



# Evaluation de la qualité de l'air à proximité de SÉCHÉ SÉNERVAL

Bilan des campagnes de mesures 2023-2024

## CONDITIONS DE DIFFUSION

---

Diffusion libre pour une réutilisation ultérieure des données dans les conditions ci-dessous :

- Les données produites par ATMO Grand Est sont accessibles à tous sous licence libre «**ODbL v1.0**».
- Sur demande, ATMO Grand Est met à disposition les caractéristiques des techniques de mesures et des méthodes d'exploitation des données mises en œuvre ainsi que les normes d'environnement en vigueur et les guides méthodologiques nationaux.
- ATMO Grand Est peut rediffuser ce document à d'autres destinataires.
- Rapport non rediffusé en cas de modification ultérieure des données.

## PERSONNES EN CHARGE DU DOSSIER

---

Rédaction : *Morgane KESSLER, Chargée d'études Unité Surveillance et Etudes Réglementaires*  
Relecture : *Pauline ROMAIN, Ingénieure d'études Unité Surveillance et Etudes Réglementaires*  
Approbation : *Bérénice JENNESON, Responsable Unité Surveillance et Etudes Réglementaires*

Référence du modèle de rapport : COM-FE-001\_8

Référence du projet : 900903

Référence du rapport : SURV-EN-1128

Date de publication : 12/08/2024

### **ATMO Grand Est**

Espace Européen de l'Entreprise – 5 rue de Madrid – 67300 Schiltigheim

Tél : 03 69 24 73 73

Mail : [contact@atmo-grandest.eu](mailto:contact@atmo-grandest.eu)

## SOMMAIRE

INTRODUCTION .....	1
1. METHODE ET MOYENS MIS EN OEUVRE .....	2
1.1. POLLUANTS ETUDIES .....	2
1.1.1. Oxydes d'azote .....	2
1.1.2. Particules de diamètre inférieur ou égal à 10 µm .....	3
1.1.3. Métaux lourds.....	4
1.1.4. Dioxyde de soufre .....	8
1.1.5. L'ammoniac .....	9
1.1.6. L'acide chlorhydrique et l'acide fluorhydrique .....	9
1.1.7. Dioxines et furannes .....	10
1.2. REGLEMENTATION ET LITTERATURE .....	13
1.3. METHODES DE MESURES.....	16
1.3.1. Les mesures dans l'air ambiant et dans les retombées atmosphériques totales .....	16
1.3.2. Les mesures des paramètres météorologiques .....	20
1.4. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE .....	20
1.4.1. Localisation des sites et mesures effectuées.....	20
1.4.2. Stratégie temporelle de prélèvement.....	22
1.5. LIMITE DE L'ETUDE .....	23
2. RESULTATS .....	24
2.1. CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....	24
2.1.1. Vents.....	24
2.1.2. Températures et pluviométrie .....	26
2.2. MESURES DANS L'AIR AMBIANT.....	30
2.2.1. Les oxydes d'azote.....	30
2.2.2. Les particules de diamètre inférieur à 10 µm PM <sub>10</sub> .....	35
2.2.3. Les métaux lourds dans les PM <sub>10</sub> .....	39

2.2.4.	Le dioxyde de soufre SO <sub>2</sub> .....	49
2.2.5.	L'ammoniac NH <sub>3</sub> .....	50
2.2.6.	L'acide chlorhydrique HCl.....	52
2.2.7.	L'acide fluorhydrique HF.....	53
2.3.	MESURES DES DIOXINES/FURANNES DANS LES RETOMBÉES ATMOSPHERIQUES TOTALES .....	53
3.	CONCLUSION .....	57

## INTRODUCTION

---

L'Eurométropole de Strasbourg a ouvert une consultation ayant pour objet l'étude de la qualité de l'air dans le périmètre de l'Unité de Valorisation (UVE) SECHE SENERVAL à Strasbourg.

ATMO Grand Est, en lien avec son projet associatif CAP 2030<sup>1</sup>, a répondu à cette consultation afin de poursuivre le déploiement de la surveillance de la qualité de l'air à proximité des UVE.

Une étude similaire avait été réalisée en 2019-2020 par ATMO Grand Est et fait l'objet du rapport PROJ-EN-507\_2 (publié le 30 mai 2021).

Cette étude de la qualité de l'air débutée en juin 2023, s'est déroulée sur 4 campagnes de mesures réparties jusqu'en mai 2024, sur 4 sites à proximité de l'UVE. Plusieurs polluants de l'air sont étudiés :

- Dans l'air ambiant : le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), les particules de diamètre inférieur ou égal à 10 µm (PM<sub>10</sub>), les métaux lourds, le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), l'acide chlorhydrique (HCl), l'acide fluorhydrique (HF) et l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) ;
- Dans les retombées atmosphériques totales : les dioxines/furannes et les métaux lourds.

L'étude a pour objectif de :

- Evaluer les niveaux de polluants dans l'environnement de l'UVE ;
- Comparer ces niveaux avec les valeurs de référence existantes (bibliographie ou issues d'autres campagnes de mesure) et avec la réglementation.

Le présent rapport est un bilan de cette année glissante de mesures, concaténant les résultats des 4 rapports SURV-EN-998, SURV-EN-1036, SURV-EN-1077 et SURV-1116 correspondant aux 4 campagnes de mesures.

---

<sup>1</sup> Axe 1 : Affirmer notre rôle de référent technique – Répondre aux besoins d'observation

# 1. METHODE ET MOYENS MIS EN OEUVRE

## 1.1. POLLUANTS ETUDIES

### 1.1.1. Oxydes d'azote

Les oxydes d'azote NO<sub>x</sub> proviennent surtout des véhicules et des installations de combustion. Ces émissions ont lieu principalement sous la forme de monoxyde d'azote NO (90 %) et dans une moindre mesure sous la forme de dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>.

Le NO présent dans l'air inspiré passe à travers les alvéoles pulmonaires, il se dissout dans le sang où il limite la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine. Les organes sont alors moins bien oxygénés. Le NO<sub>2</sub> pénètre dans les voies respiratoires profondes où il fragilise la muqueuse pulmonaire face aux agressions infectieuses, notamment chez les enfants. Aux concentrations observées habituellement, le dioxyde d'azote provoque une hyperactivité bronchique chez les personnes souffrant d'asthme. Des études épidémiologiques ont montré qu'une hausse des concentrations en dioxyde d'azote s'accompagnait notamment d'une augmentation du nombre de décès pour cause cardio-vasculaire.

Emissions des oxydes d'azote (source ATMO Grand Est Invent'air V2024)

Dans la région Grand Est, les émissions de NO<sub>x</sub> ont diminué depuis 1990 (facteur 3) et la tendance reste à la baisse. La baisse en 2020 est plus marquée en lien avec l'épidémie de COVID-19. Sur l'Eurométropole de Strasbourg, les deux secteurs prépondérants des émissions de NO<sub>x</sub> en 2021 sont le transport routier (53 %) et le résidentiel/tertiaire (20 %).

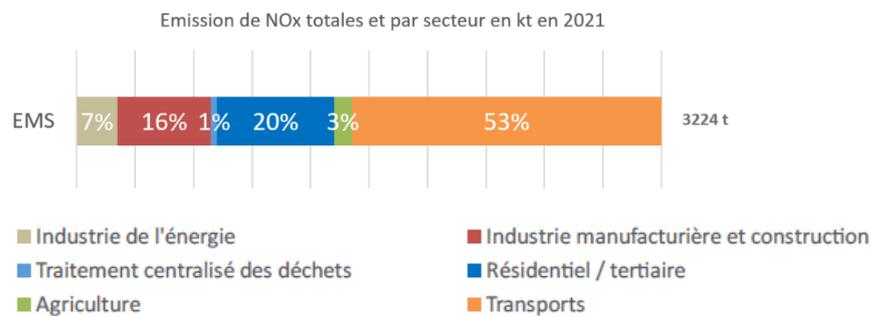


Figure 1 : Répartitions des émissions de NO<sub>x</sub> dans l'Eurométropole de Strasbourg en 2021

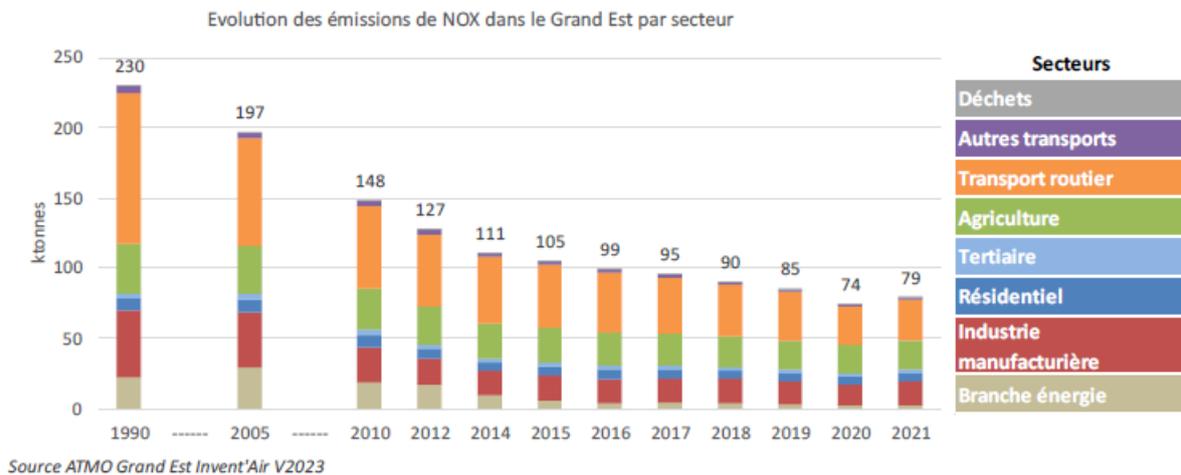


Figure 2 : Répartition et évolution des émissions de NOx dans le Grand Est de 1990 à 2021

### 1.1.2. Particules de diamètre inférieur ou égal à 10 µm

Les particules fines PM<sub>10</sub> pénètrent dans les voies respiratoires. Même à des concentrations très basses, les particules les plus fines peuvent, surtout chez l'enfant, irriter les voies respiratoires ou altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Elles sont liées aux hospitalisations et décès pour causes respiratoires et cardio-vasculaires.

Les particules fines interagissent avec les pollens pour accroître la sensibilité aux allergènes. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes. Dans l'environnement, les particules en suspension peuvent réduire la visibilité, et influencer le climat en absorbant et en diffusant la lumière. Ces composés, en se déposant, salissent et contribuent à la dégradation physique et chimique des matériaux, des bâtiments, des monuments, etc. A forte concentration, sur les feuilles des végétaux, ils peuvent limiter la photosynthèse.

Emissions des PM<sub>10</sub> (source ATMO Grand Est Invent'air V2023)

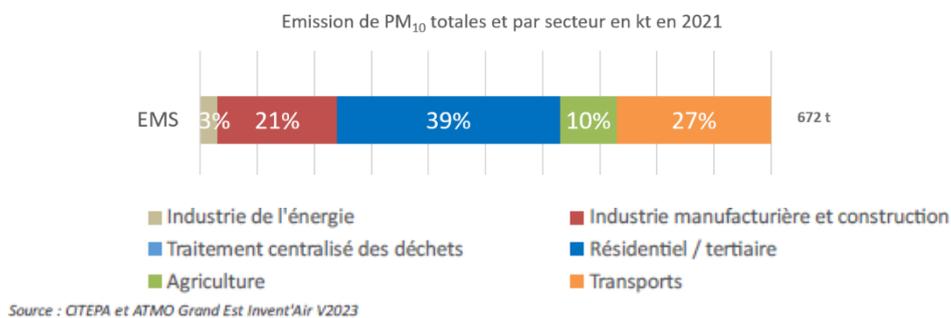


Figure 3 : Répartitions des émissions des PM<sub>10</sub> dans l'Eurométropole de Strasbourg en 2021

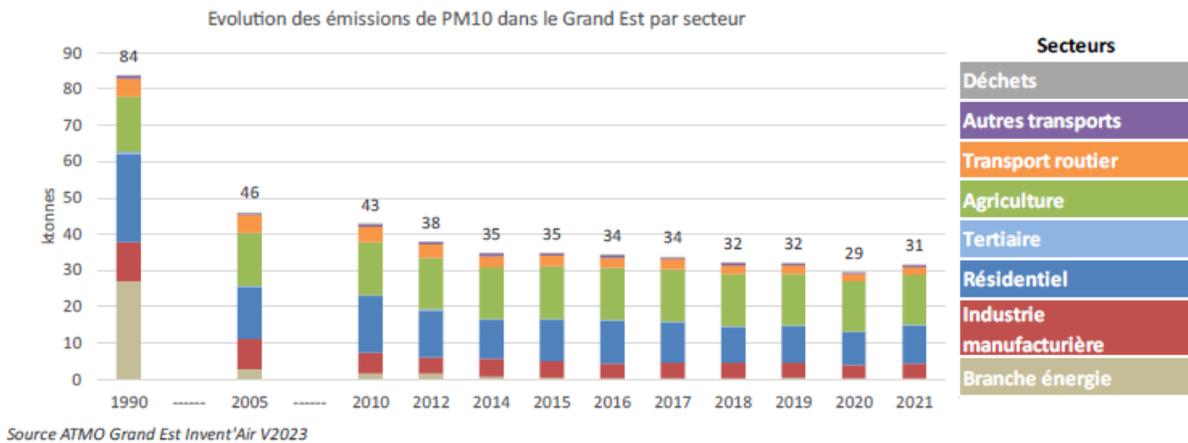


Figure 4 : Répartition et évolution des émissions de PM<sub>10</sub> dans le Grand Est de 1990 à 2021

De manière générale, les PM<sub>10</sub> proviennent essentiellement de phénomènes naturels (érosion éolienne) ou anthropiques (combustion, industrie, agriculture, transports).

