



# ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Dans l'environnement du CTVD Valo'Loire

Campagne 2025



# Sommaire

<b>Synthèse .....</b>	<b>3</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>5</b>
<b>Modélisation des zones de retombées maximales .</b>	<b>6</b>
<b>Dispositif.....</b>	<b>13</b>
<b>Mesures de retombées atmosphériques .....</b>	<b>18</b>
Dépôts de dioxines et furanes .....	18
Dépôts de métaux.....	19
<b>Mesures de concentrations atmosphériques.....</b>	<b>21</b>
Acide chlorhydrique en phase gazeuse .....	21
Acide fluorhydrique HF .....	21
Métaux dans l'air ambiant .....	22
<b>Mesures automatiques.....</b>	<b>25</b>
Particules PM10.....	25
Particules PM2.5.....	27
Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub> .....	29
Dioxyde de soufre SO <sub>2</sub> .....	31
Monoxyde de carbone CO.....	32
Mercure gazeux Hg.....	33
<b>Évaluation de l'influence de Valo'loire .....</b>	<b>34</b>
<b>Conclusions et perspectives .....</b>	<b>37</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>38</b>

## Contributions

Coordination de l'étude - Rédaction : Kristan Cuny-Guiriec

Exploitation du matériel de mesure : Sonia Cécile, François Fauchoux

Validation : François Ducroz

Mise en page : Bérangère Poussin

## Conditions de diffusion

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé pour assurer la surveillance de la qualité de l'air dans la région des pays de la Loire, au titre de l'article L. 221-3 du code l'environnement, précisé par l'arrêté du 2 août 2025 pris par le Ministère chargé de l'Environnement.

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

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

Air Pays de la Loire a la faculté de les diffuser selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site Internet [www.airpl.org](http://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 Pépinière du Parc du Grand Blotterau, le Skatepark-Hangar de Nantes, et la SNCF pour avoir aimablement accepté l'installation du matériel de mesure sur leurs sites.

# Synthèse

## Contexte

Dans le cadre du projet de modernisation et d'extension du Centre de traitement et de valorisation des déchets (CTVD) Valo'Loire, l'exploitant souhaite compléter les mesures environnementales actuellement effectuées sur des prélèvements de lichens, par des mesures de polluants atmosphériques. Cette surveillance de la qualité de l'air s'appuie sur le guide de l'INERIS et répond aux objectifs suivants :

- Évaluer l'exposition de la population riveraine à la pollution atmosphérique, en comparant les concentrations mesurées aux valeurs réglementaires et de référence.
- Étudier l'influence des émissions de Valo'loire sur les concentrations atmosphériques enregistrées à proximité, en comparant les mesures sur sites exposés aux mesures sur des sites non influencés par l'établissement.

## Moyens

Une modélisation des zones de retombées maximales à partir des émissions du CTVD actuel a permis de localiser 4 sites de mesure pertinents : 3 sites exposés aux émissions du CTVD, et 1 site témoin.

La campagne de mesure se découpe en 2 phases :

- La phase 1 : du 26 août au 24 septembre 2025, en condition estivale.
- La phase 2 : du 28 octobre au 25 novembre 2025, en condition hivernale.

Sur ces deux phases, l'exploitant indique un fonctionnement nominal des lignes d'incinération, excepté sur la période du 29 août au 16 septembre et du 29-30 octobre, où au moins l'une des deux lignes d'incinération était à l'arrêt.

Deux types d'indicateurs sont recherchés :

- Les dépôts atmosphériques, par collecte et analyse des eaux de pluie, permettent de quantifier :
  - 11 métaux (As, Cd, Pb, Ni, Cr, Cu, Mn, Co, V, Sb, Hg).
  - Les dioxines et furanes, regroupés en 17 congénères.
- Les concentrations atmosphériques, directement prélevées dans l'air ambiant, permettent de quantifier :
  - L'acide chlorhydrique gazeux (par dépôt sur filtres).
  - L'acide fluorhydrique gazeux (par tubes à diffusion passive).
  - Les métaux lourds en suspension dans l'air (par dépôt sur filtres).
  - Le dioxyde d'azote, monoxyde de carbone, dioxyde de soufre, particules PM10 et PM2.5 ainsi que le mercure gazeux (par analyseurs automatiques).

## Résultats

**Sur l'aspect réglementaire :**

- Les valeurs réglementaires journalières sont respectées pour les particules PM10.
- La valeur limite annuelle, et l'objectif de qualité annuel pour les PM10 et pour les PM2.5 sont vraisemblablement respectés sur l'ensemble de l'année 2025, ces seuils étant respectés sur les autres stations régionales de référence.
- Du point de vue des valeurs guides de l'OMS, les valeurs guides annuelle ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et journalière ( $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à ne pas dépasser plus de 3 ou 4 jours par an) pour les PM10 sont vraisemblablement respectées sur le site de la Pépinière en 2025, ces valeurs n'étant pas atteintes sur les autres stations de mesure de la région.
- En revanche pour les PM2.5, les valeurs guides annuelle ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et journalière ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à ne pas dépasser plus de 3 ou 4 jours par an) de l'OMS sont vraisemblablement dépassées au cours de l'année 2025 sur la Pépinière, ces seuils n'étant pas respectés sur les autres stations de mesure de la région.
- Les autres polluants (dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, monoxyde de carbone) ont une forte probabilité de respecter les valeurs réglementaires françaises horaire et annuelle, et les valeurs guides de l'OMS.

L'analyse des résultats permet par ailleurs **d'évaluer l'influence de Valo'Loire sur les polluants mesurés** :

- Une influence ponctuelle et circonscrite dans le temps n'est pas exclue sur les PM2.5, le matin du 22 novembre. Ce jour-là, aucune anomalie n'a été détectée sur le site de Valo'Loire, qui était en fonctionnement nominal.
- L'influence des activités de Valo'Loire n'est pas établie sur les mesures de concentration des autres polluants (PM10, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, Mercure gazeux, acide fluorhydrique), ni sur les retombées mesurées dans l'environnement (métaux, dioxines et furanes). Air Pays de la Loire ne préconise pas la reconduction des mesures en acide fluorhydrique, l'ensemble des concentrations mesurées étant inférieures aux limites de détection sur tous les sites de prélèvements, ce constat étant partagé avec les mesures autour de l'établissement Arc-en-Ciel 2034, autre Unité de Valorisation Énergétique à Nantes Métropole.

## Conclusions et perspectives

Les concentrations en polluants mesurées dans l'environnement du CTVD Valo'loire sont représentatives d'un niveau de fond urbain, avec des niveaux proches de ceux enregistrés sur le site témoin de la Bouteillerie, à Nantes. L'ensemble des valeurs réglementaires sont respectées, mais un dépassement des valeur guides de l'OMS n'est pas exclue pour les PM2.5 (valeur guide journalière de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à ne pas dépasser plus de 3-4 jours par an, et valeur guide annuelle de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Ce dépassement est aussi constaté sur les autres stations permanentes d'Air Pays de la Loire, témoignant d'un phénomène régional. Si l'influence des émissions de Valo'loire n'est pas détectée sur la plupart des polluants, une influence possible mais ponctuelle n'est pas exclue le matin du 22 novembre. La poursuite des mesures en 2026 permettra de suivre l'évolution des concentrations et retombées de ces polluants, et de commencer à constituer un historique de mesures.

# Introduction

Dans un contexte de projet de modernisation et d'extension du Centre de Traitement et de Valorisation des Déchets (CTVD), Sèché Environnement, actuel exploitant du CTVD, s'est rapproché d'Air Pays de la Loire afin de renforcer son suivi de la qualité de l'air dans l'environnement du site situé à la Prairie-de-Mauves, à Nantes. Ce suivi de la qualité de l'air répond aux préconisations de l'INERIS relatives à la surveillance dans l'environnement d'installation classées<sup>1</sup>, et vient compléter un suivi déjà effectué de bioaccumulation à partir de l'étude des lichens.

Cette surveillance répond aux objectifs suivants :

- Évaluer l'exposition de la population riveraine à la pollution atmosphérique, en comparant les concentrations mesurées aux valeurs réglementaires et aux valeurs guides de l'OMS définies pour l'air ambiant.
- Étudier l'influence des émissions du CTVD sur les concentrations atmosphériques enregistrées à proximité.

Elle repose sur la mesure de deux types d'indicateurs :

- Les **dépôts atmosphériques**, par collecte et analyse des eaux de pluie, permettent de quantifier :
  - 11 métaux (As, Cd, Pb, Ni, Cr, Cu, Mn, Co, V, Sb, Hg).
  - Les dioxines et furanes, regroupés en 17 congénères.
- Les concentrations **atmosphériques**, directement prélevées dans l'air ambiant, permettent de quantifier :
  - L'acide chlorhydrique gazeux (par dépôt sur filtres).
  - Les métaux lourds en suspension dans l'air (par dépôt sur filtres).
  - L'acide fluorhydrique gazeux (par tubes à diffusion passive).
  - Le dioxyde d'azote, monoxyde de carbone, dioxyde de soufre, particules PM10 et PM2.5 ainsi que le mercure gazeux (par analyseurs automatiques).

Afin d'identifier et localiser les sites de mesures les plus pertinents, une modélisation des zones de retombées maximales a été effectuée à partir des données d'émissions et des caractéristiques du CTVD actuel.

---

<sup>1</sup> INERIS, Surveillance dans l'air autour des installations classées – Retombées des émissions atmosphériques, Impact des activités humaines sur les milieux, 2<sup>e</sup> édition, 2021.

# Modélisation des zones de retombées maximales

Le choix du site de mesure est un élément déterminant dans la réalisation d'une campagne de mesure et dans l'analyse de l'influence d'un établissement. Afin d'identifier le site le plus pertinent au regard des conditions météorologiques et des caractéristiques d'émission de la chaufferie (hauteur de cheminée, débit, etc...), Air Pays de la Loire a réalisé une étude de modélisation des zones de retombées maximales. Le but de cette étude de modélisation a donc été d'identifier un site de mesure susceptible d'être le plus impacté par les émissions du CTVD actuel.

L'implantation d'un site de mesure répond à un compromis optimal entre (1) être situé dans les zones de retombées maximales, et (2) être situé dans des zones habitées.

## Méthodologie

Les concentrations des polluants particules PM10, PM2.5, le dioxyde de soufre SO<sub>2</sub>, le dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> et le monoxyde de carbone CO ont été modélisées en moyenne annuelle, au niveau du sol, à proximité du CTVD à l'aide de l'outil AmpliSIM®. Il s'agit d'une plateforme de modélisation de la qualité de l'air mettant à disposition le modèle de dispersion AERMOD développé par US-EPA (*Environmental Protection Agency*). De nombreux paramètres influencent la dispersion des polluants depuis une cheminée. Afin de construire un modèle correspondant le plus possible à l'activité réelle du site, plusieurs caractéristiques de l'installation sont utilisées :

- **Géométrie des sources** : hauteur des rejets par rapport au sol (m), diamètre interne de la cheminée (m), coordonnées géographiques des sources (longitude ; latitude).
- **Paramètres thermodynamiques** : température de rejet (°C), vitesse d'éjection (m/s), débit des fluides (Nm<sup>3</sup>/h).
- **Caractéristiques physico-chimiques** : concentration des polluants à l'émissions (mg/m<sup>3</sup>) et leur variation (régime de marche de l'installation) ; granulométrie des particules.
- **Paramètres météorologiques** : vitesse du vent (m/s), direction du vent (°), température (°C), humidité relative (%), précipitations (mm).

Le domaine d'étude est d'approximativement 3 km x 3 km centré sur la cheminée de Valo'Loire.

# Données d'entrées

## Paramètres des sources prises en compte

La cheminée comporte deux lignes différentes, chacune étant prise en compte comme une source d'émission modélisée sur une année entière. Les paramètres géométriques et thermodynamiques des sources ont été fournis par Séché Environnement, et sont résumés dans le tableau ci-dessous.

À partir des données d'émissions de NO<sub>x</sub> et des particules (TSP – *Total Suspended Particles*), il est possible d'estimer les émissions en NO<sub>2</sub>, PM10 et PM2.5, SO<sub>2</sub> et CO dans l'air. Pour cela, il est nécessaire de connaître les rapports NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, PM10/TSP et PM2.5/TSP en sortie de cheminée.

- Le rapport NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> utilisé dans cette étude est de 5 % et est issu d'une étude commanditée par l'ADEME auprès d'experts.
- Les rapports PM10/TSP et PM2.5/TSP utilisés sont respectivement de 95 % et 93 %. Ces rapports sont issus de la base de données OMINEA du CITEPA relatifs aux facteurs d'émissions de CTVD.
- Les concentrations en SO<sub>2</sub> et en CO ont été estimées à partir du guide OMINEA du CITEPA, en prenant en compte les facteurs d'émissions moyens des CTVD en France. Il est à noter que ces données sont majorantes par rapport au CTVD de Valo'Loire, dont les émissions sont moindres que la moyenne nationale.

	Cheminée Ligne 1	Cheminée Ligne 2
Latitude	47,2247	47,2247
Longitude	-1,5056	-1,5056
Hauteur de rejet (m)	60	60
Débit moyen de rejet (Nm <sup>3</sup> /h)	50 000	50 000
Diamètre de la cheminée (m)	1,4	1,4
Température moyenne de rejet (°C)	185	176
Emissions particules en suspension (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,52	0,44
Estimation émissions PM10 (kg/h)	0,025	0,021
Estimation émissions PM2.5 (kg/h)	0,021	0,017
Emissions NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	52,58	52,92
Estimation émission NO <sub>2</sub>	0,131	0,132
Estimation émission SO <sub>2</sub>	0,25	0,25
Estimation émission CO	0,5	0,5

Tableau 1 : paramètres des sources de l'actuel CTVD prises en compte pour la modélisation

# Paramètres météorologiques

Les conditions météorologiques utilisées pour la modélisation de la dispersion des polluants proviennent de la station Météo France de Nantes Atlantique, située à 11 km au sud-ouest de Valo'Loire. Vu la proximité de la station, on considère que les relevés effectués par Météo France sont représentatifs des conditions météorologiques sur le site de Valo'Loire.

Afin de simuler des conditions météorologiques à la fois récentes et représentatives de la zone, les données de l'année 2023 ont été utilisées. Cette année est représentative de la moyenne climatique sur 20 ans. L'année 2024 n'a pas été retenue dans la mesure où la pluviométrie excédentaire de cette année (+25 % par rapport aux normales climatiques<sup>2</sup>) a engendré une prévalence de conditions dispersives par rapport à la normale climatique ; les résultats de la modélisation auraient alors été minorés.

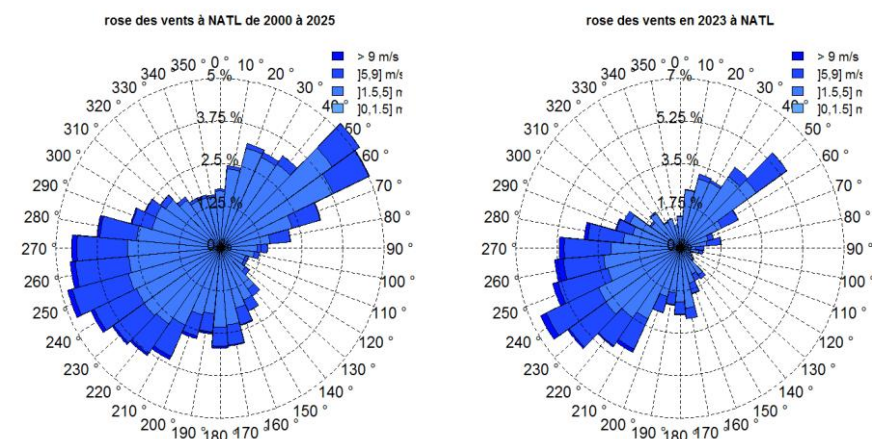


Figure 1 : roses des vents moyennes sur 25 ans (à gauche) et spécifiquement sur l'année 2023 (à droite) à la station Météo France de Nantes Atlantique

Les vents sont caractérisés par deux composantes majeures : l'une sud-ouest, et l'autre nord-est.

