,634	4,671	3,852	
S4	4,069	3,552	< LQ	
Moyenne	4,67	3,48	2,93	
Ecart-type	1,09	1,06	1,05	
Etendue	2,19	2,59	2,06	
ICinf	3,12	1,64	1,46	
ICsup	6,23	5,32	4,39	

Manganèse	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	1,978	2,007	1,790	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	3,998	3,489	3,275	
S3	2,964	2,411	2,175	
S4	2,548	2,414	< LQ	
Moyenne	2,87	2,58	2,41	
Ecart-type	0,85	0,64	0,77	
Etendue	2,02	1,48	1,49	
ICinf	1,44	1,53	1,36	
ICsup	4,31	3,63	3,47	

Cobalt	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	< LQ	< LQ	< LQ	Pas de données
S2	< LQ	< LQ	< LQ	
S3	< LQ	< LQ	< LQ	
S4	< LQ	< LQ	< LQ	
Moyenne	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
Ecart-type	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
Etendue	-	-	-	
ICinf	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
ICsup	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	

Vanadium	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	0,281	0,283	0,311	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,612	0,573	0,585	
S3	< LQ	0,066	< LQ	
S4	0,129	0,129	< LQ	
Moyenne	0,34	0,26	0,45	
Ecart-type	0,25	0,23	0,19	
Etendue	0,48	0,51	0,27	
ICinf	-	0,00	0,10	
ICsup	0,68	0,62	0,64	

Antimoine	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	0,345	0,296	0,246	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,612	0,391	0,455	
S3	0,609	0,782	0,438	
S4	0,517	0,426	< LQ	
Moyenne	0,52	0,47	0,38	
Ecart-type	0,13	0,21	0,12	
Etendue	0,27	0,49	0,21	
ICinf	0,33	0,13	0,23	
ICsup	0,71	0,82	0,53	

Concentrations atmosphériques en HCl ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Phase estivale

HCL	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	0,289	0,393	0,375	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,235	0,277	0,377	
S3	0,234	0,367	0,393	
S4	0,236	0,590	0,632	
Moyenne	0,25	0,41	0,44	
Ecart-type	0,03	0,13	0,13	
Etendue	0,06	0,31	0,26	
ICinf	0,21	0,18	0,26	
ICsup	0,29	0,63	0,63	

Phase hivernale

HCL	Gendarmerie	Stade Hauray	Saint Jean de Boiseau	Conclusion
S1	0,105	0,095	0,107	L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les sites
S2	0,016	0,509	0,299	
S3	0,103	0,191	0,082	
S4	0,080	0,090	1,007	
Moyenne	0,08	0,22	0,37	
Ecart-type	0,04	0,20	0,43	
Etendue	0,09	0,42	0,93	
ICinf	0,01	-	0,08	
ICsup	0,14	0,52	1,03	

Annexe 10 : seuils de qualité de l'air 2025

SEUILS DE DÉCLENCHEMENT DES ÉPISODES DE POLLUTION

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

TYPE DE SEUIL (µg/m³)	DURÉE CONSIDÉRÉE	POLLUANTS			
		OZONE (O ₃)	DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂)	PARTICULES FINES (PM10)	DIOXYDE DE SOUFRE (SO ₂)
Seuil de recommandation et d'information	Moyenne horaire	180	200	-	300
	Moyenne 24-horaire	-	-	50	-
Seuil d'alerte	Moyenne horaire	240 ⁽¹⁾ 1 ^{er} seuil : 240 ⁽²⁾ 2 ^{ème} seuil : 300 ⁽³⁾ 3 ^{ème} seuil : 360 ou à partir du 2 ^e jour de prévision de dépassement du seuil de recommandation et d'information (persistance)	400 ⁽²⁾ 200 ⁽³⁾	-	500 ⁽²⁾
	Moyenne 24-horaire	-	-	80 ou à partir du 2 ^e jour de dépassement du seuil de recommandation et d'information (persistance)	-

(1) pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire.
(2) dépassé pendant 3h consécutives.

(3) si la procédure de recommandation et d'information a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain.

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

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

AUTRES SEUILS RÉGLEMENTAIRES

Décret 2010-1250 du 21/10/2010

TYPE DE SEUIL (µg/m³)	DURÉE CONSIDÉRÉE	POLLUANTS												
		OZONE (O ₃)	DIOXYDE D'AZOTE (NO ₂)	OXYDES D'AZOTE (NO _x)	PARTICULES FINES (PM10)	PARTICULES FINES (PM2.5)	BENZÈNE	MONOXYDE DE CARBONE (CO)	DIOXYDE DE SOUFRE (SO ₂)	PLOMB	ARSENIC	CADMIUM	NICKEL	BENZO(a) PYRÈNE
Valeur limite	Moyenne annuelle	-	40	30 ⁽¹⁾	40	25	5	-	20 ⁽¹⁾	0,5	-	-	-	-
	Moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	20 ⁽¹⁾	-	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	50 ⁽²⁾	-	-	-	125 ⁽³⁾	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	200 ⁽⁴⁾	-	-	-	-	-	350 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	-
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	-	40	-	30	10	2	-	50	0,25	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽⁶⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	6 000 ⁽⁷⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valeur cible	AOT 40	18 000 ⁽⁸⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne annuelle	-	-	-	-	20	-	-	-	-	0,006	0,005	0,02	0,001
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽⁹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) pour la protection de la végétation

(2) à ne pas dépasser plus de 35 par an (percentile 90 A annuel)

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

(4) à ne pas dépasser plus de 18 h par an (percentile 99,79 annuel)

(5) à ne pas dépasser plus de 24 h par an (percentile 99,73 annuel)

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

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

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

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

Valeur limite : niveau maximal de pollution atmosphérique, fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement.

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

Valeur cible : niveau de pollution fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

VALEURS GUIDES DE L'OMS

Septembre 2021

	PARTICULES FINES PM _{2,5}		PARTICULES FINES PM ₁₀		OZONE O ₃		DIOXYDE D'AZOTE NO ₂		DIOXYDE DE SOUFRE SO ₂		MONOXYDE DE CARBONE CO
	Court terme (moy. sur 24h)	Long terme (moy. annuelle)	Court terme (moy. sur 24h)	Long terme (moy. annuelle)	Court terme	Long terme	Court terme	Long terme (moy. annuelle)	Court terme	Long terme (moy. annuelle)	Court terme
Valeurs OMS	15 µg/m ^{3a}	5 µg/m ³	45 µg/m ^{3a}	15 µg/m ³	100 µg/m ^{3a} (moy. sur 8h) 60 µg/m ^{3b} (saison de pointe)	-	200 µg/m ³ (moy. horaire) 25 µg/m ^{3a} (moy. sur 24h)	10 µg/m ³	500 µg/m ³ (moy. sur 10 min) 40 µg/m ^{3a} (moy. sur 24h)	-	100 mg/m ³ (moy. sur 15 min) 35 mg/m ³ (moy. horaire) 10 mg/m ³ (moy. sur 8h) 4 mg/m ^{3a} (moy. sur 24h)

^a: 99^e percentile (c'est à dire 3-4 jours de dépassement par an)

^b: Moyenne de la concentration maximale journalière d'ozone en moyenne sur 8 heures pendant les six mois consécutifs où la concentration d'ozone en moyenne glissante sur six mois est la plus élevée.



AIR PAYS DE LA LOIRE

5 rue Édouard-Nignon
CS 70709 – 44307 Nantes cedex 3
Tél + 33 (0)2 28 22 02 02
contact@airpl.org

air | pays de
la loire
www.airpl.org