Sur l'Eurométropole de Strasbourg en 2021, les deux principaux secteurs d'activité contributeurs aux émissions de particules PM<sub>10</sub> sont le résidentiel/tertiaire avec la consommation d'énergie biomasse des logements (39 %) et les transports (27 %).

Les rejets du Grand Est de particules PM<sub>10</sub> ont baissé de plus de 60 % depuis 1990 et sont quasi stables depuis 2018.

### 1.1.3. Métaux lourds

Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais généralement en quantités très faibles. On dit que les métaux sont présents « en traces ».

Les métaux lourds comprennent non seulement les métaux présents à l'état de trace (cadmium, cuivre, mercure, plomb, etc.), mais aussi des éléments non-métalliques, comme l'arsenic ou l'antimoine (métalloïdes). La plupart d'entre eux, sous forme d'oligo-éléments et à faible dose, sont nécessaires à la vie. Ils peuvent cependant se révéler très nocifs en quantités trop importantes. C'est le cas du fer (Fe), du cuivre (Cu), du zinc (Zn), du nickel (Ni), du cobalt (Co), du vanadium (V), du sélénium (Se), du molybdène (Mo), du manganèse (Mn), du chrome (Cr), de l'arsenic (As) et du titane (Ti). D'autres ne sont pas nécessaires à la vie et sont préjudiciables dans tous les cas, comme le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'antimoine (Sb). Les métaux lourds s'accumulent dans les organismes vivants et ont des effets toxiques à court et long terme. Certains, comme le cadmium, le chrome et le plomb, sont cancérigènes.

- **Le plomb** est un polluant particulièrement toxique pour la santé humaine. La principale voie d'absorption du plomb par l'organisme est digestive, par le lait, l'eau et les boissons. Les écailles de peinture, les poussières présentes en milieu domestique peuvent être ingérées par les jeunes enfants par portage main bouche. L'absorption pulmonaire peut jouer un rôle important pour les expositions professionnelles ou pour les personnes vivant sous les rejets atmosphériques d'entreprises polluantes, puisque 20 % à 30 % du plomb inhalé est absorbé par l'organisme. La toxicité causée à long terme par le plomb est communément appelée « saturnisme ». Elle peut avoir des effets sur les systèmes nerveux, hématopoïétique et cardiovasculaire. A forte dose, le plomb provoque des troubles neurologiques, hématologiques et rénaux. Il peut entraîner chez

l'enfant des troubles du développement cérébral, avec des perturbations psychologiques et des difficultés d'apprentissage scolaire. Le plomb est considéré potentiellement cancérigène pour l'homme.

- Chez l'homme, l'**arsenic** est absorbé à 95 % par voie orale et à 30 à 34 % par inhalation. La voie cutanée est une voie mineure d'absorption. L'inhalation à l'arsenic peut provoquer l'apparition de lésions cutanées et des troubles digestifs, le développement de cancers des voies respiratoires, ainsi qu'une augmentation du risque de mortalité par accident cardiovasculaire. La forme la plus toxique est l'arsenic inorganique qui s'accumule dans la peau, les cheveux et les ongles. A forte dose, il pourrait favoriser l'apparition de cancers des poumons, des reins, etc. L'union européenne a classé certains dérivés de l'arsenic comme « substances que l'on sait être cancérogènes pour l'homme ».
- Les deux principales voies d'absorption du **cadmium** sont l'inhalation et l'ingestion. Le cadmium se concentre principalement dans le foie et les reins (entre 50 % et 70 % de la charge totale) et peut provoquer des troubles de la respiration et des voies urinaires. L'exposition chronique entraîne l'apparition d'une néphropathie irréversible pouvant évoluer vers une insuffisance rénale. Il est classé comme agent cancérigène pour l'homme.
- Pour le **nickel**, il occasionne des perturbations intestinales, convulsions et asphyxie par ingestion d'une dose de 1 à 3 mg par kg de poids corporel. Par contact, les symptômes sont : démangeaisons, dermatites, asthme, inflammations. Par les voies respiratoires, on observe une élévation du nombre de cancers du poumon et des cavités nasales. Il est classé comme agent cancérigène pour l'homme.

#### Emissions des métaux lourds (source ATMO Grand Est Invent'air v2023)

Les métaux lourds sont émis lors de la combustion du charbon et du pétrole. Ils sont également issus de l'incinération des ordures ménagères et de certains procédés industriels. Quatre de ces métaux lourds sont concernés par la réglementation en raison de leur toxicité : le plomb, l'arsenic, le cadmium et le nickel. Ces composés se retrouvent principalement sous forme particulaire dans l'atmosphère. Les métaux toxiques proviennent de la combustion des charbons, pétroles, ordures ménagères... et de certains procédés industriels particuliers. Ils se trouvent généralement dans la phase particulaire, à l'exception du mercure, principalement gazeux.

*Pour cette étude, les métaux lourds suivants sont mesurés dans les retombées atmosphériques totales et dans l'air ambiant (sur PM<sub>10</sub>) : vanadium (V), chrome (Cr), manganèse (Mn), cobalt (Co), nickel (Ni), cuivre (Cu), arsenic (As), cadmium (Cd), antimoine (Sb), mercure (Hg), plomb (Pb), thallium (Tl), étain (Sn), sélénium (Se) et zinc (Zn).*

ATMO Grand Est réalise chaque année la description qualitative et quantitative des rejets d'une dizaine de métaux.

A l'échelle de l'Eurométropole de Strasbourg en 2021, les émissions de métaux sont principalement issues du secteur de l'énergie (As, Cd, Hg et Se) et des transports (Cu, Pb, Zn et Cr). Pour sa part, le secteur de l'industrie manufacturière et construction contribue jusqu'à 38 % des émissions selon les métaux lourds, et le secteur résidentiel jusqu'à 21 %

Les émissions en métaux ont diminué depuis 1990, notamment pour le plomb (facteur 50) et le nickel (facteur 11). Le cuivre et le zinc ont quant à eux vu une baisse moins forte (facteur 3). L'évolution des émissions en métaux se stabilise ou diminue légèrement ces dernières années.

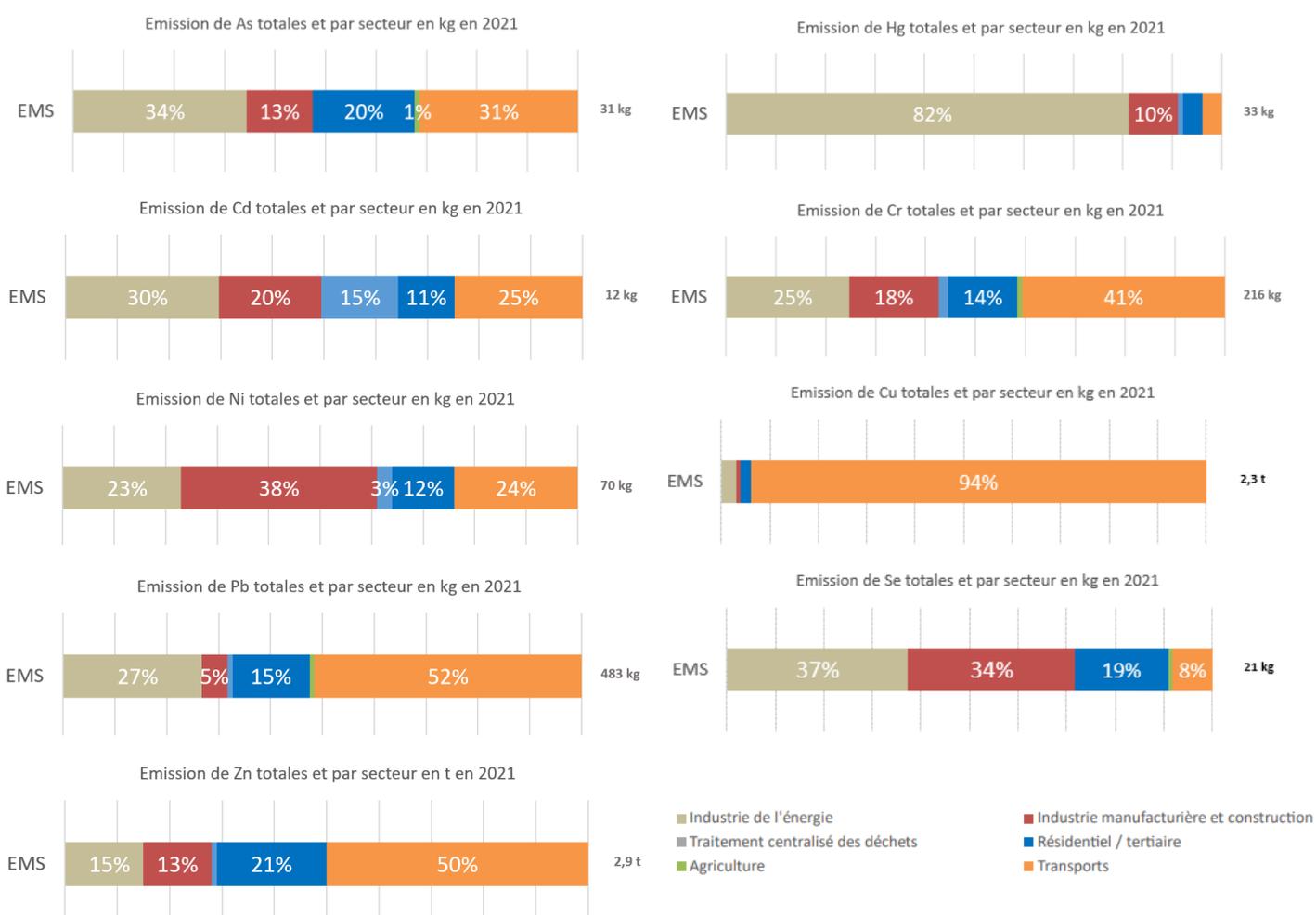
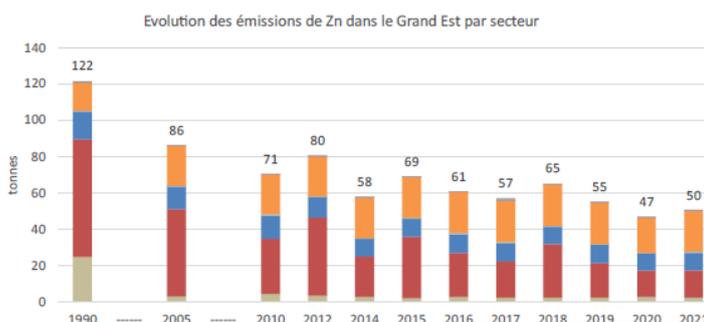
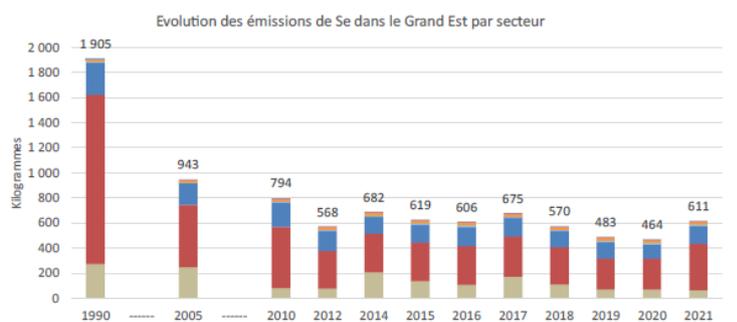
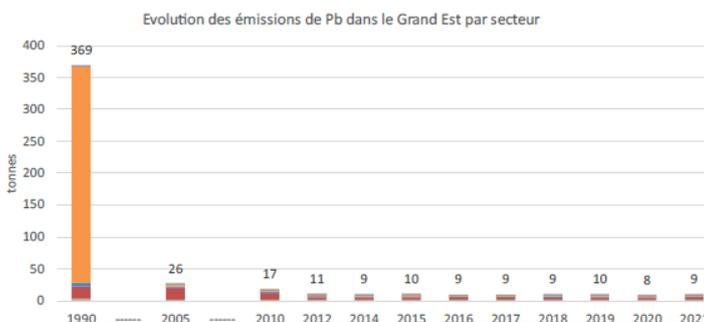
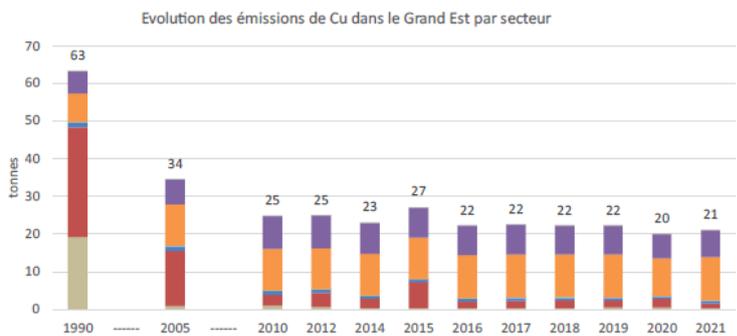
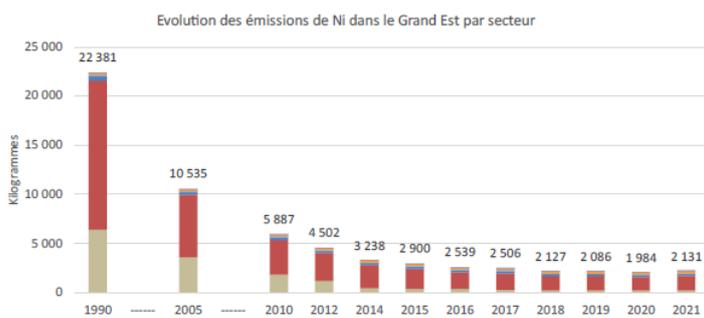
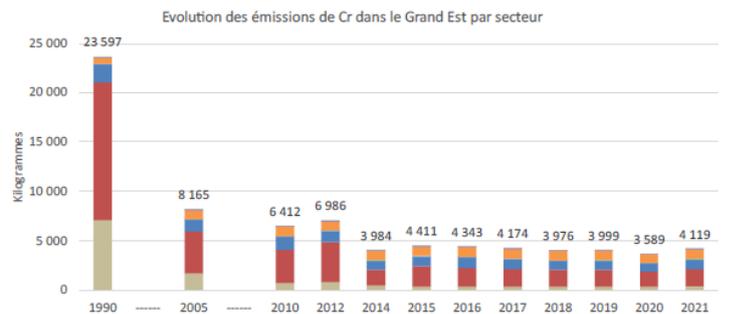
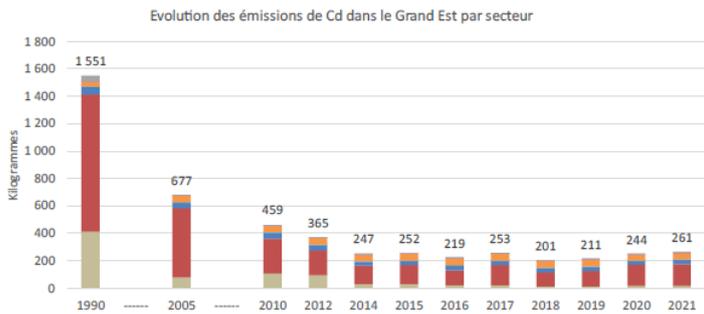
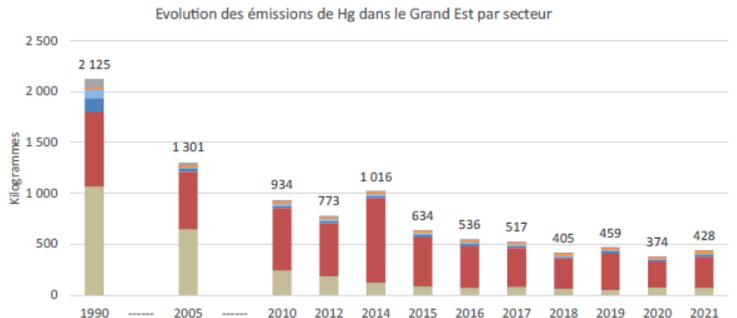
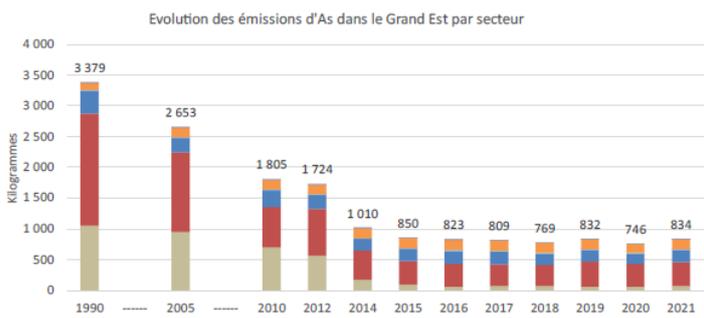