- Les vents de secteur sud-ouest (210°N à 280°N) sont majoritaires, avec des vitesses de vents modérées à fortes. Ces conditions sont plutôt dispersives, favorables à une dispersion plus efficace des polluants, mais dont les retombées atmosphériques peuvent être plus lointaines.
- Les vents de nord-est (10°N à 60°N) sont plutôt associés à des vents plus faibles et des conditions anticycloniques et sèches. Ces conditions sont plus favorables à l'accumulation locale des polluants au sol.

En 2023, la température moyenne était de 14,3°C (+1,6°C par rapport aux normales climatiques). La pluviométrie a été de 858 mm (+5 % par rapport aux normales climatiques).

<sup>2</sup> Les normales climatiques font référence aux paramètres météorologiques moyennés sur 30 ans sur une période de référence, de 1991 à 2020.

# Résultats

Les résultats de la modélisation sont traités sous système d'information géographique puis intégrés sous forme de cartes de pollution montrant l'évolution spatiale des concentrations issues des seules émissions de l'établissement Valo'Loire.

## Particules PM10 et PM2.5

Les cartes ci-dessous montrent les concentrations moyennes annuelles modélisées en particules PM10 et PM2.5.



Figure 2 : modélisation des concentrations moyennes annuelles de PM10 (à gauche) et PM2.5 (à droite) issues des émissions spécifiques du CTVD

Les concentrations modélisées en PM10 et PM2.5 montrent des zones de retombées qui se situent au sud-ouest et au nord-est de la cheminée :

- Au sud-ouest, la zone d'influence se situe entre 250 mètres et 1,1 km de la cheminée.  
**La zone de retombée maximale est précisément située à 450 mètres au sud-ouest de la cheminée**, dans la zone industrielle entre le chemin du Bas et le boulevard de la Prairie de Mauves. Les concentrations maximales en PM10 peuvent y atteindre + 0,003  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par rapport au bruit de fond, et celles en PM2.5 peuvent y atteindre +0,002  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par rapport au bruit de fond, en moyenne annuelle.
- Au nord-est, la zone d'influence se situe entre 350 m et 800 m du CTVD (par vents de sud-ouest), de manière plus diffuse, les vents de sud-ouest étant plus dispersifs. La zone de retombée maximale n'est pas située dans cet axe.

Sur la zone sud-ouest, la majorité des retombées maximales se situent au sein de la zone industrielle ou de zones non habitées. Le Skatepark Hangar, qui est un lieu recevant du public, se situe à la marge de cette zone de retombées maximales (surconcentration modélisée à +0,002  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM10). Ce site est donc choisi comme l'un des sites sous influence.

Sur la zone nord-est, les retombées se situent exclusivement au sein de la zone d'habitat informel de la Prairie de Mauves ou d'une zone industrielle non habitée.

## Dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>

Les cartes ci-dessous montrent les concentrations moyennes annuelles modélisées en NO<sub>2</sub>.

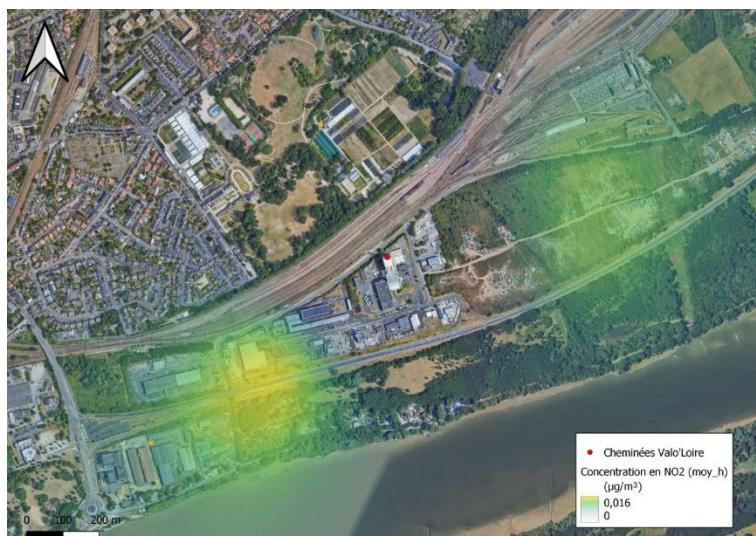


Figure 3 : modélisation des concentrations moyennes annuelles de NO<sub>2</sub> issues des émissions spécifiques du CTVD

Les zones de retombées pour le dioxyde d'azote sont similaires à celles relevées pour les particules fines, avec une zone de retombée maximale située au sud-ouest de Valo'Loire, et une autre zone de retombée plus diffuse située au nord-est.

La concentration maximale modélisée est de +0,016 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle, à 450 mètres au sud-ouest de la cheminée, localisée au niveau de la zone industrielle située entre le chemin du Bas et le boulevard de la Prairie de Mauves.

## Dioxyde de soufre SO<sub>2</sub>

Les cartes ci-dessous montrent les concentrations moyennes annuelles modélisées en SO<sub>2</sub>.

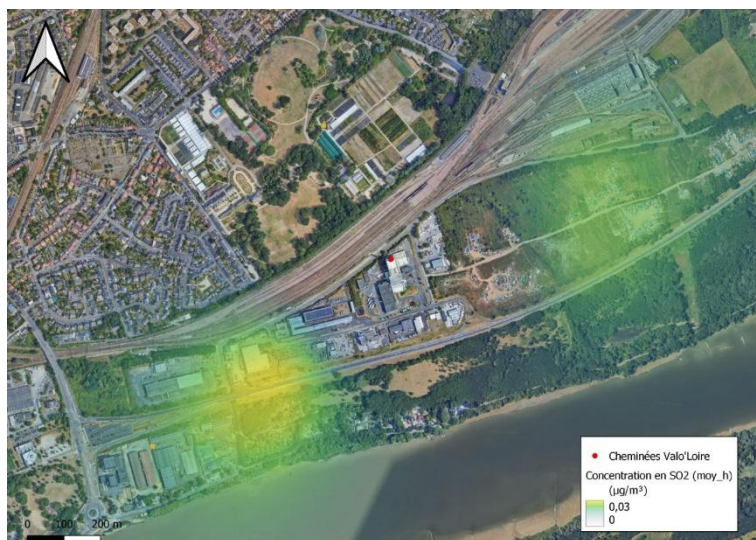


Figure 4 : modélisation des concentrations moyennes annuelles de SO<sub>2</sub> issues des émissions spécifiques du CTVD

Les zones de retombées pour le dioxyde de soufre sont similaires à celles relevées pour les particules fines et le dioxyde d'azote. Les deux zones de retombées sont situées au sud-ouest et au nord-est de la cheminée, dans des zones industrielles ou dans des zones non habitées, hormis au niveau de la zone d'habitat informel au nord-est de Valo'Loire.

La concentration maximale modélisée est de +0,029 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle, localisée à 450 mètres au sud-ouest de la cheminée, au niveau de la zone industrielle entre le chemin du Bas et le boulevard de la Prairie de Mauves.

## Monoxyde de carbone CO

Les cartes ci-dessous montrent les concentrations moyennes annuelles modélisées en CO.

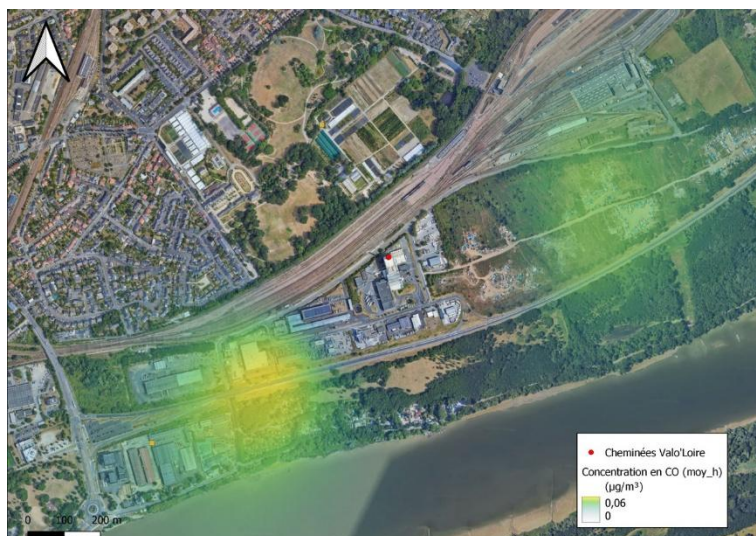


Figure 5 : modélisation des concentrations moyennes annuelles de CO issues des émissions spécifiques du CTVD

Les zones de retombées se situent au sud-ouest et au nord-est de la cheminée. La zone de retombée maximale est localisée au sein de la zone industrielle située entre le chemin du Bas et la Prairie de Mauves, où la concentration maximale modélisée est de  $+0,058 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle.

## Conclusions sur le choix des sites de mesure

Quel que soit le polluant considéré (PM10, PM2.5, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> et CO), deux zones de retombées sont identifiées.

L'une au sud-ouest de Valo'Loire, et qui correspond à la zone de retombée maximale :

- la concentration maximale modélisée est située précisément dans la zone industrielle située entre le chemin du Bas et le boulevard de la Prairie de Mauves, à 450 mètres de la cheminée,
- l'influence des émissions de Valo'loire est toutefois perceptible, dans une moindre mesure, entre 250 mètres et 1 100 mètres dans l'axe sud-ouest de la cheminée,
- le long de cet axe, il n'y a pas d'habitations. Le site du Skatepark Hangar a toutefois été identifié comme un lieu recevant du public, et situé dans la zone d'influence de Valo'loire. Ce site a donc été retenu pour effectuer les mesures de retombées atmosphériques et de concentrations atmosphériques.

L'autre zone est située au nord-est de Valo'Loire, et ne correspond pas à la zone de retombée maximale mais reste toutefois une zone sous influence :

- l'influence des émissions de Valo'Loire est perceptible entre 350 mètres et 800 mètres dans l'axe nord-est de la cheminée,
- le long de cet axe est située la zone d'habitat informel, et le technicentre de la SNCF. Dans la mesure où cette zone peut elle-même être émettrice de polluants, notamment de métaux lourds, il n'est pas recommandé d'effectuer des mesures sur cet axe ; différencier l'influence de Valo'loire ou une autre influence locale étant difficile,
- pour cette raison, un site de mesure en zone habitée a été identifié à 1,3 km au nord-est de Valo'Loire, au CASI SNCF, et dans un axe qui permette de discriminer une influence de Valo'loire d'une influence distincte de la zone d'habitat informel ou du technicentre SNCF.

Considérant l'absence de zones habitées dans l'axe sud-ouest et l'axe nord-est de Valo'Loire, et considérant que ces résultats sont exprimés en moyenne annuelle, une étude plus approfondie des vents mensuels a été effectuée afin de déterminer le troisième site de mesure.

Les mesures automatiques s'effectuant en novembre, la rose des vents moyens observés à Nantes Atlantique sur le mois de novembre a été étudiée.

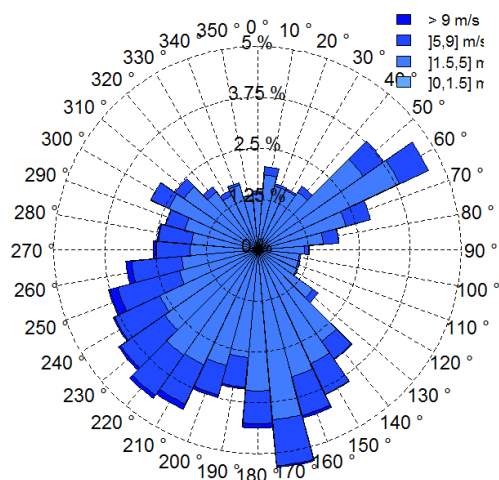


Figure 6 : rose des vents moyens en novembre sur 25 ans, de 2000 à 2025, à la station Météo France de Nantes Atlantique

Cette rose des vents montre qu'en novembre, la direction majoritaire des vents provient du secteur sud, compris entre 140°N et 260°N. Lors des mesures automatiques en novembre, il est donc plus probable que les quartiers résidentiels situés au nord de Valo'Loire soient les plus impactés.

Dans ces directions de vent, le site de la Pépinière a été identifié comme un site d'intérêt dans la mesure où :

- il est situé à 400 mètres de la cheminée, et sous les vents de Valo'loire lorsque ceux-ci proviennent de la direction 140°N à 160°N, qui sont les vents majoritairement rencontrés en novembre,
- de ce fait, le site de la Pépinière se situe dans les zones de retombées maximales lorsque le vent provient du secteur sud,
- le site de la Pépinière est un lieu recevant du public et est situé au cœur du quartier résidentiel du Doulon.

Pour ces différentes raisons, ce site a été retenu comme le troisième site de mesure sous influence, et est préférentiellement choisi pour les mesures automatiques.

# Dispositif

Un dispositif complet a été mis en œuvre pour la surveillance de la qualité de l'air dans l'environnement du Centre de traitement et de valorisation des déchets (CTVD) Valo'Loire. 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 (métaux, acide chlorhydrique et fluorhydrique, dioxydes d'azote, dioxyde de soufre, particules PM10 et PM2.5, 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 détaillées en annexe 1 et 2.

## Sites de mesure

Afin d'évaluer l'influence de Valo'loire, 4 sites ont été investigués : 3 sites sous l'influence potentielle des émissions de Valo'loire, et positionnés sous les vents dominants du CTVD, et un site témoin, situé hors-vents dominants et éloigné du CTVD.

- Le site de la **Pépinière**, situé au sein du parc du Grand Blottereau, à 450 mètres au nord de Valo'loire et exposé aux émissions de cette dernière lorsque les vents sont compris entre 140°N et 160°N.
- Le site du **Skatepark** hangar, situé à 820 mètres de Valo'loire, et exposé à ses émissions lorsque les vents sont compris entre 40°N et 60°N. A noter que sous ces directions de vent, la zone d'habitat informel de la Prairie de Mauves situé à l'est de Valo'loire, et les industries situées à l'ouest du CTVD, peuvent également être sources d'influence.
- Le site **CASI**, situé à 1,3 kilomètres de Valo'loire, est exposé aux émissions de cette dernière lorsque les vents sont compris entre 200°N et 210°N.
- Le site de la **Bouteillerie**, site permanent du réseau de mesures d'Air Pays de la Loire, est utilisé comme site témoin. Ce site est éloigné de Valo'loire de 2,4 km à l'ouest, et est situé en-dehors de la zone de retombées maximales modélisées.