Figure 5 : Répartitions des émissions en arsenic, mercure, cadmium, chrome, nickel, cuivre, plomb, sélénium et zinc dans l'Eurométropole de Strasbourg en 2021



Source ATMO Grand Est Invent'Air V2022

Figure 6 : Répartition et évolution des émissions en arsenic, mercure, cadmium, chrome, nickel, cuivre, plomb, sélénium et zinc dans le Grand Est de 1990 à 2021

### 1.1.4. Dioxyde de soufre

Ce gaz provient essentiellement de la combustion des matières fossiles contenant du soufre (comme le fuel ou le charbon) et s'observe en concentrations légèrement plus élevées dans un environnement à forte circulation. Le dioxyde de soufre est un gaz irritant des muqueuses, de la peau et de l'appareil respiratoire. Des expositions courtes à des valeurs élevées ( $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) peuvent provoquer des affections respiratoires (bronchites, etc.) surtout chez les personnes sensibles. Comme tous les polluants, ses effets sont amplifiés par le tabagisme. Aux concentrations habituellement observées dans l'environnement, une part importante du dioxyde de soufre inhalé est arrêtée par les sécrétions muqueuses du nez et des voies respiratoires supérieures. Ce polluant, 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 concentrations en dioxyde de soufre s'accompagnait notamment d'une augmentation du nombre de décès pour cause cardio-vasculaire.

#### Emissions du SO<sub>2</sub> (source ATMO Grand Est Invent'air V2023)

Sur l'Eurométropole de Strasbourg en 2021, le secteur du résidentiel/tertiaire est le principal contributeur aux émissions de SO<sub>2</sub> (58 %), suivi par le secteur de l'industrie manufacturière et construction (25 %).

Les rejets régionaux de SO<sub>2</sub> ont baissé d'un facteur 19 depuis 1990 et sont quasi stables depuis 2016.

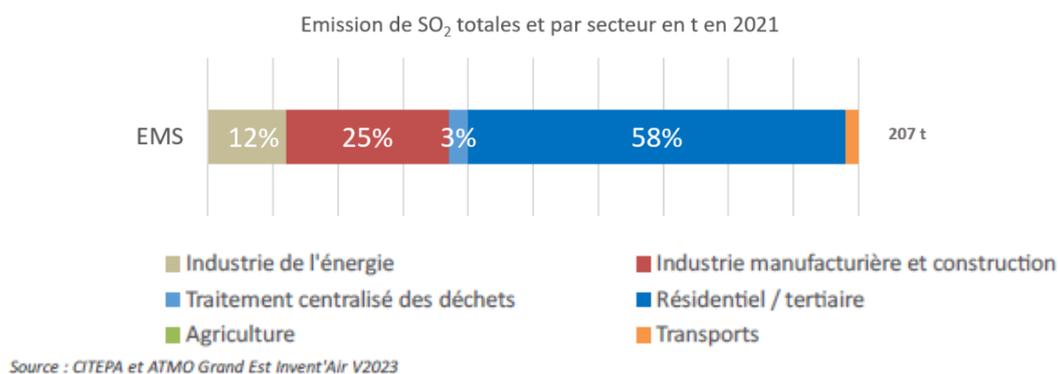


Figure 7 : Répartitions des émissions de SO<sub>2</sub> dans l'Eurométropole de Strasbourg en 2021

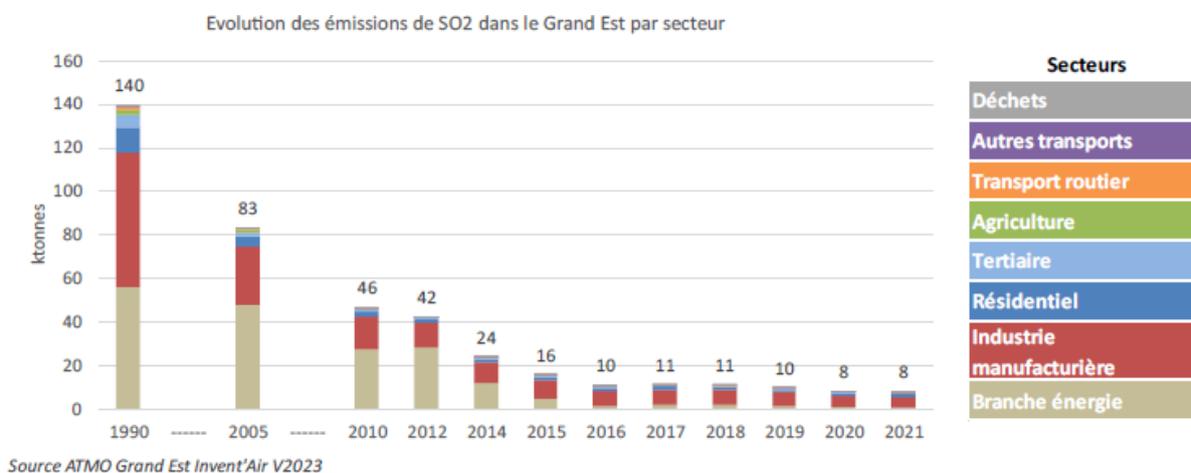


Figure 8 : Répartition et évolution des émissions de SO<sub>2</sub> dans le Grand Est de 1990 à 2021

### 1.1.5. L'ammoniac

L'ammoniac est un polluant essentiellement agricole, émis lors de l'épandage des lisiers provenant des élevages d'animaux, mais également lors de processus industriels (fabrication des engrais ammoniacés, de polymères, d'explosifs). Ce polluant a une action irritante sur les muqueuses oculaires (larmolement, cataracte, glaucome), sur la trachée et les bronches (toux, dyspnée, détresse respiratoire, œdème pulmonaire lésionnel). A terme, des séquelles respiratoires (fibrose pulmonaire) et oculaires (opacité cornéennes, cécité) sont possibles.

Emissions du NH<sub>3</sub> (source ATMO Grand Est Invent'air V2023)

Sur l'Eurométropole de Strasbourg en 2021, l'agriculture est le principal contributeur aux émissions de NH<sub>3</sub> (60 %), suivi par le résidentiel/tertiaire (16 %). Entre 1990 et 2021, les émissions sont quasi stables.

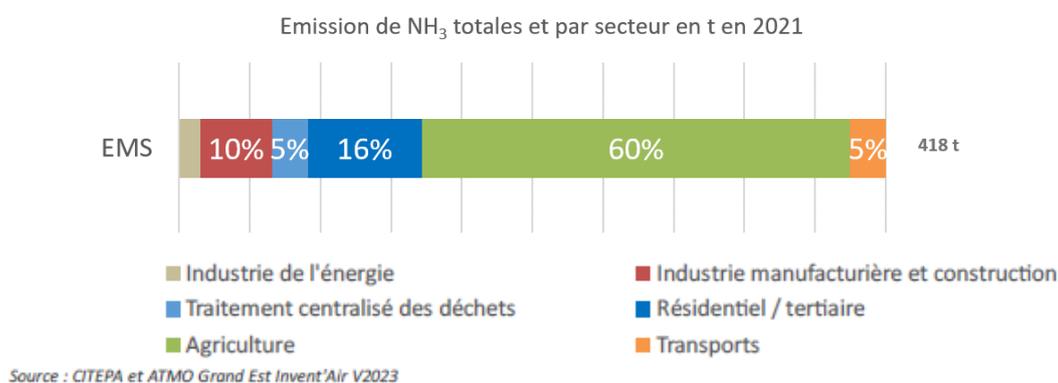


Figure 9 : Répartitions des émissions du NH<sub>3</sub> dans l'Eurométropole de Strasbourg en 2021

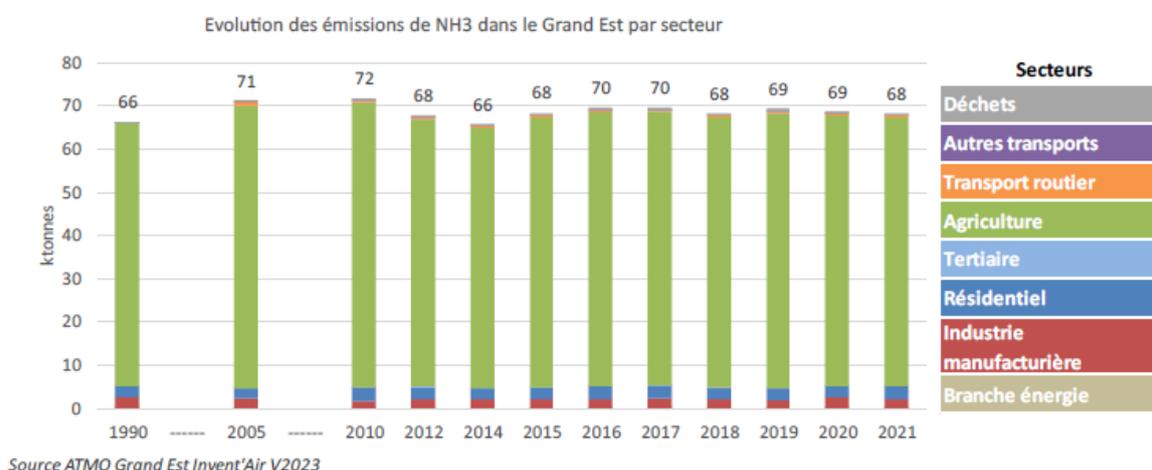


Figure 10 : Répartition et évolution des émissions de NH<sub>3</sub> dans le Grand Est de 1990 à 2021

### 1.1.6. L'acide chlorhydrique et l'acide fluorhydrique

L'acide chlorhydrique et l'acide fluorhydriques sont principalement émis par les installations de combustion (biomasse, déchets, charbon, etc.). Les cimenteries et verreries sont aussi émettrices d'acide chlorhydrique. Leur inhalation peut causer de la toux, la suffocation, l'inflammation des parois nasales, de la gorge et du système respiratoire. Dans les cas les plus graves, elle peut entraîner un œdème

pulmonaire, une défaillance du système cardiovasculaire et la mort. Une exposition excessive peut également causer de graves brûlures aux yeux.

ATMO Grand Est ne réalise pas d'inventaire annuel de l'acide chlorhydrique et de l'acide fluorhydrique.

### 1.1.7. Dioxines et furannes

Les dioxines regroupent deux grandes familles de composés : les polychlorodibenzoparadioxines (PCDD) et les polychlorodibenzofurannes (PCDF). Ces deux familles appartiennent à la classe des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques Halogénés (HPAH). Il s'agit de composés organo-chlorés, composés de deux cycles aromatiques, d'oxygènes et de chlores. Ils se forment essentiellement lors de processus chimiques industriels (i.e. synthèse de dérivés chlorés) ou de processus de combustion mal maîtrisés ou dont l'efficacité n'est pas maximale.



Figure 11 : Formule chimique des PCDD (gauche) et des PCDF (droite)

Les dioxines sont des composés présentant une **grande stabilité chimique**, qui augmente avec le nombre d'atomes de chlore. Peu volatiles, elles sont dispersées dans l'atmosphère sous la forme de très fines particules pouvant être transportées sur de longues distances par les courants atmosphériques. Peu solubles dans l'eau, elles ont en revanche une grande affinité pour les graisses. De ce fait, elles s'accumulent dans les tissus adipeux des animaux et des humains, notamment le lait. Elles se concentrent ainsi le long de la chaîne alimentaire et peuvent atteindre des concentrations supérieures aux objectifs recommandés pour les humains, les animaux d'élevage et la faune.

Il existe plus de 210 dioxines et furannes, 17 congénères sont reconnus comme particulièrement toxiques, avec une toxicité variable d'un congénère à l'autre. Les résultats des analyses du mélange de PCDD/PCDF sont généralement exprimés en utilisant le calcul d'une quantité toxique équivalente (I-TEQ : International-Toxic Equivalent Quantity).

Une exposition court terme à forte dose chez l'homme peut entraîner des lésions cutanées (chloracné) et une altération de la fonction hépatique. Une exposition prolongée peut endommager le système immunitaire, perturber les systèmes nerveux et endocrinien. La dioxine de Seveso (2,3,7,8 TCDD) est la seule dioxine reconnue cancérigène pour l'Homme, d'après le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC). Cependant, plusieurs autres dioxines sont reconnues comme étant tératogènes et induisant des baisses de la fertilité, ainsi que des troubles endocriniens.

La toxicité potentielle des 17 congénères est exprimée par rapport au composé le plus toxique (2,3,7,8-TCDD), en assignant à chaque congénère un coefficient de pondération appelé I-TEF (International - Toxic Equivalent Factor). Ainsi, on attribue à la molécule de référence un I-TEF égal à 1.

La **quantité toxique équivalente totale « Total I-TEQ »** est obtenue par la somme des concentrations de chaque congénère pondérée par leur TEF, et exprimée en  $\text{pg}^2\text{-TEQ/m}^2/\text{j}$ , soit :

---

<sup>2</sup> Picogramme :  $1 \text{ pg} = 10^{-12} \text{ g}$

$$\text{Total I-TEQ} = \sum (C_i \times \text{TEF}_i)$$

Où  $C_i$  et  $\text{TEF}_i$  sont la concentration et le TEF du congénère  $i$  contenu dans le mélange.

**La quantité toxique équivalente maximale I-TEQ MAX est calculée en utilisant les valeurs limites de détection pour les congénères non détectés, c'est-à-dire le cas le plus défavorable.**

Il existe deux systèmes de calcul de la toxicité I-TEQ (OTAN et OMS), celui retenu dans ce rapport est celui proposé par l'OMS (tableau 1). A savoir que depuis mars 2024, l'OMS propose des nouveaux coefficients d'équivalence toxique I-TEF (tableau 2), établis à partir d'une base de données plus complète que lors des précédentes études et en actualisant la méthode de calcul<sup>3,4</sup>.

Pour cette étude, les 17 congénères de dioxines et furannes classés toxiques sont mesurés dans les retombées atmosphériques.

Congénère	I-TEF	Congénère	I-TEF
Dioxines		Furannes	
2,3,7,8 TCDD	1	2,3,7,8 TCDF	0,1
1,2,3,7,8 PeCDD	1	1,2,3,7,8 PeCDF	0,05
1,2,3,4,7,8 HxCDD	0,1	2,3,4,7,8 PeCDF	0,5
1,2,3,6,7,8 HxCDD	0,1	1,2,3,4,7,8 HxCDF	0,1
1,2,3,7,8,9 HxCDD	0,1	1,2,3,6,7,8 HxCDF	0,1
1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	0,01	2,3,4,6,7,8 HxCDF	0,1
OCDD	0,0001	1,2,3,7,8,9 HxCDF	0,1
		1,2,3,4,6,7,8 HpCDF	0,01
		1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	0,01
		OCDF	0,0001

Tableau 1 : Facteur international d'équivalence toxique (I-TEF) pour les 17 congénères de dioxines/furannes (système OMS 1998)

Congénère	I-TEF	Congénère	I-TEF
Dioxines		Furannes	
2,3,7,8 TCDD	1	2,3,7,8 TCDF	0,07
1,2,3,7,8 PeCDD	0,4	1,2,3,7,8 PeCDF	0,01
1,2,3,4,7,8 HxCDD	0,09	2,3,4,7,8 PeCDF	0,1
1,2,3,6,7,8 HxCDD	0,07	1,2,3,4,7,8 HxCDF	0,3
1,2,3,7,8,9 HxCDD	0,05	1,2,3,6,7,8 HxCDF	0,09
1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	0,05	2,3,4,6,7,8 HxCDF	0,1
OCDD	0,001	1,2,3,7,8,9 HxCDF	0,2
		1,2,3,4,6,7,8 HpCDF	0,02
		1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	0,1
		OCDF	0,002

Tableau 2 : Facteur international d'équivalence toxique (I-TEF) pour les 17 congénères de dioxines/furannes (système OMS 2022)

<sup>3</sup> Article de l'OMS « WHO expert consultation on updating the 2005 toxic equivalency factors for dioxin like compounds, including some polychlorinated biphenyls », 15 mars 2024, <https://www.who.int/news/item/15-03-2024-who-expert-consultation-on-updating-the-2005-toxic-equivalency-factors-for-dioxin-like-compounds-including-some-polychlorinated-biphenyls>

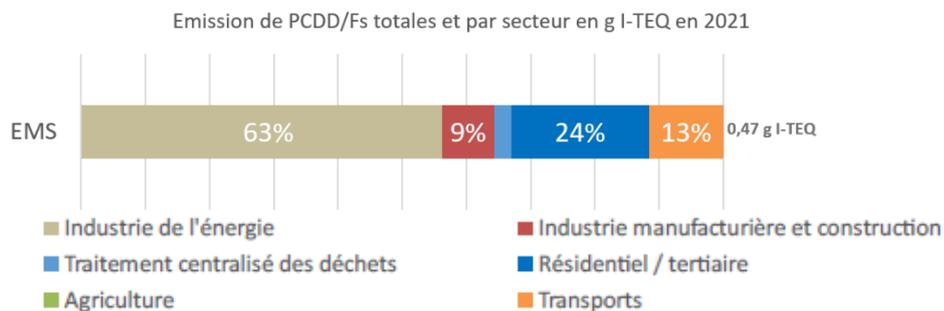
<sup>4</sup> The 2022 world health organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for polychlorinated dioxins, dibenzofurans and biphenyls, Michael De Vito et al., Regulatory Toxicology and Pharmacology, janvier 2024

Emissions des dioxines/furannes (source ATMO Grand Est Invent'air V2023)

Les émissions de dioxines proviennent de procédés industriels divers faisant intervenir la combustion incomplète de dérivés aromatiques chlorés ou impliquant la synthèse de dérivés chlorés (incinération des déchets, fonderie, métallurgie, sidérurgie, brûlage de câbles, fabrication d'herbicides et de pesticides, etc.). La pratique de l'écobuage des végétaux et la combustion de bois pour le chauffage résidentiel sont également à l'origine d'émissions de dioxines. La formation de dioxines peut résulter également d'événements naturels comme les éruptions volcaniques et les feux de forêt.

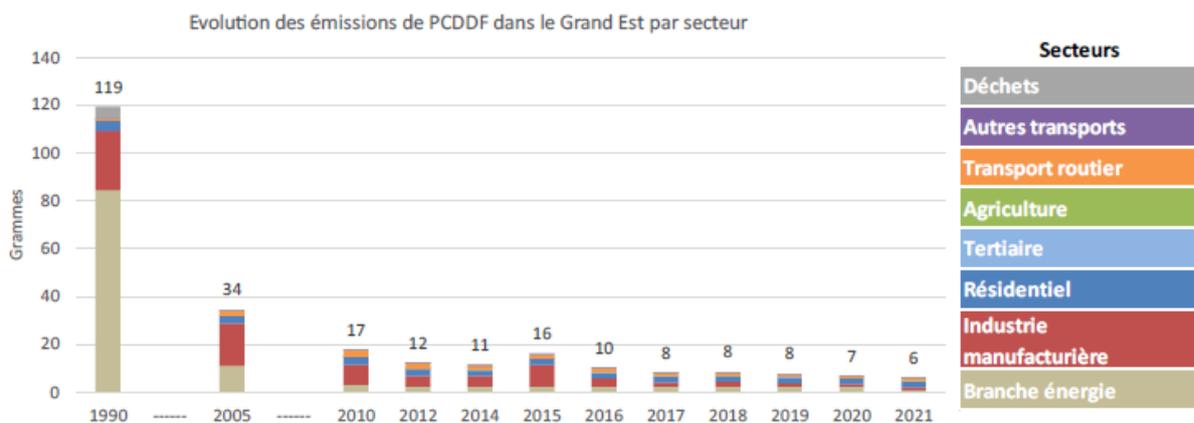
Dans la région Grand Est, les émissions de PCDD/Fs ont fortement diminué depuis 1990 (facteur 17). Les émissions se sont stabilisées à 8 g/an entre 2017 et 2019 puis ont diminué à 7 g/an sur l'année 2020, puis à 6 g/an en 2021.

Dans l'Eurométropole de Strasbourg, les deux secteurs prépondérants des émissions de PCDD/Fs en 2021 sont l'industrie de l'énergie (63 %) et le résidentiel/tertiaire (24 %).



Source : CITEPA et ATMO Grand Est Invent'Air V2023

Figure 12 : Répartition des émissions en PCDD/Fs dans l'Eurométropole de Strasbourg en 2021



Source ATMO Grand Est Invent'Air V2023

Figure 13 : Répartition et évolution des émissions des PCCD/Fs dans le Grand Est de 1990 à 2021

Remarque : les émissions des UVE sont comprises dans le secteur de l'énergie.