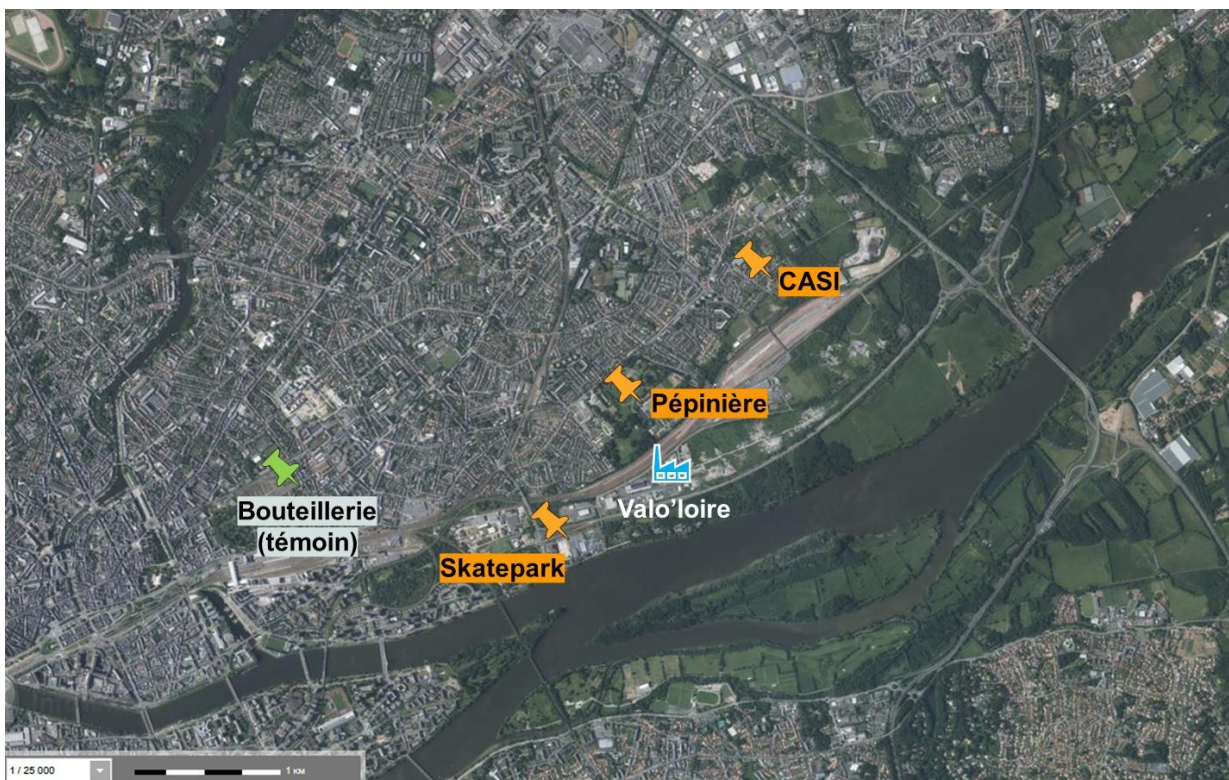


Figure 7 : cartographie de localisation des sites de mesure autour de l'usine Valo'loire (en bleu)

L'ensemble de ces sites est également comparé avec les sites de mesures permanentes d'Air Pays de la Loire, situés hors-influence de Valo'Loire, et permettant de situer les concentrations mesurées autour de Valo'loire par rapport au bruit de fond atmosphérique. Notamment, le CO et le SO<sub>2</sub> ne sont pas mesurés à Bouteillerie, et nécessitent une comparaison avec d'autres sites permanents d'Air Pays de la Loire disposant de ces mesures :

- La station **Saint Étienne de Montluc**, représentative du niveau rural, sert de comparaison aux mesures de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> et SO<sub>2</sub>.
- La station **Saint-Nazaire**, située au Parc Paysager et représentative du fond urbain, sert de comparaison aux mesures de SO<sub>2</sub>.
- La station **Boulevard des Frères Goncourt**, à Nantes, et représentative du niveau de trafic routier, sert de comparaison aux mesures de CO.

## Dispositif de mesure

### Les concentrations atmosphériques

Sur trois sites (Pépinière, Skatepark et CASI), les concentrations atmosphériques des polluants suivants ont été mesurées :

- L'**acide chlorhydrique (HCl)**, sous forme gazeuse.
- L'**acide fluorhydrique (HF)**, sous forme gazeuse.
- **10 métaux lourds** ont été analysés pour leur potentiel supposé à tracer les émissions des usines d'incinération d'ordures ménagères : arsenic (As), cadmium (Cd), plomb (Pb), nickel (Ni), chrome (Cr), cuivre (Cu), manganèse (Mn), cobalt (Co), vanadium (V) et antimoine (Sb).
- Le dioxyde d'azote **NO<sub>2</sub>**, le dioxyde de soufre **SO<sub>2</sub>**, les particules fines **PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>**, le monoxyde de carbone **CO** ainsi que le **mercure gazeux** ont été mesurés sur le site de la Pépinière lors de la phase 2.

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

Une collecte des dépôts totaux est effectuée sur les trois sites dans l'environnement du CTVD (Pépinière, Skatepark et CASI) pour une analyse en laboratoire des métaux.

Des collectes de dépôts pour l'analyse des dioxines et furanes ont également été réalisées sur les 4 sites, incluant le site témoin de la Bouteillerie.

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

Nom du site	Typologie	Concentrations atmosphériques			Retombées atmosphériques	
		Métaux	HCl gazeux HF gazeux	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , CO, Hg	Dioxines et furanes	Métaux
Durée d'exposition		Hebdomadaire (4 échantillons par site)		Horaire	Mensuel (2 fois dans l'année)	
Pépinière	Industriel	X	X	X (4 semaines en hiver)	X	X
Skatepark	Industriel	X	X		X	X
CASI	Industriel	X	X		X	X
Bouteillerie	Site témoin, Urbain	X (As, Ni, Cd, Pb)		X (NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> )	X	
Saint Étienne de Montluc	Rural			X (NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> )		
Boulevard Goncourt	Trafic			X (CO)		
Saint-Nazaire	Urbain			X (SO <sub>2</sub> )		

Tableau 2 : typologie des sites, polluants étudiés et durée des prélèvements

# Périodes de mesure

Conformément au guide de l'INERIS<sup>3</sup>, 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 :

- Phase 1 : du 26 août au 24 septembre 2025, en condition estivale.
- Phase 2 : du 28 octobre au 25 novembre 2025, en condition hivernale.

Sur ces périodes, l'exploitant indique un fonctionnement nominal des lignes d'incinération, excepté :

- du 29 août au 16 septembre 2025 pour la ligne 2 (arrêt programmé),
- du 7 au 11 septembre 2025 pour la ligne 1 (arrêt programmé),
- les 29 et 30 octobre pour la ligne 2 (arrêt fortuit).

La période du 7 au 11 septembre, où les 2 lignes d'incinération étaient à l'arrêt, permet d'avoir une situation témoin où les émissions de Valo'Loire étaient nulles.

Les situations météorologiques les plus défavorables à la dispersion des polluants intervenants en hiver, c'est au cours de cette deuxième phase que les mesures automatiques ont été effectuées au niveau de la Pépinière.

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

Période	Phase 1		Phase 2	
	Date début	Date fin	Date début	Date fin
Semaine 1	26/08/2025	02/09/2025	28/10/2025	04/11/2025
Semaine 2	02/09/2025	09/09/2025	04/11/2025	12/11/2025
Semaine 3	09/09/2025	16/09/2025	12/11/2025	18/11/2025
Semaine 4	16/09/2025	24/09/2025	18/11/2025	25/11/2025

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.

Période	Phase 1		Phase 2	
	Date début	Date fin	Date début	Date fin
Période	26/08/2025	24/09/2025	28/10/2025	25/11/2025

Les périodes de **mesure par analyseurs automatiques** (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> et mercure gazeux) ont été réalisées uniquement sur la période hivernale :

Période	Phase 2	
	Date début	Date fin
Période	29/10/2025	25/11/2025

<sup>3</sup> INERIS, Surveillance dans l'air autour des installations classées – Retombées des émissions atmosphériques, Impact des activités humaines sur les milieux, 2<sup>e</sup> édition, 2021.

# Taux de validité des mesures

Le tableau ci-dessous donne les taux de disponibilité des mesures sur les 2 phases de la campagne. Sur l'ensemble des mesures, le taux de validité est supérieur à 80 %. Seul l'analyseur de mercure a eu un incident technique la dernière semaine de mesure, engendrant des données manquantes entre le 19 novembre et le 25 novembre.

	Phase 1	Phase 2
<i>PM10 et PM2.5</i>	-	100 %
<i>NO<sub>2</sub></i>	-	99 %
<i>SO<sub>2</sub></i>	-	98 %
<i>CO</i>	-	82 %
<i>Mercure gazeux</i>	-	77 %
<i>(retombées atmosphériques) Dioxines et furanes</i>	100 %	100 %
<i>(retombées atmosphériques) Métaux</i>	100 %	100 %
<i>(concentrations atmosphériques) Acide chlorhydrique gazeux</i>	100 %	100 %
<i>(concentrations atmosphériques) HF gazeux</i>	100 %	100 %
<i>(concentrations atmosphériques) Métaux</i>	100 %	100 %

Tableau 3 : synthèse des taux de disponibilité des mesures automatiques ainsi que des prélèvements

# Conditions météorologiques

La figure ci-dessous présente les roses de vents moyens pour chacune des deux phases, enregistrées sur l'aéroport de Nantes Atlantique par la station Météo France. Les roses de vents par semaine sont précisées en annexe.

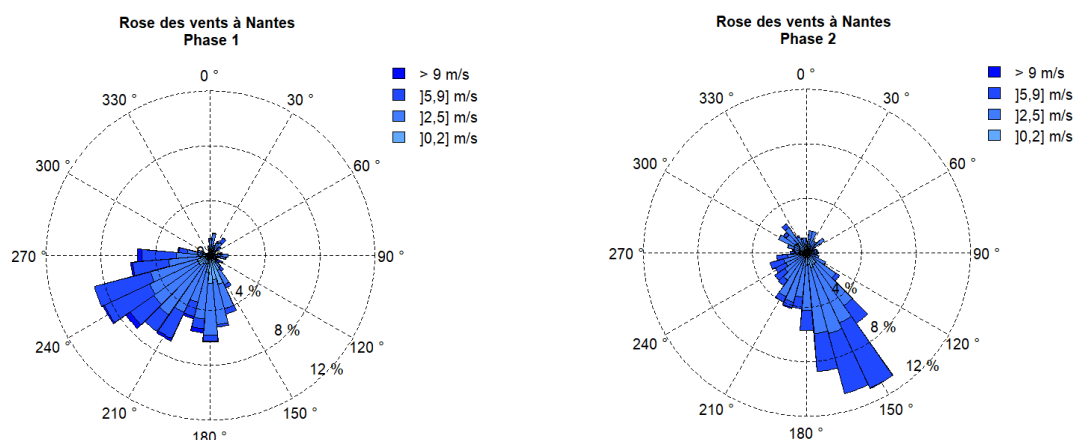


Figure 8 : roses des vents enregistrés à la station Météo France de Nantes Atlantique, lors des mesures de la Phase 1 (à gauche) et de la Phase 2 (à droite)

Ces roses de vents indiquent :

- Une présence quasiment exclusive de vents de secteur sud sur les deux phases, et l'absence de vents de nord-est, ce qui contraste avec les vents moyens annuels où les deux composantes (nord-est et sud-ouest) sont présentes.
- Le site de la Pépinière a été idéalement exposé aux émissions de Valo'loire, avec 3 % du temps sous les vents du CTVD en fonctionnement en phase 1, puis 24 % du temps lors de la phase 2. Cela en fait une configuration idéale pour évaluer l'influence de l'industrie sur les concentrations en polluants mesurés sur ce site.
- Le site du Skatepark a été le moins exposé aux vents de Valo'loire en fonctionnement, compte tenu de la faible représentation des vents de nord-est (autour de 3 % sur les deux phases).
- Le site du CASI a été exposé aux vents du CTVD en fonctionnement pendant près de 7 % du temps de mesure de la phase 1, puis 5 % du temps de la phase 2.

Les précipitations ont été inégales au cours des deux phases, avec une phase 1 pluvieuse (81,5 mm de précipitations) qui contraste avec une phase 2 plus sèche (47 mm de pluie). Les pluies plus nombreuses favorisent une dispersion efficace des polluants de l'air, et facilitent le dépôt atmosphérique des particules (métaux, dioxines et furanes).

# Mesures de retombées atmosphériques

## Dépôts de dioxines et furanes

L'analyse porte sur la quantification de 7 dioxines et de 10 furanes différentes, appelées *congénères*. En raison des différentes toxicités pour l'homme de chacun de ces 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. Ces résultats sont normalisés par la durée d'exposition des jauges ainsi que par la surface de collecte, afin d'avoir un résultat exprimé en masse de retombées atmosphériques par surface de collecte, par jour (pgéq/m<sup>2</sup>/jour).

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.

	1. Pépinière	2. Skatepark	3. CASI	4. Bouteillerie (témoin)
<b>PHASE 1 - Toxicité équivalente totale (pgéq/m<sup>2</sup>/jour)</b>	1,76	1,42	2,57	1,40
<i>Phase 1 - Temps sous les vents de Valo'loire</i>	3,0 %	2,4 %	6,8 %	<i>témoin</i>
<b>PHASE 2 – Toxicité équivalente totale (pgéq/m<sup>2</sup>/jour)</b>	0,64	0,65	0,64	0,64
<i>Phase 2 - Temps sous les vents de Valo'loire</i>	24 %	2,5 %	5,4 %	<i>témoin</i>

Tableau 4 : résultats des dépôts de dioxines et furanes (exprimés en toxicité équivalente totale) par site au cours des 2 phases de mesure

Ces résultats montrent que :

- Les retombées atmosphériques en dioxines et furanes sont faibles et homogènes entre les sites, indépendamment de l'exposition du site de mesure aux vents provenant de Valo'loire.
- Cela suggère l'absence d'influence du CTVD sur les retombées atmosphériques en dioxines et furanes dans son environnement.

# Dépôts de métaux

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

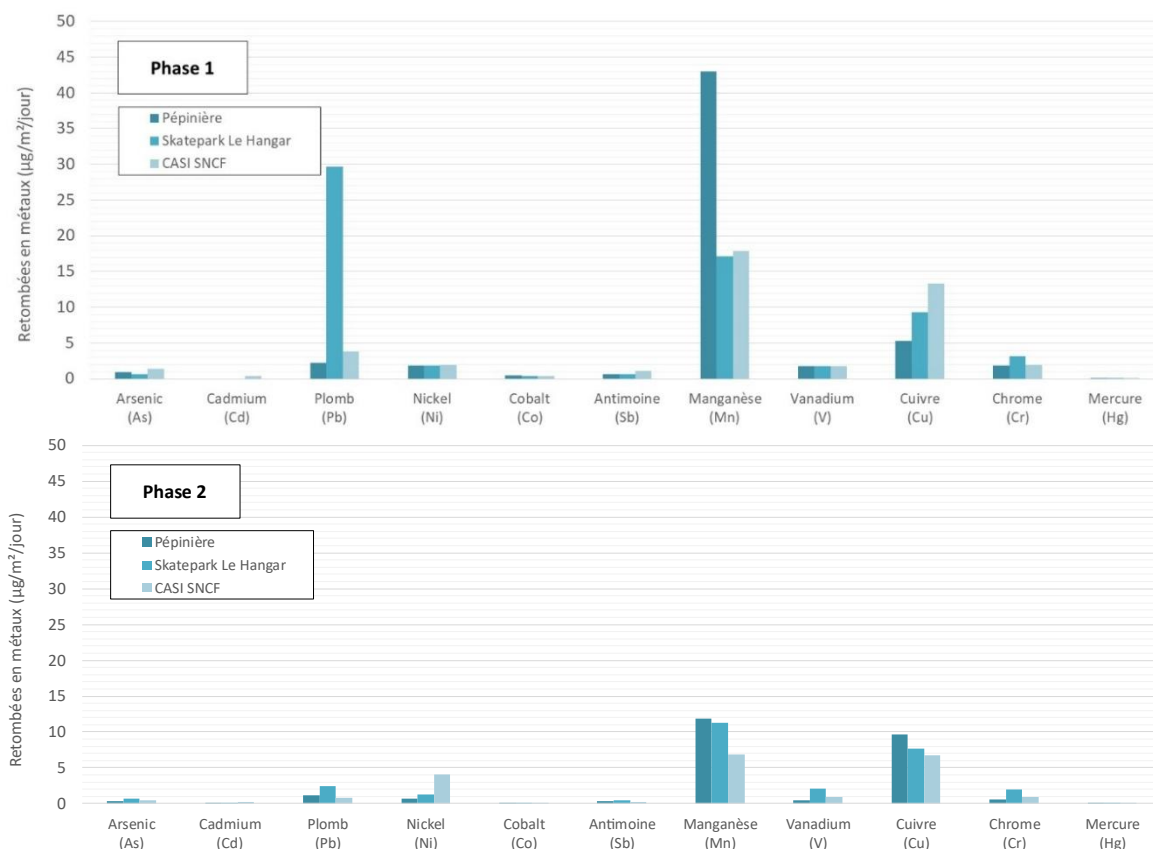


Figure 9 : retombées atmosphériques en métaux sur les 3 sites exposés au cours de la phase 1 (en haut) puis de la phase 2 (en bas)

Ces résultats montrent que :

- Le plomb et le manganèse sont les retombées observées en plus grandes quantités. Les autres métaux ont des retombées atmosphériques faibles et régulièrement sous les limites de quantification, et leurs dépôts sont du même ordre de grandeur sur les différents sites quel que soit leur temps d'exposition aux émissions du CTVD.
- Lors de la phase 1, les retombées en plomb sont plus importantes sur le site du skatepark ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ ) que sur les autres sites (entre  $2,2$  et  $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ ) alors que ce site est le moins exposé aux vents de Valo'Loire. Cela exclut l'influence du CTVD sur les retombées en plomb dans son environnement.
- Les retombées en manganèse sont plus importantes sur le site de la Pépinière lors de la phase 1 ( $43 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$  contre  $17$  à  $18 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$  sur les autres sites). Ce site est exposé aux vents de Valo'loire pendant 3 % du temps de la phase 1, contre 7 % du temps pour le site du CASI. Lors de la phase 2, le site de la Pépinière est le plus exposé aux vents provenant de Valo'loire, pour autant, les retombées en manganèse ( $12 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ ) sont proches de celles relevées sur le site du skatepark ( $11 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ ) alors que ce site n'est exposé que 2,5 % du temps. Cela exclut une influence des émissions de Valo'loire sur les retombées en manganèse.