## 1.2. REGLEMENTATION ET LITTERATURE

### Polluants réglementés

La réglementation en vigueur en 2023, pour les polluants qui seront évalués au cours de l'étude, ainsi que les lignes directrices définies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) sont présentées dans les tableaux suivants :

Polluants	Valeurs limites	Objectifs de qualité (moyennes annuelles)	Valeurs cibles (moyennes annuelles)	Seuil information / recommandations	Seuils d'alerte	Niveaux critiques
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	En moyenne annuelle : 40 µg/m <sup>3</sup> En moyenne horaire : 200 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 18 heures par an	40 µg/m <sup>3</sup>	/	En moyenne horaire : 200 µg/m <sup>3</sup>	En moyenne horaire : • 400 µg/m <sup>3</sup> dépassé sur 3 heures consécutives • 200 µg/m <sup>3</sup> si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain	/
Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> )	/	/	/	/	/	En moyenne annuelle (équivalent NO <sub>2</sub> ) : 30 µg/m <sup>3</sup> (protection de la végétation)
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	En moyenne journalière : 125 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 3 jours par an En moyenne horaire : 350 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 24 heures par an	50 µg/m <sup>3</sup>	/	En moyenne horaire : 300 µg/m <sup>3</sup>	En moyenne horaire sur 3 heures consécutives : 500 µg/m <sup>3</sup>	En moyenne annuelle hivernale : 20 µg/m <sup>3</sup> (protection de la végétation)
Plomb (Pb)	En moyenne annuelle : 0,5 µg/m <sup>3</sup>	0,25 µg/m <sup>3</sup>	/	/	/	/
Particules de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres (PM <sub>10</sub> )	En moyenne annuelle : 40 µg/m <sup>3</sup> En moyenne journalière : 50 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 35 jours par an	30 µg/m <sup>3</sup>	/	En moyenne journalière : 50 µg/m <sup>3</sup>	En moyenne journalière : 80 µg/m <sup>3</sup>	/
Arsenic (As)	/	/	6 ng/m <sup>3</sup>	/	/	/
Cadmium (Cd)	/	/	5 ng/m <sup>3</sup>	/	/	/
Nickel (Ni)	/	/	20 ng/m <sup>3</sup>	/	/	/

*Tableau 3 : Valeurs réglementaires issues du décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 portant application de la Directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe et reprenant pour partie des éléments définis dans la directive 2004/107/CE du parlement Européen et du Conseil du 15 décembre 2004, concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant*

POLLUANTS µg/m <sup>3</sup>	Durée d'exposition			
	10 mn	1h	24h	1 an
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )		200	25	10
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	500		40	
Plomb (Pb)				0,5
Particules de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres (PM <sub>10</sub> )			45	15

Tableau 4 : Recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) relatives à la qualité de l'air – Mise à jour 2021 (en µg/m<sup>3</sup>)

**VALEUR LIMITE** : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

**VALEUR CIBLE** : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

**OBJECTIF DE QUALITÉ** : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

**NIVEAU CRITIQUE** : niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques, au-delà duquel des effets nocifs directs peuvent se produire sur certains récepteurs, tels que les arbres, les autres plantes ou écosystèmes naturels, à l'exclusion des êtres humains.

**SEUIL D'INFORMATION ET DE RECOMMANDATIONS** : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.

**SEUIL D'ALERTE** : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

### Polluants non-réglés

#### Métaux lourds dans les PM<sub>10</sub> :

Des statistiques pour les métaux lourds dans les PM<sub>10</sub> ont été produits à partir base de données française de l'air ambiant Geod'Air (données des différentes Associations de surveillance de la qualité de l'air), disponible sur des fiches polluants de l'INERIS<sup>5</sup>.

Environnements	Concentration moyenne en arsenic (ng/m <sup>3</sup> )	Nombre de station de mesures
Urbain	0,1	18
Périurbain	0,07	5
Industriel	0,4	18
Trafic	0,31	2

Tableau 5 : Valeurs de fond d'arsenic sur les PM<sub>10</sub> mesuré en France (base Geod'Air)

<sup>5</sup> <https://www.ineris.fr/fr/surveillance-air-autour-installations-classees-retombees-emissions-atmospheriques-impacts-activites>

Environnements	Concentration moyenne en cadmium (ng/m <sup>3</sup> )	Nombre de station de mesures
Urbain	0,2	19

Tableau 6 : Valeurs de fond de cadmium sur les PM<sub>10</sub> mesuré en France (base Geod'Air)

Environnements	Concentration moyenne en chrome (ng/m <sup>3</sup> )	Nombre de station de mesures
Urbain	3,6	2
Industriel	1,3	1

Tableau 7 : Valeurs de fond de chrome sur les PM<sub>10</sub> mesuré en France (base Geod'Air)

Environnements	Concentration moyenne en nickel (ng/m <sup>3</sup> )	Nombre de station de mesures
Urbain	1,7	18
Périurbain	1	5
Rural	0,4	7
Industriel	6,2	19
Trafic	1	2

Tableau 8 : Valeurs de fond de nickel sur les PM<sub>10</sub> mesuré en France (base Geod'Air)

Environnements	Concentration moyenne en plomb (ng/m <sup>3</sup> )	Nombre de station de mesures
Zone industrielle	4 (0,004 µg/m <sup>3</sup> )	20

Tableau 9 : Valeurs de fond de plomb sur les PM<sub>10</sub> mesuré en France (base Geod'Air)

### Ammoniac (NH<sub>3</sub>) :

Actuellement le NH<sub>3</sub> n'est pas réglementé dans l'air ambiant en France. Aux Etats-Unis, l'Agence de Protection de l'Environnement (EPA) estime qu'une exposition à 100 µg/m<sup>3</sup> d'ammoniac pendant toute une vie n'induit aucun effet sur la santé (il s'agit de la « valeur de référence par inhalation »).

L'ANSES (2018) a validé trois Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) pour une exposition au NH<sub>3</sub> par inhalation et les effets respiratoires sur l'homme :

Pour une exposition aiguë sur une durée de 24 heures : 5 900 µg/m<sup>3</sup>.

Pour une exposition subchronique : il est recommandé d'utiliser la valeur d'exposition chronique de 500 µg/m<sup>3</sup> établie par l'agence de protection environnementale américaine.

Pour une exposition chronique : 500 µg/m<sup>3</sup> provenant également de l'agence américaine.

Il existe par ailleurs deux valeurs seuils concernant la protection de la végétation :

- Limite annuelle pour la protection de la végétation sensible (lichens, bryophytes) : 1 µg/m<sup>3</sup>,
- Limite annuelle pour la protection de la végétation totale : 3 µg/m<sup>3</sup>.

## Dioxines et furannes dans les retombées atmosphériques totales :

Pour les dioxines et furannes, il n'existe pas de niveau réglementaire dans le cadre des retombées atmosphériques. Cependant, des valeurs typiques peuvent servir de référence aux résultats de mesures, répertoriées dans le document d'accompagnement du Guide sur la surveillance dans l'air autour des installations classées<sup>6</sup> :

Typologie	Dépôts atmosphériques totaux en PCDD/Fs (pg I-TEQ/m <sup>2</sup> /j)
Bruit de fond urbain et industriel	0-5
Environnement impacté par des activités anthropiques	5-16
Proximité d'une source	>16

Tableau 10 : Niveaux de dépôts atmosphériques totaux de PCDD/Fs de référence (BRGM, 2011)

Typologie	Dépôts totaux en PCDD/Fs (pg I-TEQ/m <sup>2</sup> /j)	
	Moyenne	Médiane
Bruit de fond rural	1,7	1,6
Bruit de fond urbain	3	2
A plus de 500 m sous le vent de l'UIOM	2,8	2,1
Entre 100 et 500 m sous le vent de l'UIOM	3,6	3,3
A moins de 100 m sous le vent de l'UIOM	15,7	6,9

Tableau 11 : Niveaux de dépôts atmosphériques totaux de dioxines/furannes de référence (INERIS, 2012)

Des valeurs de référence ont également été produites par ATMO Grand Est à partir des mesures effectuées par l'association de 2020 à 2023. Elles sont répertoriées dans le document SURV-EN-1000\_2<sup>7</sup> (dioxines et furannes, concentrations en équivalent toxique et concentrations massiques) et en annexe 2.

## 1.3. METHODES DE MESURES

### 1.3.1. Les mesures dans l'air ambiant et dans les retombées atmosphériques totales

Les méthodes et normes de prélèvement et analyse ainsi que le laboratoire d'analyse pour chaque polluant sont décrits dans le tableau suivant :

<sup>6</sup> Rapport d'étude n° DRC-13-136338-06193C de l'INERIS et du BRGM

<sup>7</sup> Surveillance des dioxines et furannes dans les retombées atmosphériques totales à proximité des incinérateurs par ATMO Grand Est Etat des lieux et statistiques - 2024

Polluants	Méthode de prélèvement	Norme associée	Laboratoire d'analyse
Oxydes d'azote (NOx)	Analyseur automatique (pour le NO <sub>2</sub> et le NO)	NF EN 14211 - Air ambiant - Méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en dioxyde d'azote et monoxyde d'azote par chimiluminescence	/
	Tube passif (pour le NO <sub>2</sub> )	NF EN 16339 - Air ambiant - Méthode pour la détermination de la concentration du dioxyde d'azote au moyen d'échantillonneurs par diffusion	LASAIR
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	Tube passif		ICSM
Ammoniac (NH <sub>3</sub> )	Tube passif	NF EN 17346 - Air ambiant - Méthode normalisée pour la détermination de la concentration en ammoniac au moyen d'échantillonneurs par diffusion	LASAIR
Particules de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres (PM <sub>10</sub> )	Analyseur automatique	NF EN 16450 29 Avril 2017- Air ambiant – Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM <sub>10</sub> ; PM <sub>2,5</sub> ).	/
	Préleveur actif	NF EN 12341 - Air ambiant - Méthode normalisée de mesurage gravimétrique pour la détermination de la concentration massique MP10 ou MP2.5 de matière particulaire en suspension	Micropolluants Technologie
Métaux lourds sur PM <sub>10</sub>	Préleveur actif	NF EN 14902 - Qualité de l'air ambiant - Méthode normalisée de mesure du plomb, du cadmium, de l'arsenic et du nickel dans la fraction MP10 de matière particulaire en suspension	Micropolluants Technologies
Acide chlorhydrique (HCl)	Tube passif		ICSM
Acide fluorhydrique (HF)	Tube passif		ICSM
Dioxines et furannes dans les retombées atmosphériques totales	Jauge Owen	NF X 43-014 - Air ambiant - Détermination des retombées atmosphériques totales - Échantillonnage - Préparation des échantillons avant analyses	Micropolluants Technologies

Tableau 12 : Méthodes de prélèvements/mesures et normes associées

## Analyseurs automatiques

Dans cette étude, les analyseurs automatiques ont été employés pour la mesure du NO<sub>2</sub>/NO et des PM<sub>10</sub>.

Les analyseurs présents dans un moyen mobile ou une station fixe du réseau ATMO Grand Est permettent de réaliser un suivi en continu, 24h/24 et 7j/7, de différents polluants réglementés avec une qualité de données identique à celles exigées pour les mesures fixes dans la Directive 2008/50/CE, en termes d'incertitudes sur les mesures (15 % pour le NO<sub>2</sub>, 25 % pour les PM<sub>10</sub> ...).



Figure 14 : Unité mobile (droite) et station fixe du réseau ATMO Grand Est (gauche) dotées d'analyseurs automatiques

### Tubes passifs

Dans cette étude, les prélèvements par tubes passifs ont été employés pour la mesure des polluants suivants : **NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, HCl et HF**.

Le principe de fonctionnement de ce mode de prélèvement est basé sur celui de la diffusion passive de molécules sur un absorbant (support solide imprégné de réactif chimique) adapté au piégeage spécifique du polluant gazeux. La quantité de molécules piégées est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement et est déterminée par analyse des échantillons différée en laboratoire.



Figure 15 : Tube de prélèvement passif et son support

### Préleveurs actifs

Dans cette étude, les prélèvements par préleveurs actifs ont été employés pour la mesure des **PM<sub>10</sub>** et des **métaux lourds** sur **PM<sub>10</sub>**.

Les particules contenues dans un volume dosé d'air sont recueillies sur les filtres de préleveurs. L'air est aspiré à travers une tête de prélèvement spécifique à la fraction recherchée. Les particules de diamètre supérieur à 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>), sont impactées sur de la graisse de silicone et sont donc éliminées. Les particules restantes suivent le flux d'air pour être collectées sur le filtre, ce dernier étant analysé ensuite en laboratoire.



Figure 16 : Préleveur actif LECKEL

### Jauges Owen

*Dans cette étude, les prélèvements par jauges seront employés pour la mesure des **dioxines et furannes dans les retombées atmosphériques totales**.*

*La contamination de l'homme par les dioxines/furannes se faisant majoritairement via la chaîne alimentaire, les retombées atmosphériques totales sont la matrice de référence pour mesurer les dioxines et furannes.*

La détermination des retombées atmosphériques totales est réalisée au moyen de collecteurs de précipitation selon une technique normalisée. La surface d'exposition des jauges est parfaitement connue, ce qui permet d'évaluer la quantité de dépôts atmosphériques sur une surface donnée.

La durée de prélèvement est relativement longue afin que les concentrations mesurées soient supérieures au seuil de détection analytique : 1 mois/prélèvement. Cette technique nécessite l'installation d'un matériel normalisé. Afin de limiter le développement d'algues ainsi que la photodégradation des analytes, les jauges sont protégées par un film opaque.



Figure 17 : Jauge Owen en verre et son support

### Qualité :

Des blancs de terrains sont mis en place sur chacune des phases de mesures pour les prélèvements passifs, afin de s'affranchir d'une éventuelle contamination des échantillons. Des triplicats sont également réalisés pour les prélèvements par tubes passifs sur une campagne sur deux.

### **1.3.2. Les mesures des paramètres météorologiques**

Les niveaux en polluants peuvent varier fortement sur une courte durée, ces variations étant, en partie, liées aux phénomènes météorologiques qui contrôlent la dispersion des polluants ou au contraire leur accumulation.

Dans le cadre de cette étude, les paramètres suivants sont employés pour aider à l'interprétation : vitesse et direction du vent, température, précipitations et humidité relative.

Les données utilisées proviennent de l'unité mobile installée au nord de l'UVE (vitesse et direction des vents, températures) et de la station météorologique du réseau Météo France d'Entzheim (précipitations).

## **1.4. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE**

### **1.4.1. Localisation des sites et mesures effectuées**

Les localisations des quatre sites de mesures, leur distance par rapport à l'UVE et leur typologie sont présentées sur la figure 18 et le tableau 8.

Les points ont été sélectionnés en fonction de l'étude de modélisation du panache de SENERVAL (étude de l'Aspa « Usine d'incinération de Strasbourg : SENERVAL - Analyse de l'impact de l'usine d'incinération d'ordures ménagères sur la qualité de l'air » de décembre 2014, cf carte en Annexe 1) :

- Deux points ont été placés dans des zones théoriquement fortement impactées par les activités de l'UVE ;
- Les deux autres ont été placés dans des zones théoriquement peu impactées par les activités de l'UVE (points témoins).



Figure 18 : Localisation des sites de mesures par rapport à l'UVE SENERVAL

Nom du site	Typologie	Adresse	Coordonnées (degrés décimaux)	Distance à l'UVE SENERVAL
UVE Nord	Influence industrielle (SENERVAL + autres industries du port du Rhin)	Parking de Gondrand, rue de Bayonne	Long. : 7,793281 Lat. : 48,532337	1,6 km
UVE Sud	Influence industrielle (SENERVAL + autres industries du port du Rhin)	Site de Punch Powerglide, 81 rue de la Rochelle	Long. : 7,782847 Lat. : 48,515178	0,6 km
Strasbourg Nord (Robertsau)*	Influence urbaine de fond (témoin)	Groupe scolaire de la Niederau, 12 rue de la papeterie	Long. : 7,781631 Lat. : 48,610363	10,2 km
Geispolsheim*	Influence périurbaine de fond (témoin)	Tennis Association Geispolsheim, 1 allée du Stade	Long. : 7,687819 Lat. : 48,5157	7,4 km

\*Sites correspondant à des stations du réseau d'ATMO Grand Est

Tableau 13 : Localisation des sites de mesures et distance à l'UVE

Les sites UVE Nord, UVE Sud et Strasbourg Nord sont les mêmes que ceux de l'étude réalisée par ATMO Grand Est en 2019-2020.

#### Remarque concernant la mesure des NO<sub>x</sub> et PM<sub>10</sub> :

Les NO<sub>x</sub> et les PM<sub>10</sub> ont été mesurés avec des méthodes de prélèvement différentes en fonction des sites :

- Les sites UVE Nord et Strasbourg Nord sont équipés d'analyseurs automatiques pour mesurer le NO<sub>2</sub>, le NO et les PM<sub>10</sub>, permettant d'obtenir des données horaires ;
- Les sites UVE Sud et Geispolsheim sont équipés de préleveurs actifs pour la mesure des PM<sub>10</sub> et de tubes passifs pour la mesure du NO<sub>2</sub>, permettant d'accéder à des moyennes de concentrations sur les périodes de prélèvement.

#### 1.4.2. Stratégie temporelle de prélèvement

Les prélèvements ont lieu sur 4 périodes au cours de l'année glissante 2023-2024, représentatives des variations saisonnières, précisées dans le tableau suivant :

Dénomination campagne	Saison dominante de la campagne de mesures	Dates des mesures avec les analyseurs automatiques	Dates des mesures avec les préleveurs actifs/tubes passifs	Dates de mesures avec les jauges Owen
C1	Eté	2 au 16 juin 2023	2 au 16 juin 2023	6 au 30 juin 2023
C2	Automne	28 août au 2 novembre 2023	4 au 18 octobre 2023	2 octobre au 2 novembre 2023
C3	Hiver	20 décembre 2023 au 8 février 2024	10 au 24 janvier 2024	10 janvier au 8 février 2024
C4	Printemps	18 mars au 23 avril 2024	8 au 22 avril 2024	8 avril au 6 mai 2024

Tableau 14 : Dates des campagnes de mesures

Ils visent à respecter la couverture minimale requise par la directive 2008/50/CE pour des mesures indicatives :

- Pour tous les polluants exceptés le dioxines et furannes, les prélèvements se feront sur 4 périodes de 14 jours (15 % de couverture de l'année),
- Pour les dioxines et furannes dans les retombées atmosphériques totales, les prélèvements se feront sur 4 périodes de 30 jours (33 % de couverture de l'année).

En fonction des polluants et des supports de prélèvements associés, les périodes de mesures varient afin de respecter les normes et les recommandations des constructeurs :

Polluants	Méthode de prélèvement	Temporalité des prélèvements pour une phase de mesures
Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> )	Analyseur automatique (pour le NO <sub>2</sub> et le NO)	14 jours en continu (données horaires)
	Tube passif (pour le NO <sub>2</sub> )	14 jours
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	Tube passif	2 x 7 jours
Ammoniac (NH <sub>3</sub> )	Tube passif	14 jours
Particules de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres (PM <sub>10</sub> )	Analyseur automatique	14 jours en continu (données horaires)
	Préleveur actif	2 x 7 jours
Métaux lourds sur PM <sub>10</sub>	Préleveur actif	2 x 7 jours
Acide chlorhydrique (HCl)	Tube passif	7 x 2 jours (ou 3 jours lorsque week-end)
Acide fluorhydrique (HF)	Tube passif	14 jours
Dioxines et furannes dans les retombées atmosphériques totales	Jauge Owen	30 jours

Tableau 15 : Temporalités de prélèvement pour les différents polluants

## 1.5. LIMITE DE L'ETUDE

L'étude est limitée à une investigation concernant l'un des maillons du cycle de la pollution de l'air, celui de la qualité de l'air.

Compte tenu des périodes et de la fréquence des mesures, l'étude, permet de qualifier les niveaux observés en regard des normes annuelles de qualité de l'air pour les polluants réglementés.

## 2. RESULTATS

### 2.1. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

#### 2.1.1. Vents

Le vent contrôle la dispersion des polluants. Il intervient tant par sa direction pour orienter les panaches de pollution que par sa vitesse pour diluer et entraîner les émissions de polluants. Une absence de vent ou des vents faibles (< 1,5 m/s) contribuera à l'accumulation de polluants près des sources et inversement.

A noter que lorsque les polluants sont transportés dans une direction donnée, il est possible que le site le plus impacté ne soit pas forcément le plus proche de la source. Cela dépend de paramètres tels que : la vitesse et la fréquence des vents, les précipitations, les caractéristiques physiques des polluants, etc.

Les tableaux suivants présentent les typologies théoriques de niveau d'exposition des différents sites par rapport à l'UVE en fonction des vents (vitesse et direction) et de leur distance à l'UVE, et également les roses des vents correspondantes.

- *Impact principal* : forte occurrence de vent rabattant le panache de l'installation vers le site de mesures et/ou forte influence de la diffusion des émissions
- *Impact secondaire/tertiaire* : occurrence moindre de vent en direction du site de mesures ou forte occurrence de vent sur le site s'il est éloigné et/ou influence moindre de la diffusion des émissions de la source
- *Fond* : vents peu ou pas orientés vers le site de mesures, ce dernier étant suffisamment éloigné de la source d'émission étudiée

Périodes de mesures par analyseurs automatiques :

Site	Distance/source (km)	Campagne			
		C1	C2	C3	C4
UVE Nord	1,6	Impact secondaire	Impact secondaire	Impact principal	Impact principal
UVE Sud	0,6	Non concerné			
Strasbourg Nord	10,2	Fond	Fond	Fond	Fond
Geispolsheim	7,4	Fond	Fond	Fond	Fond

Tableau 16 : Typologies des sites en fonction des vents au cours de la période de mesures par analyseurs automatiques

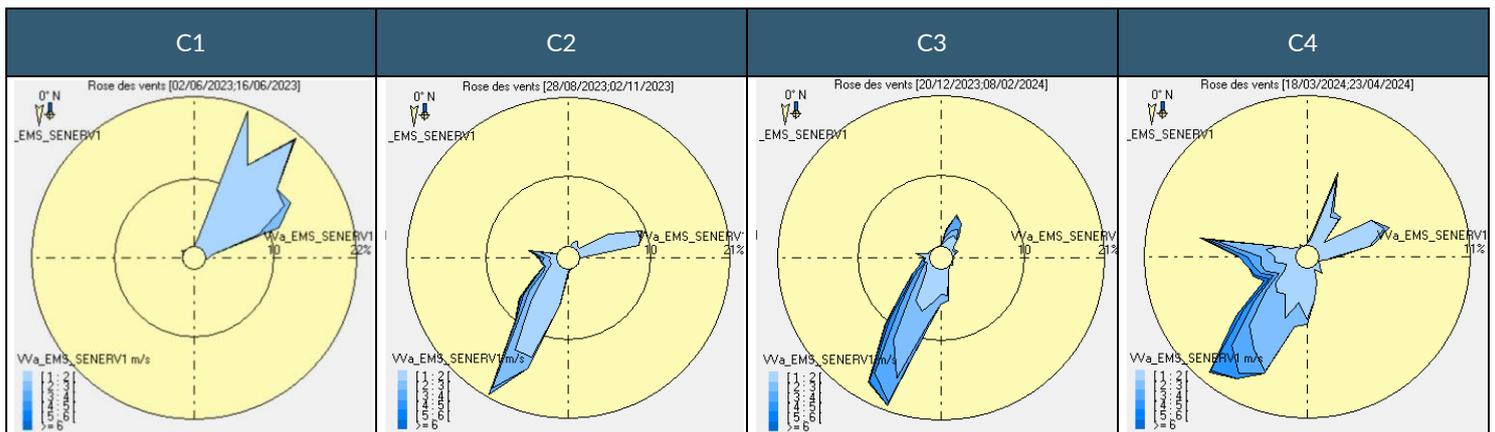


Figure 19 : Roses des vents pour les différentes campagnes pour les périodes de mesures par analyseurs automatiques

Périodes de mesures par tubes passifs/préleveurs actifs :

Site	Distance/source (km)	Campagne			
		C1	C2	C3	C4
UVE Nord	1,6	Impact secondaire	Impact principal	Impact principal	Impact principal
UVE Sud	0,6	Impact principal	Impact principal	Impact principal	Impact principal
Strasbourg Nord	10,2	Fond	Fond	Fond	Fond
Geispolsheim	7,4	Fond	Impact tertiaire/fond	Fond	Fond

Tableau 17 : Typologies des sites en fonction des vents au cours de la période de mesures par préleveurs actifs et par tubes passifs

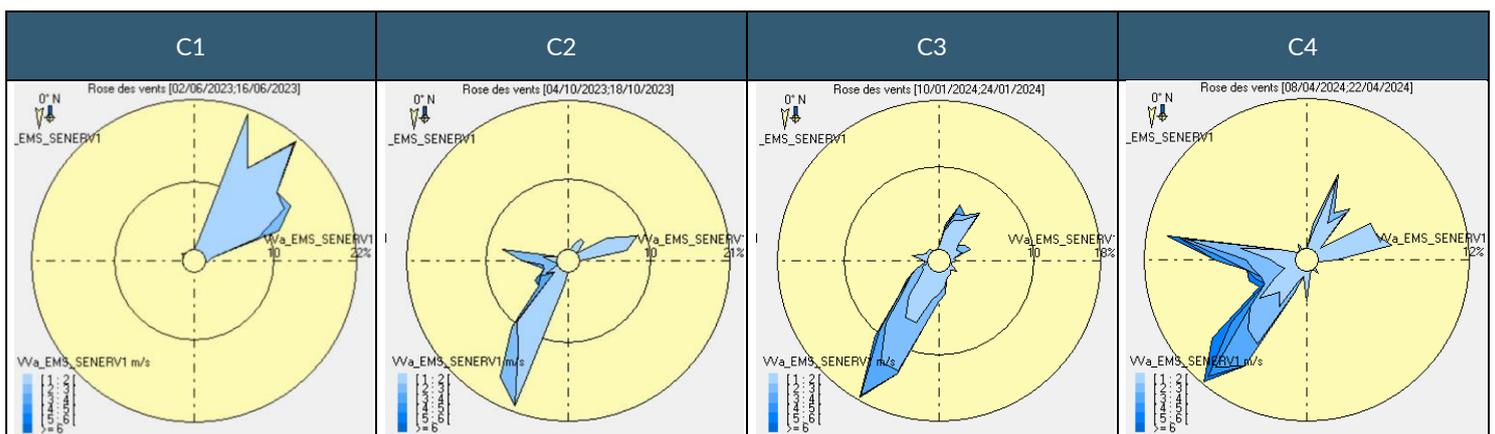


Figure 20 : Roses des vents pour les différentes campagnes pour les périodes de mesures par tubes passifs/préleveurs actifs

## Périodes de mesures par jauges Owen :

Site	Distance/source (km)	Campagne			
		C1	C2	C3	C4
UVE Nord	1,6	Impact secondaire	Impact secondaire	Impact principal	Impact principal
UVE Sud	0,6	Impact principal	Impact principal	Impact principal	Impact principal
Strasbourg Nord	10,2	Fond	Fond	Fond	Fond
Geispolsheim	7,4	Fond	Fond	Fond	Fond

Tableau 18 : Typologies des sites en fonction des vents au cours de la période de mesures par jauges Owen