Par ailleurs, les niveaux relevés à proximité de Valo'loire sont cohérents avec ceux mesurés en zone urbaine, selon plusieurs études menées en France et dans d'autres pays (tableau ci-dessous). Ils sont toutefois légèrement supérieurs aux retombées mesurées dans l'environnement d'Arc-en-Ciel 2034, l'autre unité de valorisation énergétique de Nantes Métropole<sup>4</sup>.

Les niveaux enregistrés sont inférieurs aux valeurs réglementaires allemandes et suisses.

Flux de dépôt de métaux (µg/m <sup>2</sup> /j)	Zone rurale*	Zone urbaine*	Arc-en-Ciel 2034 (2024)	Valo'loire (moyenne 2025)	Valeurs réglementaires allemandes et suisses
<b>Arsenic</b>	.	0,05 – 1,3	0,2 – 1,2	0,6 – 0,9	4
<b>Cadmium</b>	0,2 – 0,9	0,3 – 3,0	< LQ	0 – 0,3	2
<b>Cobalt</b>			< LQ	0,2 – 0,3	
<b>Manganèse</b>	7,2 - 14,7	8,5 – 24,6	4,1 – 13,4	12 – 27	
<b>Nickel</b>	1,6 – 3,7	1,0 – 22,9	0,4 – 2,0	1,3 – 3,0	15
<b>Plomb</b>	3,3 – 10,3	0,4 – 106	0,6 – 1,1	1,7 – 16	100
<b>Vanadium</b>			0,3 – 0,8	1,1 – 1,9	
<b>Antimoine</b>			0,2 – 0,3	0,5 – 0,7	
<b>Mercure</b>			< LQ	< LQ	1
<b>Mercure</b>			< LQ	< LQ	1

Tableau 5 : flux moyens de dépôt total de métaux recensés dans la littérature, et valeurs de référence en Allemagne et en Suisse (définies en moyenne annuelle). Les références ayant servi de valeur de comparaison sont détaillées en annexe

<sup>4</sup> Air Pays de la Loire, *Évaluation de la qualité de l'air dans l'environnement de l'Unité de Valorisation Énergétique Arc-en-Ciel 2034, campagne 2024*.

# Mesures de concentrations atmosphériques

## Acide chlorhydrique en phase gazeuse

Le tableau suivant présente l'évolution des concentrations en acide chlorhydrique (HCl) lors des deux phases de mesure, sur les 3 sites exposés.

Concentration en HCl ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Pépinière	% sous les vents	Skatepark	% sous les vents	CASI	% sous les vents
26/08/2025 au 02/09/2025	0,16	0 %	0,19	0 %	0,16	9 %
02/09/2025 au 09/09/2025	0,30	1 %*	0,39	0 %*	0,30	10 %*
09/09/2025 au 16/09/2025	0,15	2 %*	0,19	0 %*	0,58	5 %*
16/09/2025 au 24/09/2025	0,31	8 %	0,39	9 %	0,33	4 %
28/10/2025 au 04/11/2025	0,24	17 %	0,17	0 %	0,20	11 %
04/11/2025 au 12/11/2025	0,18	37 %	0,18	0 %	0,30	2 %
12/11/2025 au 18/11/2025	0,22	25 %	0,00	9 %	0,33	3 %
18/11/2025 au 25/11/2025	0,15	12 %	0,24	0 %	0,13	5 %
<b>Moyennes</b>	<b>0,21</b>	<b>13 %</b>	<b>0,22</b>	<b>2 %</b>	<b>0,29</b>	<b>6 %</b>

Tableau 6 : résultats des concentrations en HCl gazeux par site au cours des 2 phases de mesure (8 semaines) (\*) sont exclues les périodes où le site de mesure est sous les vents de Valo'Loire alors que les 2 lignes d'incinération sont à l'arrêt, entre le 07/09 et le 11/09.

Ces résultats indiquent :

- Des concentrations en HCl de même ordre de grandeur entre les trois sites, indépendamment de la proportion de temps où chaque site est sous l'influence des vents provenant de Valo'loire.
- Cela indique l'absence d'influence des émissions de Valo'loire sur les concentrations mesurées en HCl dans son environnement.
- Les concentrations mesurées sont par ailleurs similaires à celles relevées dans l'environnement d'Arc-en-Ciel 2034, l'autre unité de valorisation énergétique de Nantes Métropole, pour laquelle aucune influence des émissions n'a été enregistrée.

## Acide fluorhydrique HF

L'acide fluorhydrique a été prélevé à l'aide de tubes à diffusion passive Radiello code 166, avec une fréquence hebdomadaire, puis envoyé en laboratoire pour l'analyse chimique. Chaque mesure est donc une concentration moyenne sur 7 jours.

Pour chacun des sites étudiés (Pépinière, Skatepark, CASI), les tubes sont installés en doublon afin d'attester de la représentativité des mesures, et un blanc de terrain est réalisé.

L'ensemble des mesures de concentrations en acide fluorhydrique, sur les deux phases de mesure, est inférieur aux limites de détection ( $< 0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) quel que soit le site considéré, qu'il soit exposé aux vents en provenance de Valo'Loire ou non. De ce fait, l'influence du CTVD ne peut être établie pour ce polluant.

Ce constat est similaire à celui établi dans l'environnement de l'autre unité de valorisation énergétique de Nantes, à Arc-en-Ciel 2034.

# Métaux dans l'air ambiant

Parmi les métaux mesurés, seuls le plomb, l'arsenic, le cadmium et le nickel sont réglementés dans l'air ambiant. Le manganèse fait l'objet d'une valeur guide de l'OMS.

- **Pour le plomb** : une **valeur limite** de 500 ng/m<sup>3</sup> et un **objectif de qualité** de 250 ng/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.
  - **Pour l'arsenic**, une **valeur cible** de 6 ng/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.
  - **Pour le cadmium**, une **valeur cible** de 5 ng/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.
- Il existe également une valeur guide (OMS) de 5 ng/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.
- **Pour le nickel**, une **valeur cible** de 20 ng/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.
  - **Pour le manganèse**, une valeur guide (OMS) de 150 ng/m<sup>3</sup>.

La concentration en métaux dans l'air ambiant est déterminée en aspirant un volume d'air donné au travers d'un filtre, lequel est ensuite analysé en laboratoire pour y déterminer la quantité (en masse, ng) de chaque métal. Les mesures sont donc exprimées en masse (de métaux par filtre) par volume (d'air prélevé), soit en ng/m<sup>3</sup>.

Les graphiques ci-dessous présentent les résultats de concentrations mesurées dans l'air ambiant pour chaque métal, par site, au cours des deux phases de mesure.

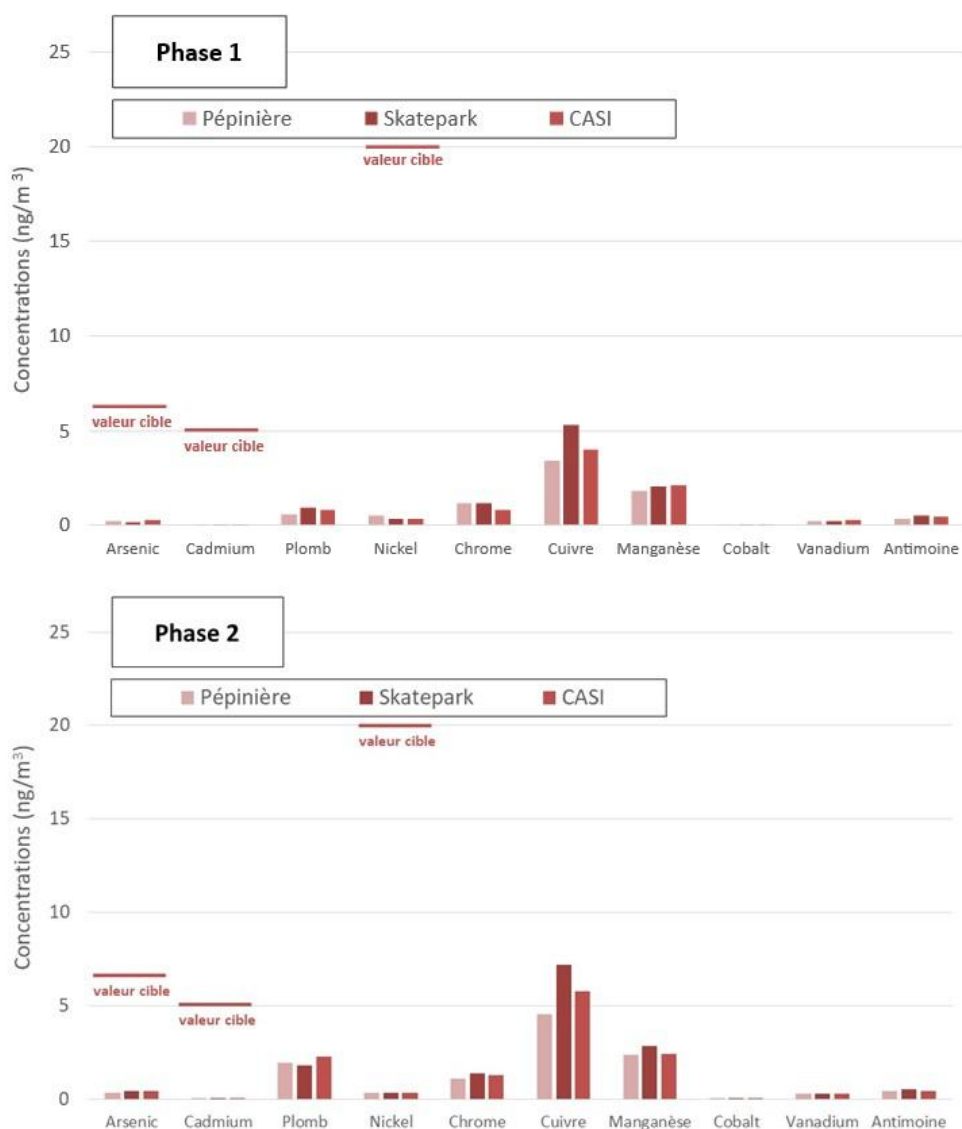


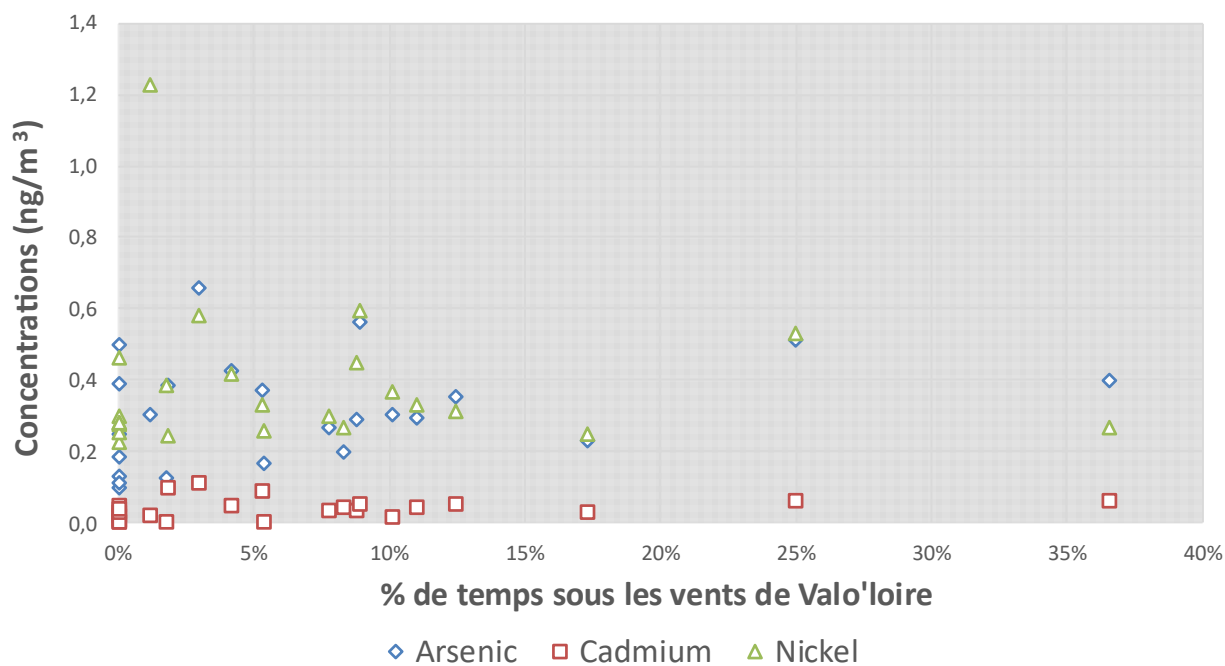
Figure 10 : concentrations moyennes (sur 4 semaines) en métaux mesurées lors de la phase 1 (en haut) puis de la phase 2 (en bas)

Ces mesures indiquent que :

- Les concentrations atmosphériques en métaux sont stables quelle que soit la saison, sans différences significatives entre les deux phases de mesure.
- Les polluants réglementés (As, Cd, Pb et Ni) enregistrent des **concentrations 15 à 200 fois inférieures aux valeurs réglementaires** selon les polluants, en moyenne sur les 8 semaines de mesure. Il est donc considéré comme probable que ces valeurs réglementaires soient respectées sur une année entière.

L'influence des émissions de Valo'loire sur les concentrations en métaux peut être établie en comparant, sur l'ensemble des sites, les concentrations mesurées par rapport au pourcentage de temps où le site est sous les vents des émissions du CTVD. Pour cela, les graphiques ci-dessous montrent la relation entre les concentrations hebdomadaires mesurées en métaux, et le pourcentage de temps où les sites sont sous les vents du CTVD en fonctionnement.

Aucune corrélation ne se distingue, quel que soit le métal considéré, démontrant l'absence d'influence des émissions de Valo'loire sur les teneurs atmosphériques en métaux mesurées à proximité.