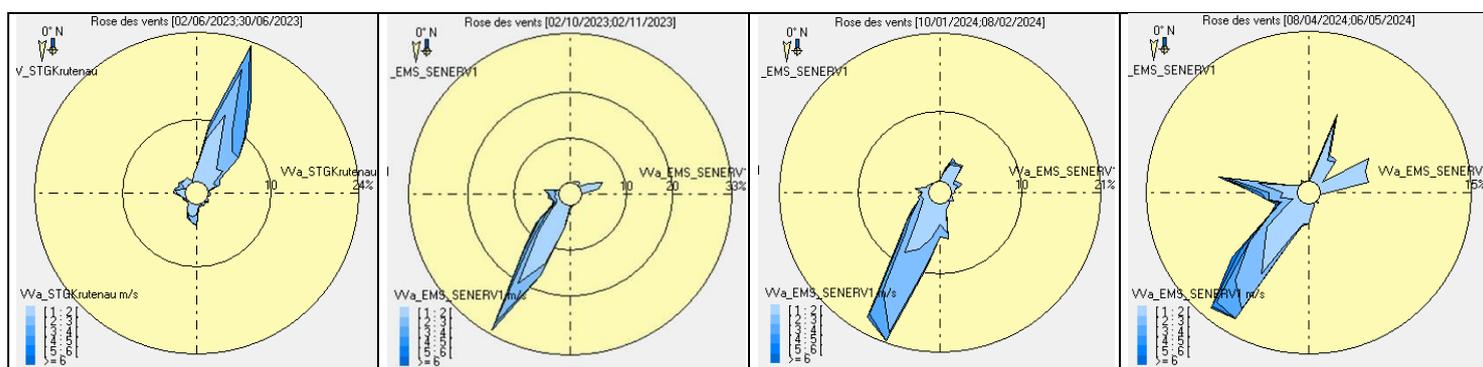


Figure 21 : Roses des vents pour les différentes campagnes pour les périodes de mesures par jauges Owen

Sur toutes les campagnes de mesures, les sites Strasbourg Nord et Geispolsheim sont considérés comme des sites de fond en raison de leur distance avec l'UVE. Néanmoins, lors de la campagne C2 pour la période des prélèvements en air ambiant par tubes passifs/préleveurs actifs : une partie considérable des vents étaient en direction du site de Geispolsheim, n'excluant un pas un léger impact des émissions de la zone industrielle pour celui-ci, pour les polluants les plus stables.

Concernant les sites UVE Nord et UVE Sud, ils sont toujours bien exposés aux émissions de l'UVE : soit par les vents de cette dernière dirigés vers ces sites, soit par les vents faibles (permettant l'accumulation des polluants autour de l'UVE, notamment sur le site UVE Sud, le plus proche de l'usine).

Sur les différentes campagnes, les vents étaient majoritairement en direction du site UVE Nord, excepté pour la campagne C1. Mais pour la plupart de ces périodes, le site UVE Sud était tout de même très impacté par les émissions de l'UVE en raison du fort taux de vents faibles.

A noter également que les vents les moins forts ont été enregistrés pendant la campagne C2, pouvant entraîner une accumulation des polluants dans l'air. A l'inverse, lors des campagnes C1 et C4, les vents étaient plus forts, entraînant une meilleure dispersion des polluants dans l'air. Néanmoins les écarts de vitesse de vent moyennes entre ces campagnes étaient peu significatifs (1,5 m/s environ de différence au maximum).

### 2.1.2. Températures et pluviométrie

- Lors de **précipitations**, les gouttes de pluies captent les polluants gazeux et particulaires, favorisant le lessivage des masses d'air et une dilution des polluants dans l'air. Dans le cas de la

collecte des retombées atmosphériques, les pluies ou autres précipitations situées au-dessus des sites de mesures favorisent également l'entraînement des polluants dans les jauges.

- La **température** agit sur la dispersion et les émissions des polluants : le froid diminue la volatilité de certains gaz, peut favoriser la stagnation des polluants ainsi que l'augmentation des émissions liées au chauffage. Tandis que les fortes températures peuvent favoriser la dispersion des polluants mais également les transformations photochimiques de ces derniers.

Ci-après, les effets de la température et des précipitations pour les 4 campagnes de mesures sont décrits.

### C1 :

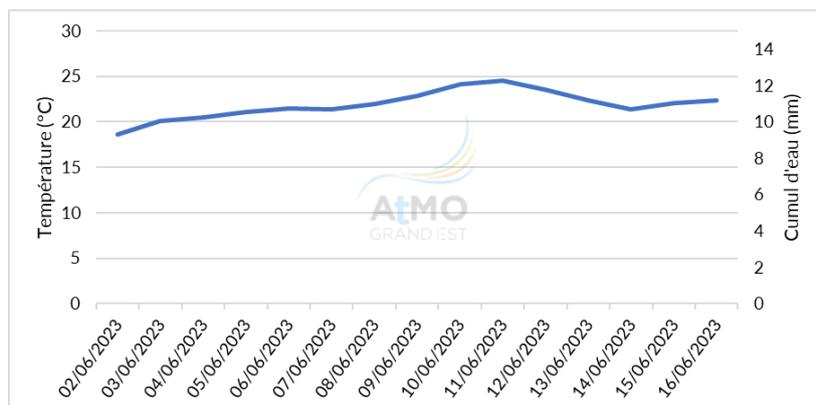


Figure 22 : Températures et précipitations journalières sur l'ensemble de la période C1

De manière générale, pour des températures estivales comme celles qui ont été observées, les polluants se dispersent très bien dans l'atmosphère.

Aucune précipitation n'a été relevée sur l'unité mobile à UVE Nord. L'absence de pluie favorise l'accumulation des polluants dans l'atmosphère.

Ainsi, pour l'air ambiant, les conditions météorologiques étaient moyennement favorables à une bonne dispersion des polluants dans l'air.

Concernant les retombées, il est plus difficile d'interpréter les conditions météorologiques. En effet, l'absence de pluie n'a pas permis d'entraîner une collecte importante de particules de l'air. Néanmoins, en absence de précipitations, l'atmosphère était plus chargée en particules qu'habituellement. A noter également qu'en conditions sèches, le vent peut entraîner des ré-envols de particules collectées auparavant en absence de pluie depuis le collecteur ou son entonnoir, mais également entraîner le ré-envol des poussières du sol jusqu'à la jauge.

**C2 :**

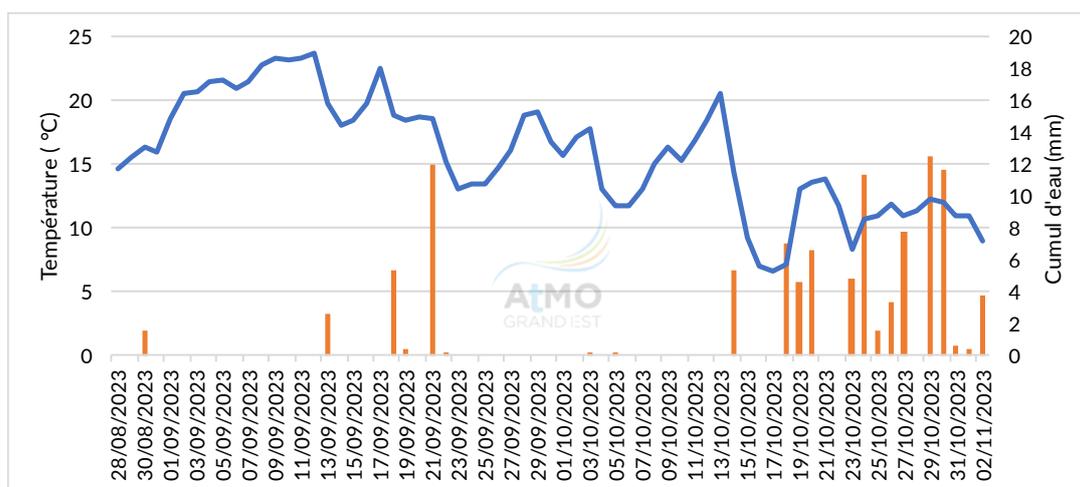


Figure 23 : Températures et précipitations journalières sur l'ensemble de la période C2

De manière générale, pour des températures estivales/de début d'automne comme celles qui ont été enregistrées, aucun phénomène d'inversion de température n'est observé : condition favorisant la dispersion des polluants dans l'atmosphère pour l'ensemble de la période de mesures. Néanmoins, à partir du 13 octobre, les températures chutent et ont probablement eu pour effet d'augmenter les émissions liées au chauffage.

Concernant les précipitations, elles étaient ininterrompues et relativement élevées sur une partie de la période des mesures automatiques et sur la moitié de la période des retombées (seconde moitié du mois d'octobre). Cette période était alors favorable à l'abattement des polluants de l'air ambiant au sol. A l'inverse, les périodes sèches de la 1<sup>ère</sup> moitié de septembre et de la 1<sup>ère</sup> moitié d'octobre (concernant la totalité de la période de mesures par tubes passifs et préleveurs actifs et une partie des mesures par analyseurs automatiques et des retombées) favorisent l'accumulation des polluants dans l'air.

Ainsi, pour l'air ambiant, les conditions étaient moyennement favorables à une bonne qualité de l'air pour les mesures par analyseur automatiques. En revanche, elles étaient peu favorables sur la période de mesures par tubes passifs/préleveurs actifs.

Au vu des nombreux jours de pluie ininterrompus lors de la collecte des retombées via les jauges, il est probable que cette période soit peu favorable à de fortes concentrations en polluants dans les retombées.

**C3 :**

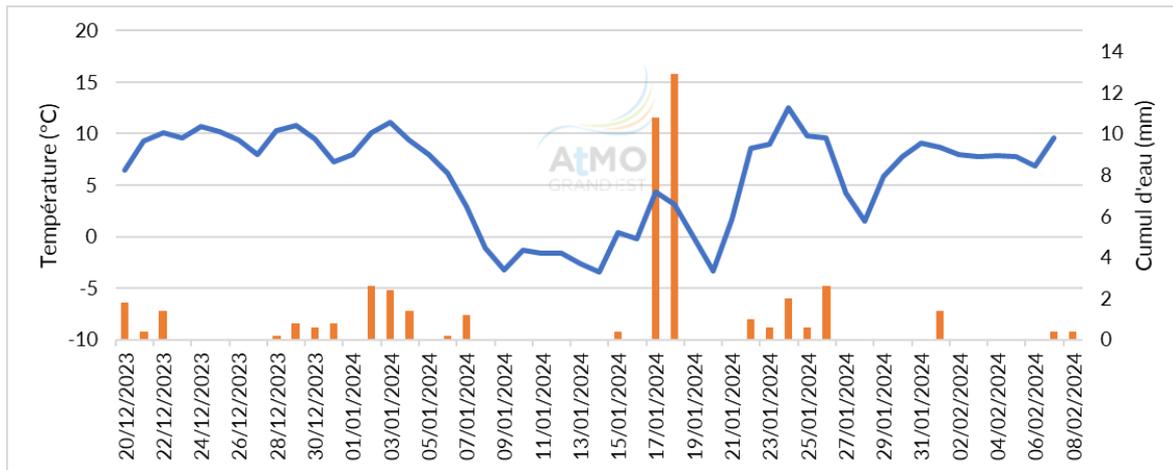


Figure 24 : Températures et précipitations journalières sur l'ensemble de la période C3

De manière générale, pour des températures hivernales comme celles enregistrées, des phénomènes d'inversion de température peuvent être observés : conditions ne favorisant pas la dispersion des polluants dans l'atmosphère pour l'ensemble de la période de mesures.

De plus, les températures comme celles-ci entraînent une augmentation des émissions liées au chauffage : cela peut notamment être le cas lors des températures particulièrement basses du 7 au 21 janvier 2024.

Concernant les précipitations, les cumuls d'eau enregistrés sur la période étaient relativement élevés. Les 17 et 18 janvier 2024, les précipitations étaient plus élevées, favorisant l'abattement des polluants au sol. Le reste de la période est une alternance de périodes sèches et de périodes de précipitations plus modérées.

En prenant en compte ces deux paramètres, les conditions étaient ainsi moyennement favorables à des concentrations élevées dans l'air ambiant.

Concernant les retombées, l'alternance de périodes sèches et de périodes de précipitations modérées ayant eu lieu lors de la collecte, sont des conditions idéales pour obtenir de fortes concentrations en retombées.