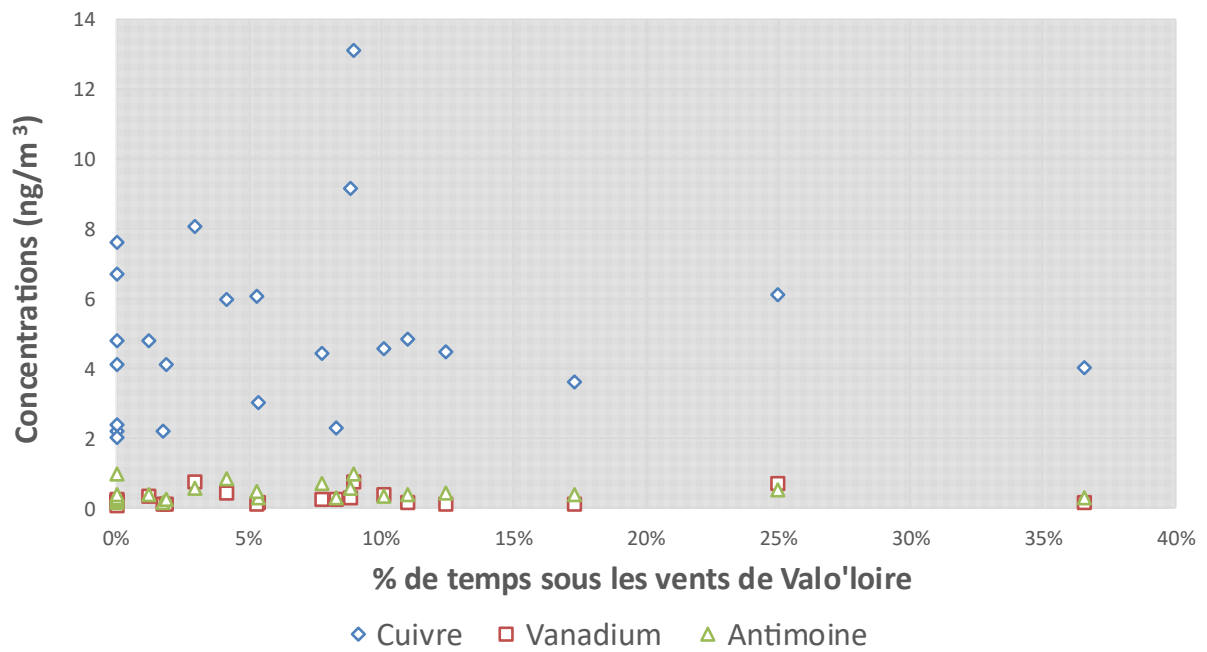


Figure 11 : corrélation entre la concentration moyenne hebdomadaire en métaux sur l'ensemble des sites, et le pourcentage de temps où chaque site était exposé aux vents de Valo'loire. (en haut : pour l'arsenic, le cadmium et le nickel ; au milieu : pour le plomb, le chrome et le manganèse ; en bas : pour le cuivre, le vanadium et l'antimoine)

# Mesures automatiques

## Particules PM10

Les concentrations en particules fines PM10 sont réglementées en France à 4 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 elle aussi 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 (2021) 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 bloxplot, la distribution statistique des concentrations horaires relevées lors de la phase 2 (hiver).

### Méthodologie

Le graphique ci-dessous est une boîte à moustaches (aussi appelée boxplot), il représente les principales caractéristiques statistiques d'une distribution de données, ici l'ensemble des mesures horaires :

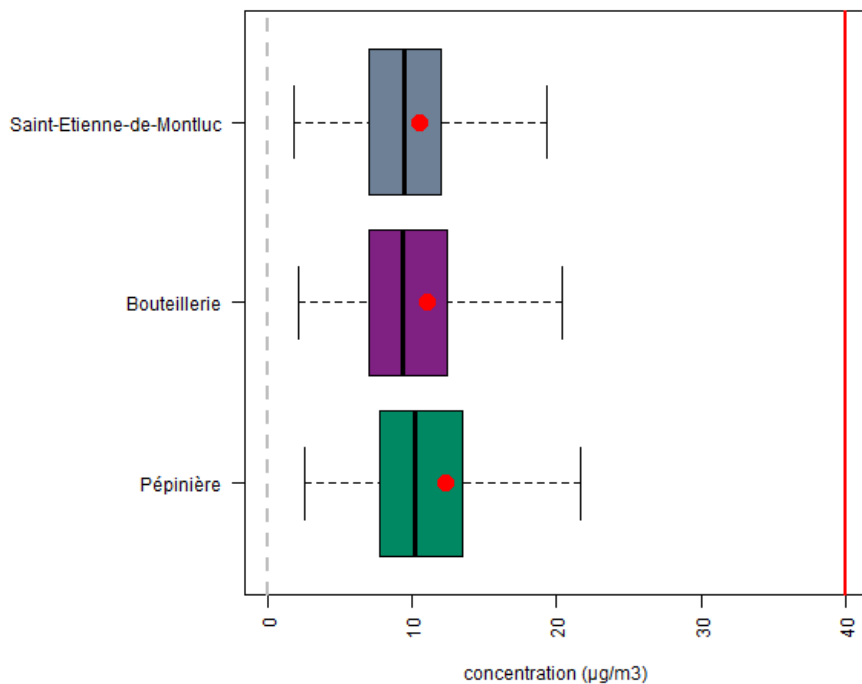
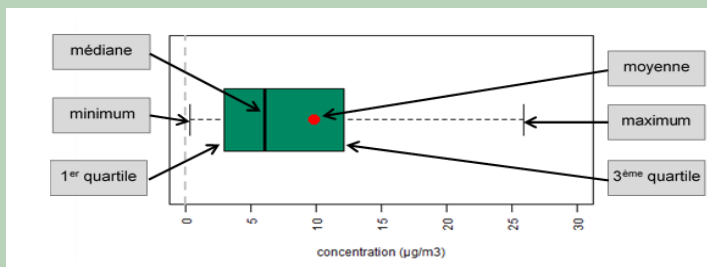


Figure 12 : boxplot des concentrations horaires en PM10 lors des mesures en phase 2 (du 29 octobre au 25 novembre 2025) à la Pépinière, en comparaison avec les deux sites de référence

Ces résultats montrent que :

- Les concentrations moyennes en PM10 mesurées à la Pépinière (12 µg/m<sup>3</sup>) sont proches de celles relevées en milieu urbain à Bouteillerie (11 µg/m<sup>3</sup>) et en milieu rural à Saint Étienne de Montluc (11 µg/m<sup>3</sup>).
- Compte tenu de cette proximité des mesures, et sachant que les stations Bouteillerie et Saint Étienne de Montluc ont respecté la valeur limite (40 µg/m<sup>3</sup>) et l'objectif de qualité (30 µg/m<sup>3</sup>) en 2025, il est fort probable que ces seuils soient également respectés sur le site de la Pépinière.
- Les valeurs guides OMS annuelle et journalière ont également une forte probabilité d'avoir été respectées au cours de l'année 2025, ces valeurs guides ayant été respectées sur les sites permanents de la Bouteillerie et de Saint Étienne de Montluc.

La figure ci-dessous montre, à plus fine échelle, l'évolution temporelle des concentrations journalières en PM10.

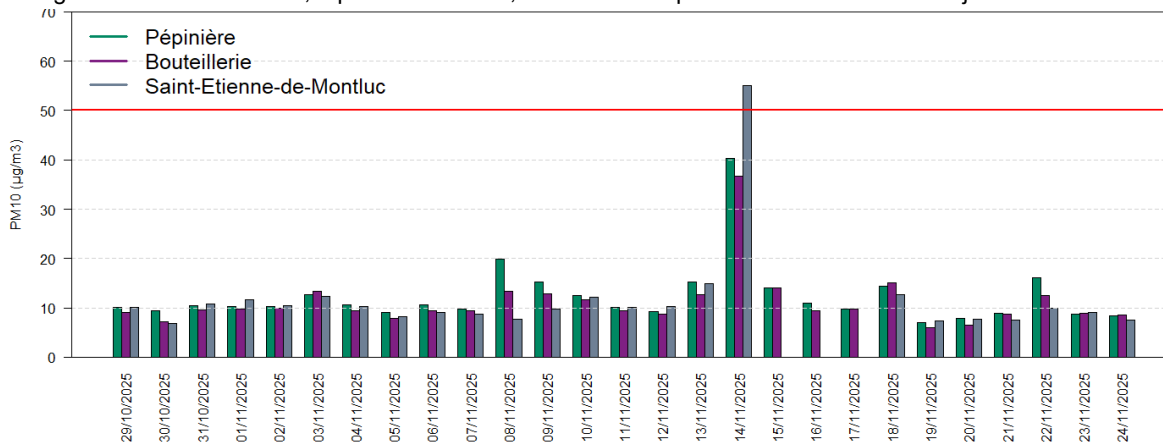


Figure 13 : évolution de la concentration journalière en particules PM10 sur le site de la Pépinière, en comparaison avec les deux sites de référence

Ces résultats montrent que :

- L'évolution des concentrations journalières en PM10 est synchrone entre les sites, montrant une influence majoritairement régionale.
- Sur la journée du 8 novembre toutefois, la concentration en PM10 est significativement supérieure sur le site de la Pépinière (20 µg/m<sup>3</sup>) que sur les sites de référence (entre 7,7 et 13 µg/m<sup>3</sup>). Cela est lié à une hausse des PM10 la nuit du 8 novembre, où le vent était non établi, favorisant l'accumulation de polluants au niveau du sol. Sur cette nuit, une origine locale (feu de bois individuel dans ce quartier résidentiel) est plutôt privilégiée, sans lien avec les émissions de Valo'loire, le site de mesure n'étant pas spécifiquement sous les vents de l'industrie.
- La journée du 14 novembre est également marquée par une hausse des concentrations en PM10 sur l'ensemble des sites de mesure. Ce jour-là, le flux de sud a amené des sables sahariens sur une large partie de la France, incluant la Loire-Atlantique (voir figure ci-dessous). Si le seuil d'information et recommandation journalier (50 µg/m<sup>3</sup>) a été atteint à Saint Étienne de Montluc, il n'a pas été atteint à la Pépinière.
- La valeur guide journalière (40 µg/m<sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 3 ou 4 jours par an) a de fortes chances d'être respectée sur l'année 2025, cette valeur ayant été respectée sur les sites permanents de Bouteillerie et Saint Étienne de Montluc.

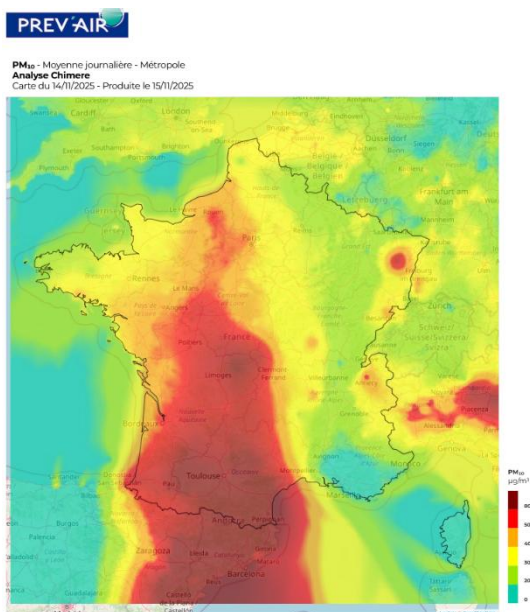


Figure 14 : carte d'analyse (modèle assimilé) de concentrations en PM10 sur la France métropolitaine, la journée du 14 novembre 2025. (source : Prev'air)

# 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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- 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 3-4 jours par an, et 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle.

La figure ci-dessous représente, sous forme de bloxplot, la distribution statistique des concentrations horaires relevées au cours des mesures de la Phase 2 (hiver).

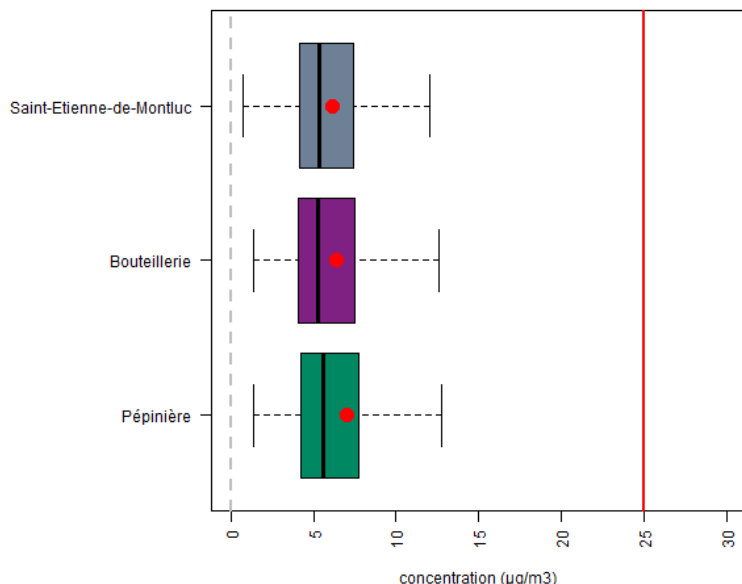


Figure 15 : boxplot des concentrations horaires en PM2.5 lors des mesures en phase 2 à la Pèpinière, en comparaison avec les deux sites de référence

Ces résultats montrent que :

- Les concentrations en PM2.5 sont homogènes sur les 3 stations de mesure (comprises entre 6,1 et 7,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
- L'objectif de qualité, fixé à 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , et la valeur limite fixée à 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ont une forte probabilité de ne pas être dépassés en moyenne annuelle sur le site de la Pèpinière par comparaison aux mesures permanentes qui n'ont pas dépassé ces valeurs en 2025.
- Compte tenu des niveaux proches entre la Pèpinière et les stations du réseau permanent, un dépassement de la valeur guide de l'OMS fixée à 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  n'est pas à exclure, cette valeur ayant été dépassée sur certaines stations de l'agglomération nantaise en 2025.

La figure ci-dessous présente l'évolution temporelle des concentrations journalières en PM2.5.

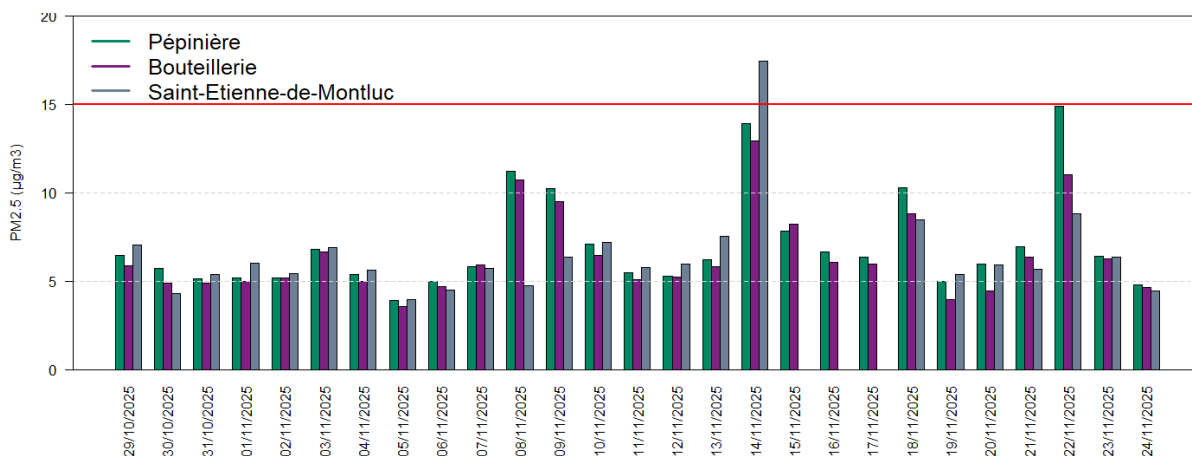


Figure 16 : évolution de la concentration journalière en particules PM2.5 sur le site de la Pèpinière, en comparaison avec les deux sites de référence

Ces résultats montrent que :

- L'évolution des concentrations est synchrone entre les sites, témoignant d'une influence majoritairement régionale des PM2.5 ;
- Les journées du 14 novembre et du 22 novembre se démarquent toutefois :
  - Le 14 novembre, l'import de sables sahariens sur une large partie de la France explique la hausse des niveaux en PM2,5 sur l'ensemble du réseau de station de mesure. Ce jour-là, la valeur guide journalière de l'OMS (15 µg/m<sup>3</sup>) n'est pas atteinte à la Pépinière.
  - Le 22 novembre, les niveaux en PM2,5 sont significativement plus élevés à la Pépinière par rapport aux autres sites, si bien que la valeur guide journalière de l'OMS (15 µg/m<sup>3</sup>) y est atteinte. Cette hausse est liée à de fortes concentrations horaires dans la nuit et au matin du 22 novembre. En cours de nuit, les vents faibles peuvent expliquer une accumulation locale des PM2,5 observée aussi bien à la Pépinière qu'à Bouteillerie. Les températures froides de cette nuit (< 0°C) ont pu favoriser un usage accru du chauffage au bois individuel, émetteur de PM2.5. Au matin du 22 novembre, le vent se renforce et place le site de la Pépinière sous les vents de Valo'loire. Les concentrations en PM2.5 se maintiennent à la Pépinière alors qu'elles baissent à Bouteillerie. Dans ce contexte, une influence ponctuelle de Valo'loire n'est pas à exclure. Aucun événement particulier n'est recensé dans les activités de Valo'loire cette journée-là.
- La valeur guide journalière de l'OMS (15 µg/m<sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 3 ou 4 jours par an) est vraisemblablement dépassée en 2025 à la Pépinière, cette valeur étant également dépassée sur les sites de référence dans l'agglomération nantaise.

# Dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>

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/m<sup>3</sup>.
- Une **valeur limite en moyenne horaire** fixée à 200 µg/m<sup>3</sup>, à ne pas dépasser plus de 18 heures par an.
- Un **seuil d'information et de recommandation** fixé à 200 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire, et un seuil d'alerte fixé à 400 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire.
- À titre d'information, l'OMS (2021) préconise une **valeur guide de 200 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire, 25 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an, et 10 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.**

La figure ci-dessous présente sous forme de boxplot la distribution statistique des concentrations horaires relevées lors de la phase 2 de la campagne de mesure.

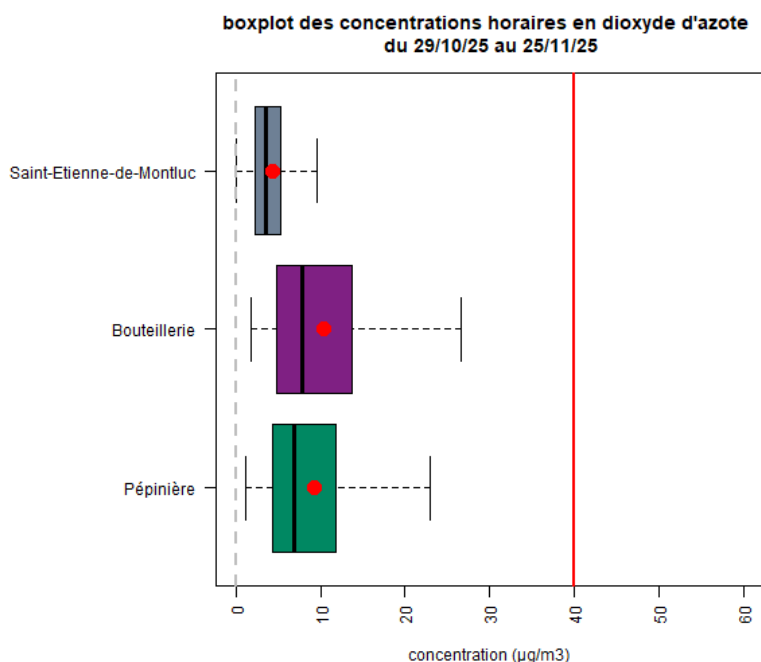


Figure 17 : boxplot des concentrations horaires en NO<sub>2</sub> lors des mesures en phase 2 à la Pépinière, en comparaison avec les deux sites de référence

Ces résultats montrent que :

- Les concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> à la Pépinière (9,4 µg/m<sup>3</sup>) sont plus caractéristiques d'un niveau de fond urbain (11 µg/m<sup>3</sup> à Bouteillerie) que d'un niveau de fond rural (4,3 µg/m<sup>3</sup> à Saint Étienne de Montluc).
- Il est considéré comme fort probable que l'objectif de qualité et la valeur limite annuelle (40 µg/m<sup>3</sup>) soient respectés à la Pépinière, ces valeurs n'étant pas dépassées sur les sites de Bouteillerie et de Saint Étienne de Montluc en 2025. Il en est de même pour la valeur guide annuelle de l'OMS (10 µg/m<sup>3</sup>).

La figure ci-dessous présente l'évolution des concentrations horaires en dioxyde d'azote au cours d'une journée moyenne.

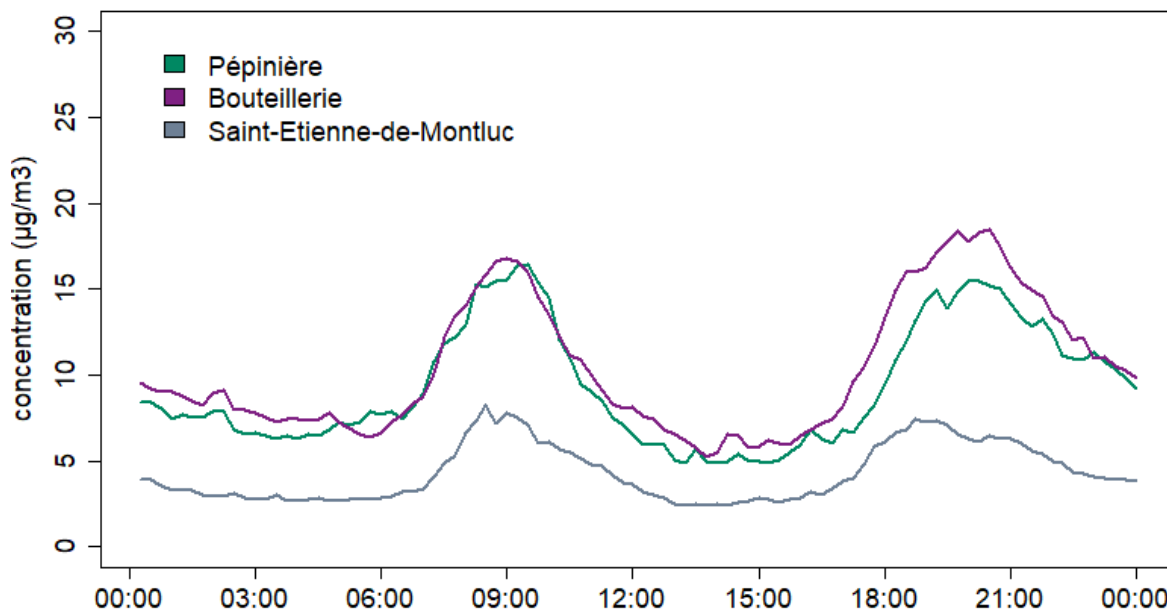


Figure 18 : évolution des concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> au cours d'une journée-type à la Pépinière, en comparaison avec les deux sites de référence

Il en ressort les éléments suivants :

- La concentration en dioxyde d'azote relevée à la Pépinière a un profil journalier similaire à celui de Bouteillerie, avec deux pics de concentrations (qui atteignent en moyenne 20 µg/m<sup>3</sup>) le matin à 9h et le soir entre 18h et 21h. Ces pics de concentrations sont liés aux trajets domicile-travail, en lien avec les émissions du trafic routier.
- Avec une concentration horaire maximale de 44 µg/m<sup>3</sup>, et une concentration journalière maximale de 17 µg/m<sup>3</sup> relevée à la Pépinière, le seuil d'information et de recommandation, et a fortiori le seuil d'alerte sont respectés sur ce site.
- Les valeurs guides de l'OMS (200 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire, et 25 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 ou 4 jours par an) sont également respectées. Ces valeurs sont vraisemblablement respectées tout au long de l'année, étant donné que les mesures permanentes à Bouteillerie ne montrent aucun dépassement sur l'année 2025.

# Dioxyde de soufre SO<sub>2</sub>

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

- Une **valeur limite en moyenne journalière** fixée à 125 µg/m<sup>3</sup>, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an.
- Une **valeur limite horaire fixée** à 350 µg/m<sup>3</sup>, à ne pas dépasser plus de 24h par an.
- Un **seuil d'information et de recommandation** fixé à 300 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire.
- Un **seuil d'alerte** fixé à 500 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire sur 3 heures consécutives.
- À titre d'information, l'OMS (2021) préconise une valeur guide de 40 µg/m<sup>3</sup> 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 SO<sub>2</sub> au cours de la campagne.

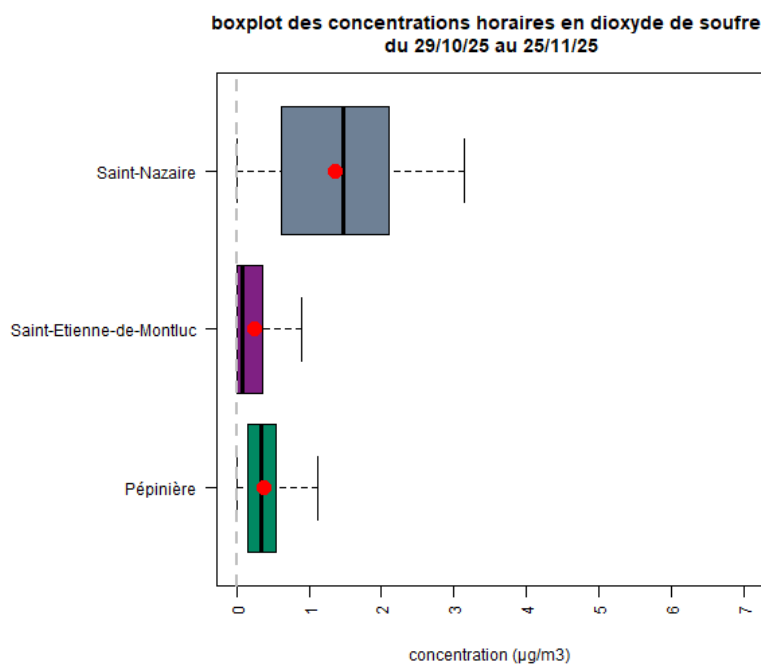


Figure 19 : boxplot des concentrations horaires en SO<sub>2</sub> lors des mesures en phase hivernale à la Pépinière, en comparaison avec les deux sites de référence

Les niveaux moyens en SO<sub>2</sub> relevés à la Pépinière (0,4 µg/m<sup>3</sup>) sont proches de ce qui est relevé en milieu rural à Saint Étienne de Montluc (0,2 µg/m<sup>3</sup>) et inférieurs à ceux relevés à Saint-Nazaire (1,4 µg/m<sup>3</sup>) influencé par les émissions industrielles de Basse-Loire. Ces concentrations sont faibles et régulièrement sous les limites de quantification de l'appareil.

Avec une concentration horaire maximale de 2,7 µg/m<sup>3</sup> relevée à la Pépinière, la valeur limite horaire (350 µg/m<sup>3</sup>) et le seuil d'information et de recommandation (200 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire) sont largement respectés tout au long de la campagne, et sont vraisemblablement respectés tout au long de l'année 2025, ces valeurs n'étant jamais atteintes sur les stations permanentes de Saint Étienne de Montluc et de Saint-Nazaire.

# Monoxyde de carbone CO

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

- Une **valeur limite en moyenne 8-horaire** de  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ , soit  $10\,000 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- À titre d'information, l'OMS (2021) préconise une valeur guide de  $4 \text{ mg}/\text{m}^3$  en moyenne journalière, à ne pas dépasser 3 à 4 jours par an, ainsi que  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  en moyenne 8-horaire.

La figure ci-dessous présente sous forme de boxplot la répartition statistique des mesures de monoxyde de carbone à la Pépinière, comparée à celles mesurées au Boulevard des Frères Goncourt à Nantes, qui est un environnement de trafic routier.

boxplot des concentrations 8-horaires (moyennes) en monoxyde de carbone

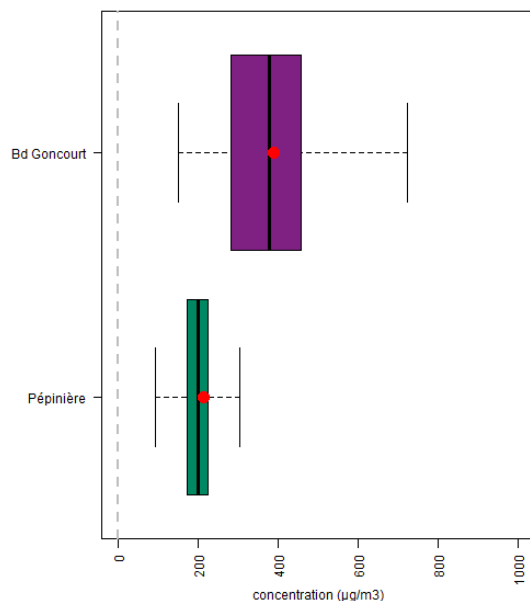


Figure 20 : boxplot des concentrations horaires en CO lors des mesures en phase hivernale à la Pépinière, en comparaison avec le site de référence

Ces mesures montrent que les concentrations moyennes à la Pépinière ( $0,22 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) sont inférieures à celles relevées au Boulevard Goncourt ( $0,39 \text{ mg}/\text{m}^3$ ). De manière générale, les mesures sont proches des limites de quantification de l'appareil.

La figure ci-dessous montre l'évolution des concentrations 8-horaires du monoxyde de carbone, sachant que la valeur guide de l'OMS est fixée à  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  (soit  $10\,000 \text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en moyenne 8-horaire.

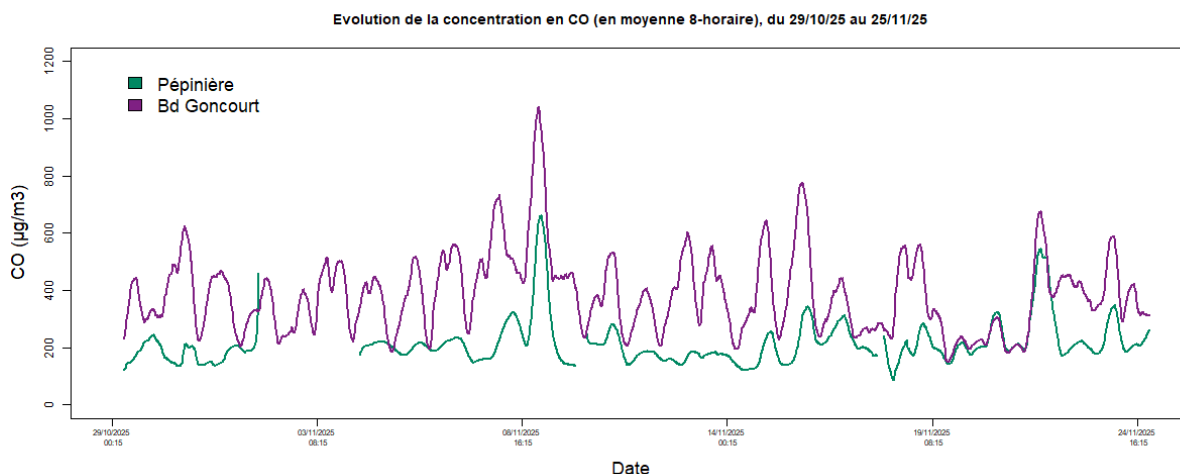


Figure 21 : évolution de la concentration en moyenne 8-horaire à la Pépinière en comparaison avec le Boulevard Goncourt

Avec une moyenne 8-horaire maximale de  $0,66 \text{ mg}/\text{m}^3$ , la valeur guide de l'OMS est respectée tout au long de la campagne.

# Mercure gazeux Hg

Le mercure gazeux n'a pas de valeur réglementaire française.

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

	Moyenne (ng/m <sup>3</sup> )	Maximum-horaire (ng/m <sup>3</sup> )	Maximum journalier (ng/m <sup>3</sup> )
<b>Pépinière</b>	1,3	2,5	1,5

Ces concentrations sont légèrement plus élevées que celles relevées dans l'environnement de l'autre centre de traitement et de valorisation des déchets à Nantes (0,54 ng/m<sup>3</sup> relevé dans l'environnement d'Arc-en-Ciel en 2024<sup>5</sup>). Les mesures de mercure à Saint Étienne de Montluc, en environnement rural, montrent une moyenne de 0,71 ng/m<sup>3</sup> sur l'année 2025 (entre le 1<sup>er</sup> février et le 22 octobre).

---

<sup>5</sup> [Evaluation de la qualité de l'air dans l'environnement de l'Unité de Valorisation Énergétique Arc-en-Ciel 2034, campagne 2024.](#)  
Air Pays de la Loire. Septembre 2025.

# Évaluation de l'influence de Valo'loire

## Méthodologie

La localisation des zones d'émission se base sur l'étude des roses de concentration (roses de pollution) enregistrées sur le site de la Pépinière.

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.

## Influence sur les particules PM10 et PM2.5

La figure suivante présente la rose de pollution pour les PM10, qui permet de localiser les directions de vent pour lesquelles les concentrations sont plus élevées, et ainsi de déterminer des sources d'émissions.

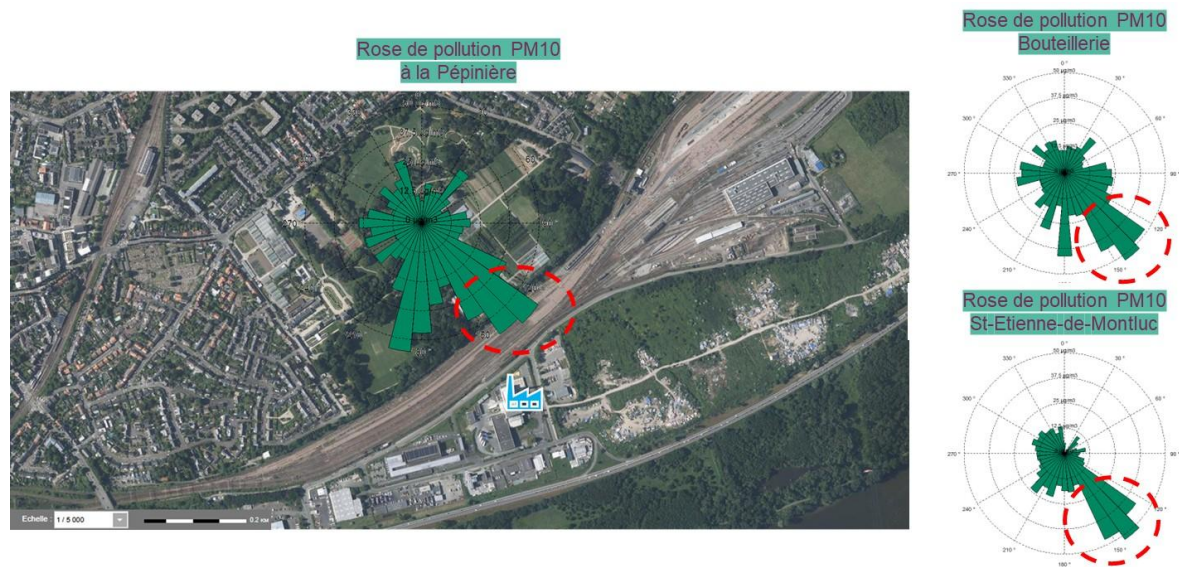


Figure 22 : rose des concentrations de pointe (P98) en PM10 sur le site de la Pépinière, en comparaison avec les sites de référence (à droite)

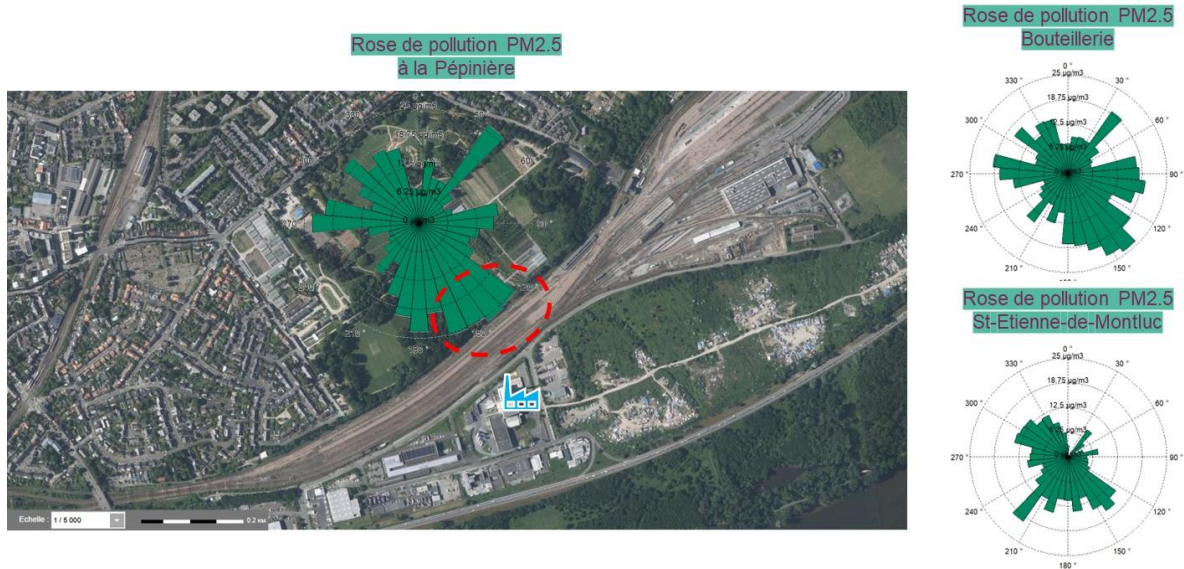


Figure 23 : rose des concentrations de pointe (P98) en PM2.5 sur le site de la Pèpinière en comparaison avec les sites de référence (à droite)

Ces résultats montrent :

- Un apport préférentiel de PM10 lorsque les vents proviennent de la direction sud-est (entre 120°N et 150°N). Cet apport est constaté autant sur les sites de la Pèpinière que sur les sites de référence de Bouteillerie et Saint Étienne de Montluc, indiquant une influence régionale sans lien avec l'activité de Valo'loire. L'influence notable des sables sahariens par flux de sud-est est plutôt privilégiée sur ce cas.
- La direction 190°N montre également un apport en PM10 sur le site de la Pèpinière, qui n'est pas décelé sur les sites de référence. Une source locale est à l'origine de cet apport, mais il s'agirait alors d'une industrie située à l'ouest de Valo'loire, sans lien avec les activités de cette dernière.
- Un apport particulier en PM2.5 est décelé pour les directions de vent en provenance du sud (entre 130°N et 200°N). Cette influence est également observée sur le site de Bouteillerie.

## Influence sur le dioxyde d'azote



Figure 24 : rose des concentrations de pointe (P98) en NO2 sur le site de la Pèpinière, en comparaison avec les sites de référence (à droite)

La rose de concentrations en dioxyde d'azote ci-dessus fait apparaître les directions 220°N et 240°N comme étant des directions de vents lors desquelles les concentrations en NO2 sont plus élevées. Valo'Loire étant située dans les directions 140°N-160°N, ces niveaux plus élevés ne sont pas attribués au CTVD. Par ailleurs, ces directions apparaissent également plus élevées sur le site de la Bouteillerie, traduisant une influence plus diffuse.

# Influence sur le monoxyde de carbone

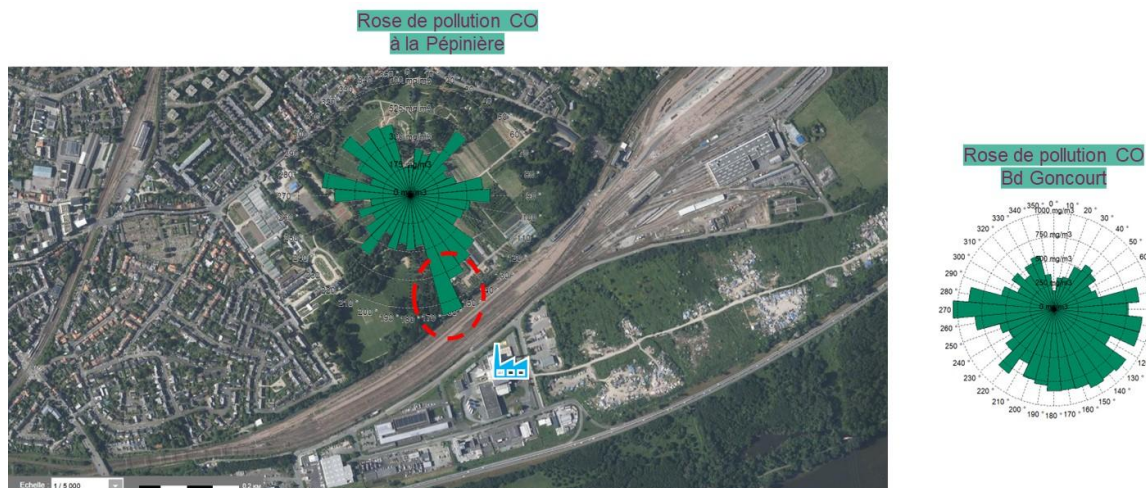


Figure 25 : rose des concentrations de pointe (P98) en CO sur le site de la Pépinière, en comparaison avec le Boulevard Goncourt (à droite)

La rose de concentration ci-dessus fait apparaître des concentrations en monoxyde de carbone plus élevées lorsque les vents proviennent de la direction 150°N à 160°N, c'est-à-dire en provenance de Valo'Loire. Cette configuration de la rose de concentrations est liée à des concentrations plus élevées en CO (atteignant 900 µg/m<sup>3</sup>) sur deux heures consécutives la nuit du 9 novembre, alors que le site de la Pépinière était sous les vents de Valo'Loire. Au même moment, une hausse des concentrations est également constatée sur le site de Boulevard Goncourt, les concentrations y étant systématiquement supérieures au site de la Pépinière. L'absence de vent durant ces deux heures ont favorisé l'accumulation des polluants au sol, l'influence des émissions de Valo'loire ne peut pas alors être établie.

# Influence sur le mercure gazeux

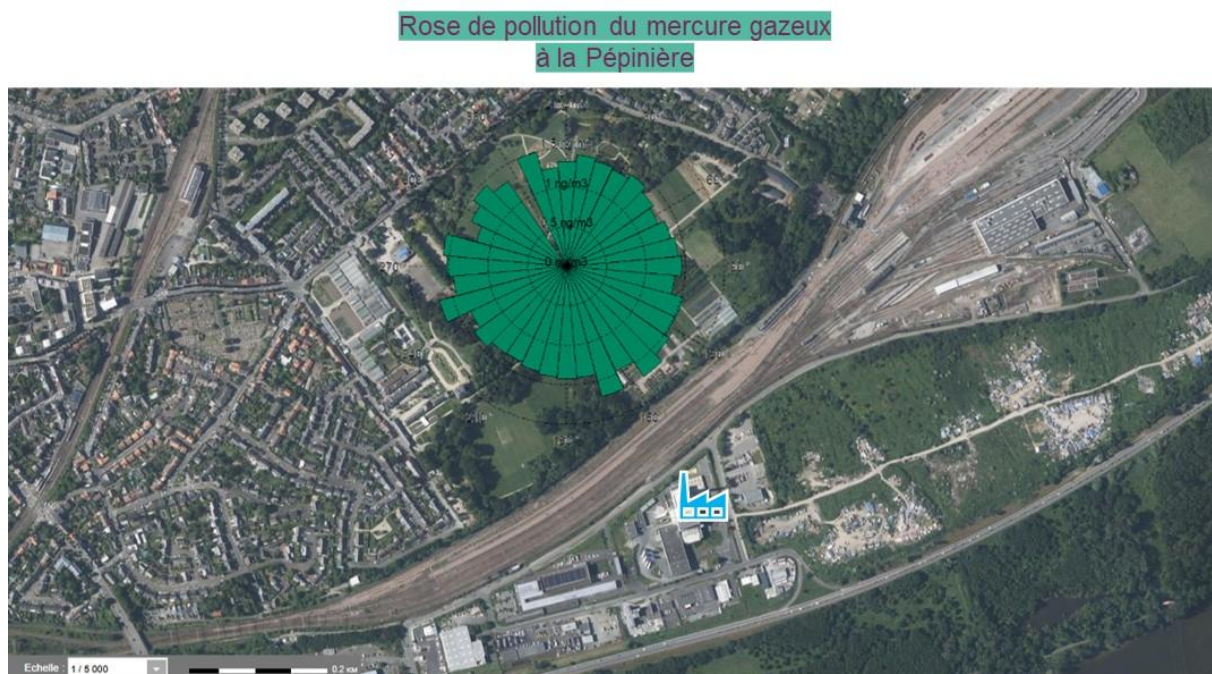


Figure 26 : rose des concentrations de pointe (P98) en mercure gazeux sur le site de la Pépinière

La rose de concentrations en mercure gazeux ci-dessus ne laisse pas apparaître de directions préférentielles pour lesquelles les concentrations en mercure gazeux seraient plus élevées. Une influence de Valo'Loire n'est ainsi pas détectée.

# Conclusions et perspectives

La modélisation des zones de retombées maximales issues des émissions du CTVD a permis de localiser 3 sites de mesure sous influence, et 1 site témoin.

Les résultats des mesures sur l'année 2025, menées en 2 phases succinctes (du 26 août au 24 septembre 2025 pour la phase 1, puis du 28 octobre au 25 novembre 2025 pour la phase 2) permettent d'effectuer un diagnostic initial de la qualité de l'air autour du CTVD Valo'loire. Les mesures de concentrations atmosphériques et de dépôts permettent de situer les niveaux de polluants vis-à-vis des valeurs réglementaires, et d'évaluer l'éventuelle influence des émissions de Valo'loire sur son environnement.

## Sur l'aspect réglementaire :

- Les valeurs réglementaires journalières sont respectées pour les particules PM10.
- La valeur limite annuelle, et l'objectif de qualité annuel pour les PM10 et pour les PM2.5 sont vraisemblablement respectés sur l'ensemble de l'année 2025, ces seuils étant respectés sur les autres stations régionales de référence.
- Du point de vue des valeurs guides de l'OMS, les valeurs guides annuelle (15 µg/m<sup>3</sup>) et journalière (45 µg/m<sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 3 ou 4 jours par an) pour les PM10 sont vraisemblablement respectées sur le site de la Pépinière en 2025, ces valeurs n'étant pas atteintes sur les autres stations de mesure de la région.
- En revanche pour les PM2.5, les valeurs guides annuelle (5 µg/m<sup>3</sup>) et journalière (15 µg/m<sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 3 ou 4 jours par an) de l'OMS sont vraisemblablement dépassées au cours de l'année 2025 sur la Pépinière, ces seuils n'étant pas respectés sur les autres stations de mesure de la région.
- Les autres polluants (dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, monoxyde de carbone) ont une forte probabilité de respecter les valeurs réglementaires françaises horaire et annuelle, et les valeurs guides de l'OMS.
- Les concentrations en mercure gazeux sont significativement inférieures (plus de dix fois plus basses) que la valeur toxicologique de référence retenue par l'INERIS.

## Sur l'influence des activités de Valo'Loire sur les concentrations et dépôts de polluants mesurés dans son environnement :

- Une influence ponctuelle et circonscrite dans le temps n'est pas exclue sur les PM2.5, le matin du 22 novembre. Ce jour-là, aucune anomalie n'a été détectée sur le site de Valo'Loire, qui était en fonctionnement nominal.
- L'influence de Valo'loire n'est pas établie sur les mesures de concentration des autres polluants (PM10, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, Mercure gazeux, acide fluorhydrique).
- Les teneurs en acide fluorhydriques étant inférieures aux limites de détection sur l'ensemble des sites, et ce constat étant similaire à celui porté dans l'environnement de l'UVE Arc-en-Ciel 2034 depuis 5 ans, Air Pays de la Loire ne préconise pas la reconduction de ces mesures dans les années à venir.

La qualité de l'air dans l'environnement de Valo'loire est représentative d'un milieu urbain de fond, avec une possible influence de ses activités sur les PM2.5 mais relevée de manière ponctuelle, sur 2 heures consécutives le matin du 22 novembre.

Les mesures qui seront poursuivies en 2026 selon le même dispositif permettront de consolider ces premières conclusions et d'étudier l'évolution des concentrations et retombées atmosphériques au cours du temps.

# Annexes

- Annexe 1 : dispositif de mesure par site
- Annexe 2 : techniques d'évaluation
- Annexe 3 : roses des vents hebdomadaires
- Annexe 4 : revue de littérature sur les valeurs de comparaison en retombées de métaux lourds
- Annexe 5 : Air Pays de la Loire
- Annexe 6 : type des sites de mesure
- Annexe 7 : polluants
- Annexe 8 : seuils de qualité de l'air 2025
- Annexe 9 : effets des polluants atmosphériques sur la santé

# Annexe 1 : dispositif de mesure par site

Matériel	Sites de mesure	Polluants mesurés
	<p>La Pépinière (Parc du Grand Blottereau)</p>	<p>Remorque laboratoire : mesures en Phase 2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PM10 et PM2.5</li> <li>• SO<sub>2</sub></li> <li>• NO<sub>2</sub></li> <li>• CO</li> <li>• Hg gazeux</li> </ul>
	<p>Pépinière Skatepark CASI (SNCF)</p>	<p>Tubes passifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acide fluorhydrique</li> </ul>
	<p>Pépinière</p> <hr/> <p>Skatepark</p> <hr/> <p>CASI (SNCF)</p> <hr/> <p>Boutellerie (témoin)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retombées de dioxines et furanes</li> <li>• Retombées de métaux</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retombées de dioxines et furanes</li> <li>• Retombées de métaux</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retombées de dioxines et furanes</li> <li>• Retombées de métaux</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retombées de dioxines et furanes</li> </ul>
	<p>Pépinière Skatepark CASI</p>	<p>Collecteur atmosphérique :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentrations de métaux lourds</li> <li>• Concentrations d'acide chlorhydrique</li> </ul>

# 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 dm<sup>2</sup>). 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 /m<sup>2</sup>/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.

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.

### Pas de temps

Prélèvement mensuel.

## 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 dm<sup>2</sup>).



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/m<sup>2</sup>/jour pour les chlorures, le sodium et en µg/m<sup>2</sup>/jour pour les métaux lourds.

### Limites de quantification :

Mercuré (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

### Pas de temps

Prélèvement mensuel.

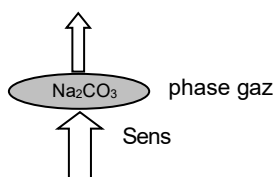
## Mesures des concentrations atmosphériques en acide chlorhydrique gazeux



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  $\text{NO}_2\text{CO}_3$  (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  $\text{m}^3/\text{h}$  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).

## 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  $\mu\text{m}$  (PM10) sur des filtres en fibre de quartz avec un débit de 2,3  $\text{m}^3/\text{h}$ .

### 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  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) 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  $\text{ng}/\text{m}^3$  :

	LQ filtre ( $\mu\text{g}/\text{filtre}$ )	LQ air ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )
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.

## 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

Prélèvement horaire.

### 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

Prélèvement horaire.

### 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

Prélèvement horaire.

### 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 et PM2.5

### Méthode – normes

Les particules ont été mesurées en continu au pas de temps horaire par granulométrie optique FIDAS. Le granulomètre optique FIDAS 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**.

### Pas de temps

Prélèvement horaire.

## Mesures des concentrations atmosphériques en mercure gazeux Hg

### Méthode – normes

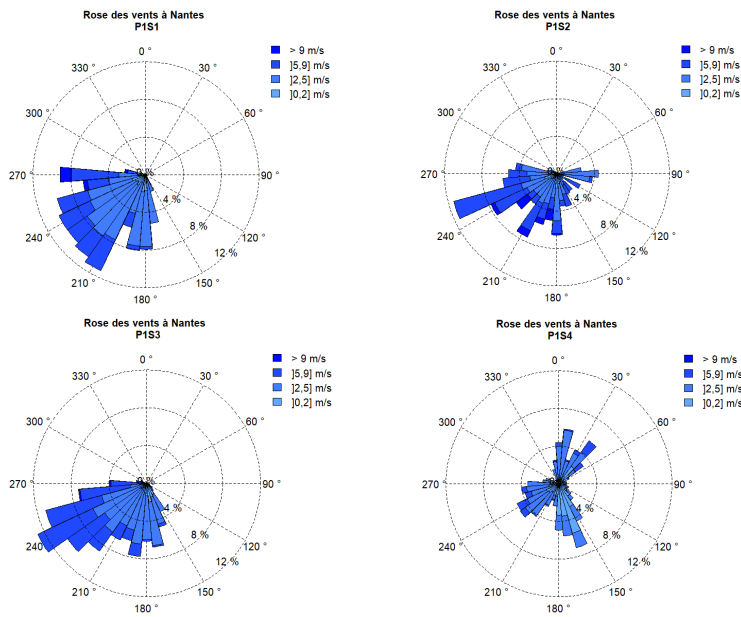
Les mesures de mercure gazeux sont effectuées à l'aide d'un analyseur Lumex RA-915 AM. La technique de mesure repose sur une mesure optique selon le principe d'absorption atomique à effet Zeeman – norme **NF EN 15852**.

### Pas de temps

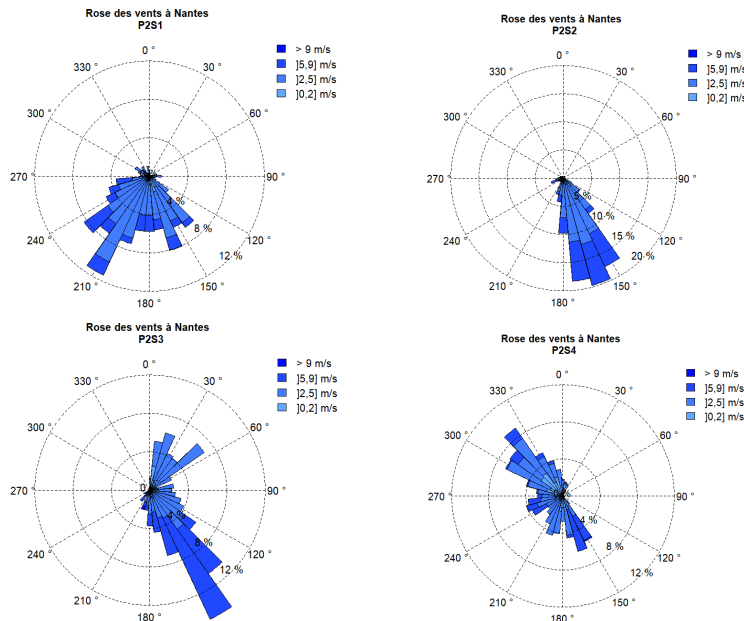
Prélèvement horaire.

# Annexe 3 : roses des vents hebdomadaires

Ci-dessous sont présentées les roses des vents hebdomadaires pour la campagne Phase 1.



Ci-dessous sont représentées les roses de vent hebdomadaire pour la campagne Phase 2.



## Annexe 4 : revue de littérature sur les valeurs de comparaison en retombées de métaux lourds

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Ascoparg, Coparly, and Sup'air, "Plan de surveillance dioxines et métaux lourds : mesures de métaux lourds dans les retombées atmosphériques 2006-2007".
- Air Languedoc-Roussillon, "Surveillance de l'environnement de l'incinérateur de Lunel-Viel, Bilan 2006 – Résumé," 2006.
- 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.
- 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.
- Air Pays de la Loire, "Evaluation de la qualité de l'air dans l'environnement de l'Unité de Valorisation Energétique Arc-en-Ciel 2034, campagne 2024", 2025.

# Annexe 5 : 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**.

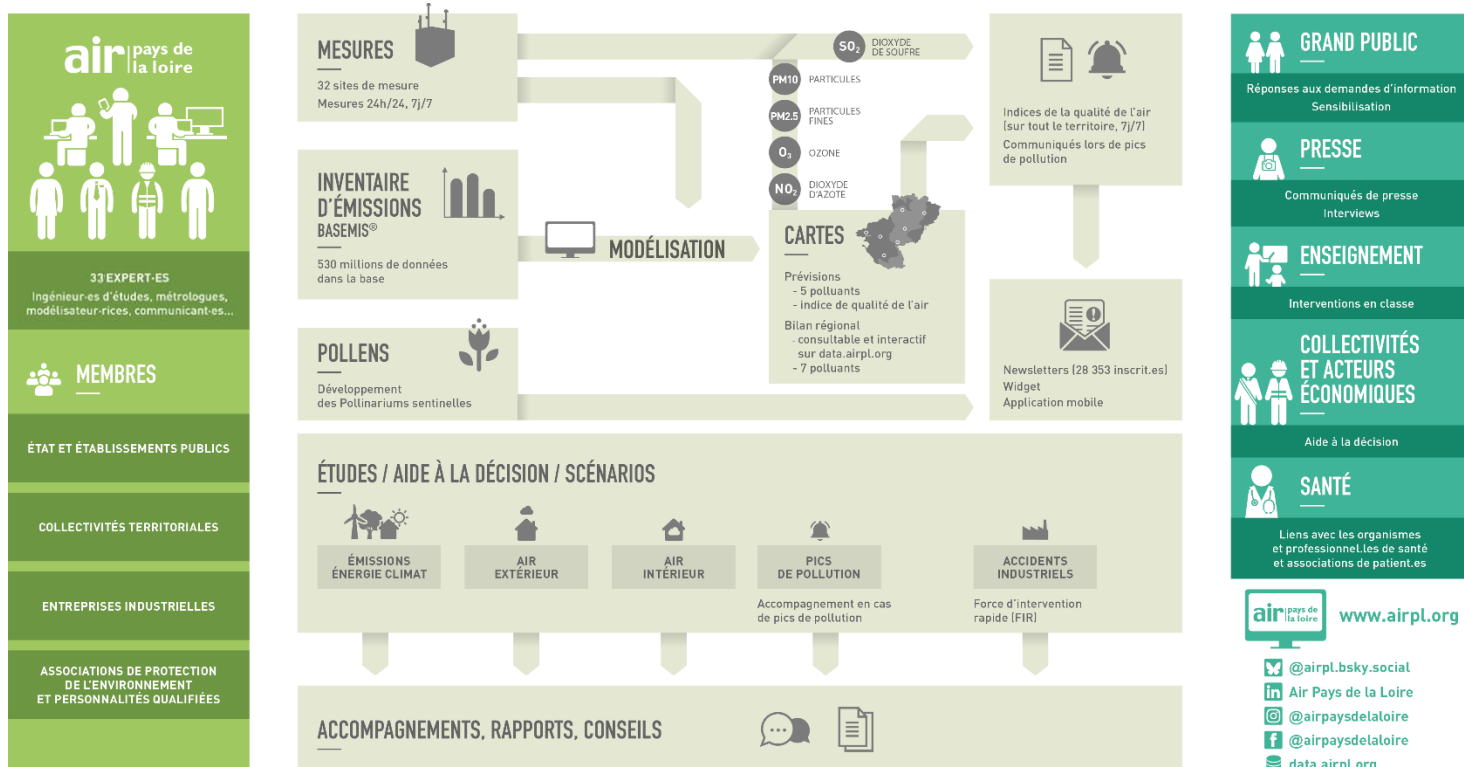
Air Pays de la Loire met quotidiennement à disposition de tous des informations sur la qualité de l'air :

- sur [www.airpl.org](http://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 6 : 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 7 : polluants

## Les oxydes d'azote (NOx)

Les NOx comprennent essentiellement le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). 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 (CO<sub>2</sub>). 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 (SO<sub>2</sub>)

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 SO<sub>2</sub> 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.

# Annexe 8 : seuils de qualité de l'air 2025

## SEUILS DE DÉCLENCHEMENT DES ÉPISODES DE POLLUTION

Article R221-1 - Code de l'environnement

TYPE DE SEUIL ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	DURÉE CONSIDÉRÉE	POLLUANTS			
		OZONE ( $\text{O}_3$ )	DIOXYDE D'AZOTE ( $\text{NO}_2$ )	PARTICULES ( $\text{PM}_{10}$ )	DIOXYDE DE SOUFRE ( $\text{SO}_2$ )
Seuil de recommandation et d'information	Moyenne horaire	180	200	-	300
	Moyenne 24-horaire	-	-	50	-
Seuil d'alerte	Moyenne horaire	240 <sup>(1)</sup> 1 <sup>er</sup> seuil : 240 <sup>(2)</sup> 2 <sup>ème</sup> seuil : 300 <sup>(2)</sup> 3 <sup>ème</sup> seuil : 360	400 <sup>(2)</sup> 200 <sup>(2)</sup>	-	500 <sup>(2)</sup>
	Moyenne 24-horaire	-	-	80 ou à partir du 2 <sup>e</sup> 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

Article R221-1 - Code de l'environnement

TYPE DE SEUIL ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	DURÉE CONSIDÉRÉE	POLLUANTS												
		OZONE ( $\text{O}_3$ )	DIOXYDE D'AZOTE ( $\text{NO}_2$ )	OXYDES D'AZOTE ( $\text{NO}_x$ )	PARTICULES ( $\text{PM}_{10}$ )	PARTICULES FINES ( $\text{PM}_{2.5}$ )	BENZÈNE	MONOXYDE DE CARBONE ( $\text{CO}$ )	DIOXYDE DE SOUFRE ( $\text{SO}_2$ )	PLOMB	ARSENIC	CADMIUM	NICKEL	BENZO(a) PYRÈNE
Valeur limite	Moyenne annuelle	-	40	30 <sup>(1)</sup>	40	25	5	-	20 <sup>(1)</sup>	0,5	-	-	-	-
	Moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	20 <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	50 <sup>(2)</sup>	-	-	-	125 <sup>(2)</sup>	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	200 <sup>(4)</sup>	-	-	-	-	-	350 <sup>(5)</sup>	-	-	-	-	-
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	-	40	-	30	10	2	-	50	0,25	-	-	-	-
	Moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 <sup>(9)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne horaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	6 000 <sup>(1)(8)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valeur cible	AOT 40	18 000 <sup>(1)(8)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Moyenne annuelle	-	-	-	-	20	-	-	-	0,006	0,005	0,02	0,001	
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 <sup>(7)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

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

	PARTICULES FINES $\text{PM}_{2,5}$		PARTICULES $\text{PM}_{10}$		OZONE $\text{O}_3$		DIOXYDE D'AZOTE $\text{NO}_2$		DIOXYDE DE SOUFRE $\text{SO}_2$		MONOXYDE DE CARBONE $\text{CO}$	CADMIUM	PLOMB
	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	Long terme (moy. annuelle)	Long terme (moy. annuelle)
Valeurs OMS	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>a</sup>	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>a</sup>	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>a</sup> (moy. sur 8h) 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>b</sup> (saison de pointe)	-	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (moy. horaire) 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>a</sup> (moy. sur 24h)	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (moy. sur 10 min) 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>a</sup> (moy. sur 24h)	-	100 $\text{mg}/\text{m}^3$ (moy. sur 15 min) 30 $\text{mg}/\text{m}^3$ (moy. horaire) 10 $\text{mg}/\text{m}^3$ (moy. sur 8h) 4 $\text{mg}/\text{m}^3$ <sup>a</sup> (moy. sur 24h)	5 $\text{ng}/\text{m}^3$	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

# Annexe 9 : 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<sub>2,5</sub>), 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<sub>2.5</sub> et PM<sub>10</sub>)** : 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 (NO<sub>2</sub>)** l'inhalation régulière de NO<sub>2</sub> peut aggraver les maladies respiratoires, telles que l'asthme, et rendre les individus plus vulnérables aux infections respiratoires.
- **L'ozone troposphérique (O<sub>3</sub>)** : 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 (SO<sub>2</sub>)** : 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'impacts 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. \[En ligne\]](#)



**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](mailto:contact@airpl.org)

**air** | pays de  
la loire  
[www.airpl.org](http://www.airpl.org)