**C4 :**

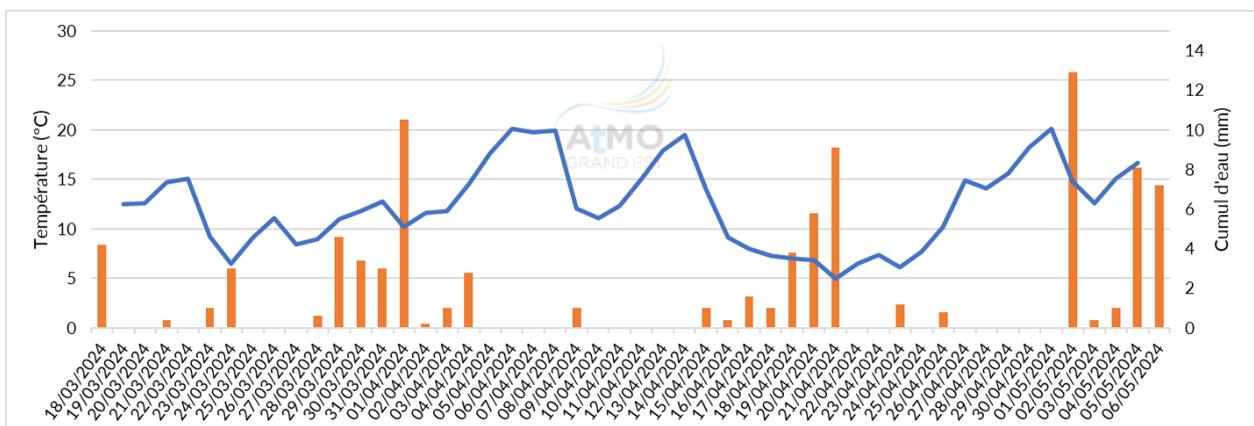


Figure 25 : Températures et précipitations journalières sur l'ensemble de la période C4

De manière générale, pour des températures printanières comme celles enregistrées, les phénomènes d'inversion de température s'observent moins fréquemment qu'en hiver, les conditions sont ainsi plus favorables à une bonne dispersion des polluants dans l'air. De plus, les émissions liées au chauffage sont censées être moins nombreuses au printemps.

Trois périodes de précipitations notables sont observées : du 28 mars au 4 avril, du 15 au 21 avril et du 2 au 6 mai. Les pluies entraînant l'abatement des polluants de l'air au sol, ces périodes étaient peu favorables à de fort taux de polluants dans l'air.

En prenant en compte ces deux paramètres, les conditions étaient plutôt défavorables à des concentrations élevées dans l'air ambiant.

Concernant les retombées, au vu des longues périodes de précipitations durant le prélèvement, il est probable que ces dernières aient pu empêcher les polluants de l'air de se disperser jusqu'à la jauge collectrice.

## 2.2. MESURES DANS L'AIR AMBIANT

### 2.2.1. Les oxydes d'azote

Les quatre sites prospectés ont été équipés de tubes passifs pour la mesure du NO<sub>2</sub> sur la période. L'UVE Nord et Strasbourg Nord sont les sites équipés d'analyseurs d'oxydes d'azote en continu.

Les mesures de la station ATMO Grand Est du quartier Danube (à 4 km au sud-sud-ouest du quartier de la Robertsau, où est situé le site Strasbourg Nord) sont également présentées à titre de comparaison.

Concernant les valeurs moyennes annuelles et sur les campagnes de mesures :

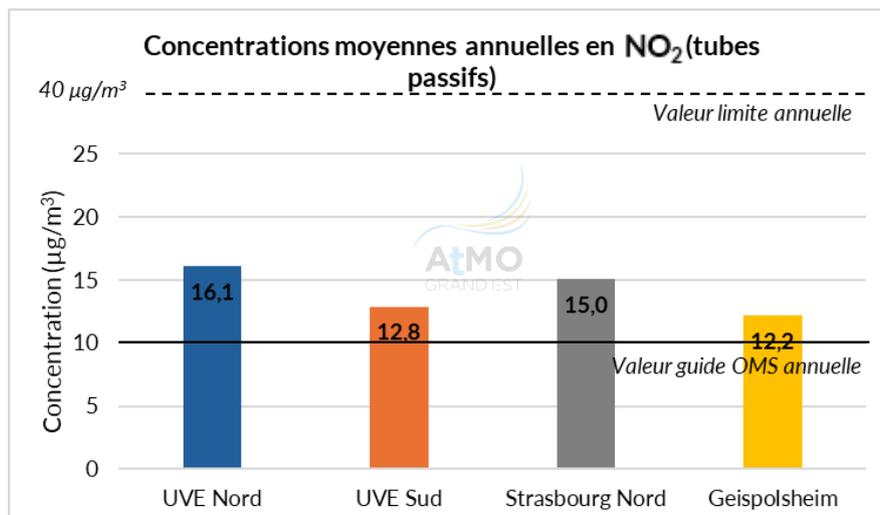


Figure 26 : Concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> de l'année glissante 2023-2024 obtenues par tubes passifs

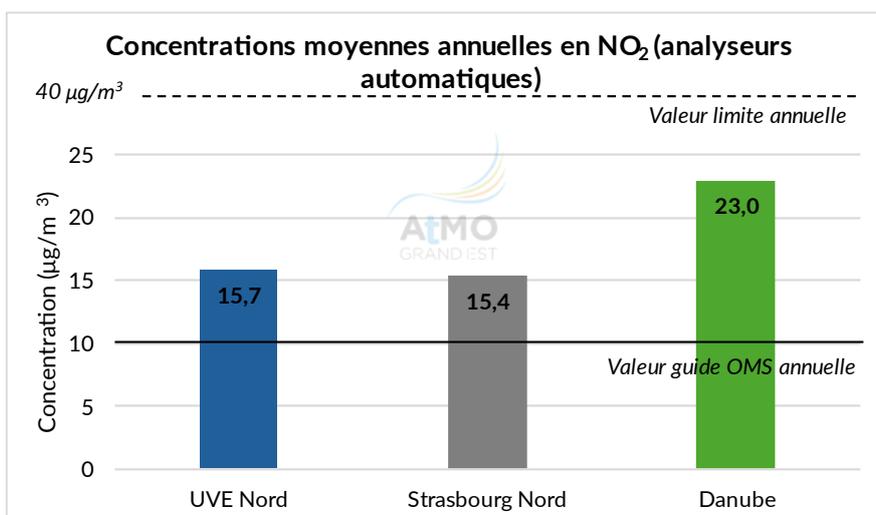


Figure 27 : Concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> de l'année glissante 2023-2024 obtenues par analyseurs automatiques

Concernant la réglementation, la valeur limite et objectif de qualité annuels de 40 µg/m<sup>3</sup> ne sont dépassés sur aucun des sites quel que ce soit le moyen de mesures.

A titre indicatif, la ligne directrice OMS de 10 µg/m<sup>3</sup> annuelle est dépassée sur l'ensemble des sites, sites témoins comme sites exposés.

Avec les tubes passifs, le site UVE Nord enregistre une moyenne annuelle plus haute que le site UVE Sud, et que les deux sites témoins, mais de façon non significative. Les deux sites UVE Sud et UVE Nord sont proches des concentrations des sites témoin : les concentrations en NO<sub>2</sub> à proximité de l'UVE sont dans les niveaux de fond urbains/périurbains.

Avec les analyseurs automatiques, le site UVE Nord présente une concentration presque similaire au site Strasbourg Nord, mais bien inférieure à la station de Danube : UVE Nord présente donc des niveaux typiques d'un bruit de fond urbain.

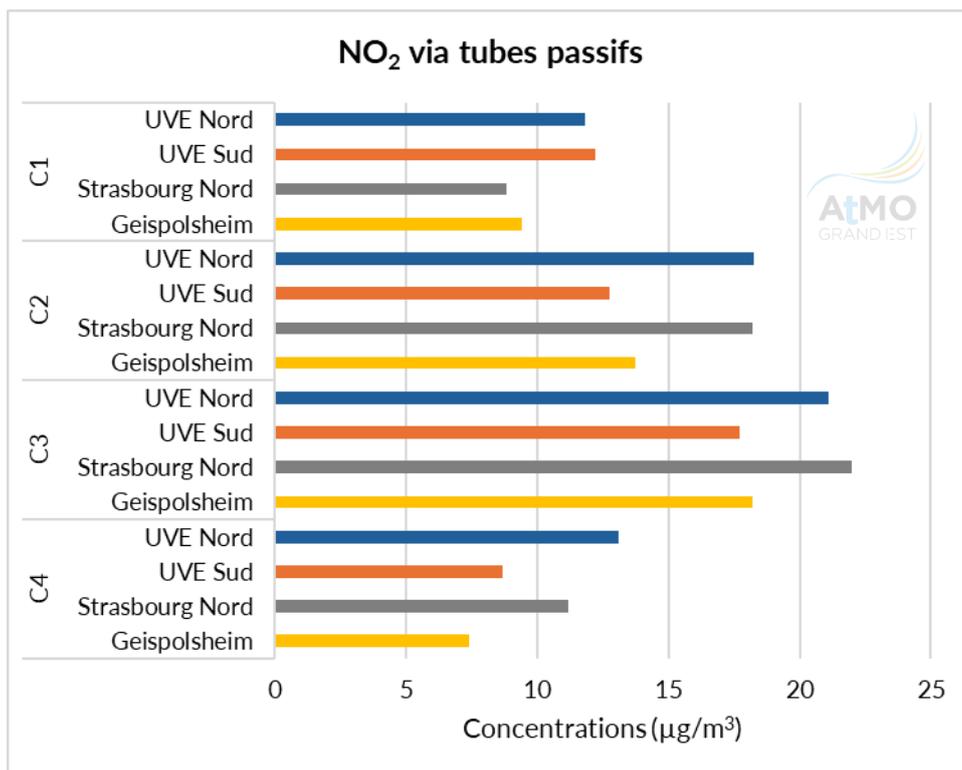


Figure 28 : Concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> obtenues par tubes passifs sur les différentes campagnes de mesures

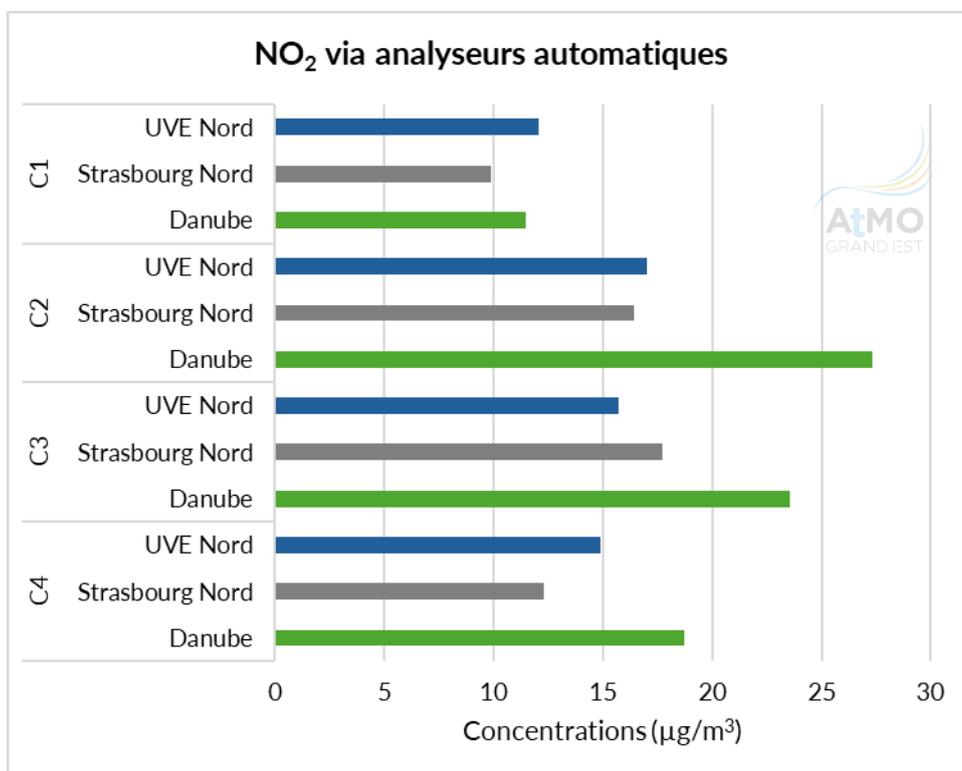


Figure 29 : Concentrations en NO<sub>2</sub> moyennes obtenues par analyseurs automatiques sur les différentes campagnes de mesures

Les campagnes C2 et C3 sont celles enregistrant les plus fortes concentrations en NO<sub>2</sub>, notamment en raison des conditions météorologiques (peu de précipitations en C2, températures froides en C3).

Les sites UVE Nord et UVE Sud ne présentent pas de différences de teneurs significatives au niveau des différentes campagnes.

Concernant les concentrations horaires :

Valeurs réglementaires	UVE Nord	Strasbourg Nord	Danube
<b>Valeur limite</b> : 200 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 18 h par an	Aucun dépassement	Aucun dépassement	Aucun dépassement
<b>Seuil d'information et de recommandation (et ligne directrice OMS)</b> : 200 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser en horaire	Aucun dépassement	Aucun dépassement	Aucun dépassement
<b>Seuil d'alerte</b> : 400 µg/m <sup>3</sup> dépassé sur 3 h consécutives, 200 µg/m <sup>3</sup> si dépassement de ce seuil la veille ou risque de dépassement de ce seuil le lendemain	Aucun dépassement	Aucun dépassement	Aucun dépassement

Tableau 19 : Comparaison aux valeurs réglementaires pour les concentrations horaires en NO<sub>2</sub> pour le site UVE Nord et les stations de fond témoin

Lors des périodes de mesures, **les valeurs réglementaires horaires ont été respectées sur l'ensemble des sites de mesures** étudiés. De même pour la ligne directrice de l'OMS, à titre indicatif.

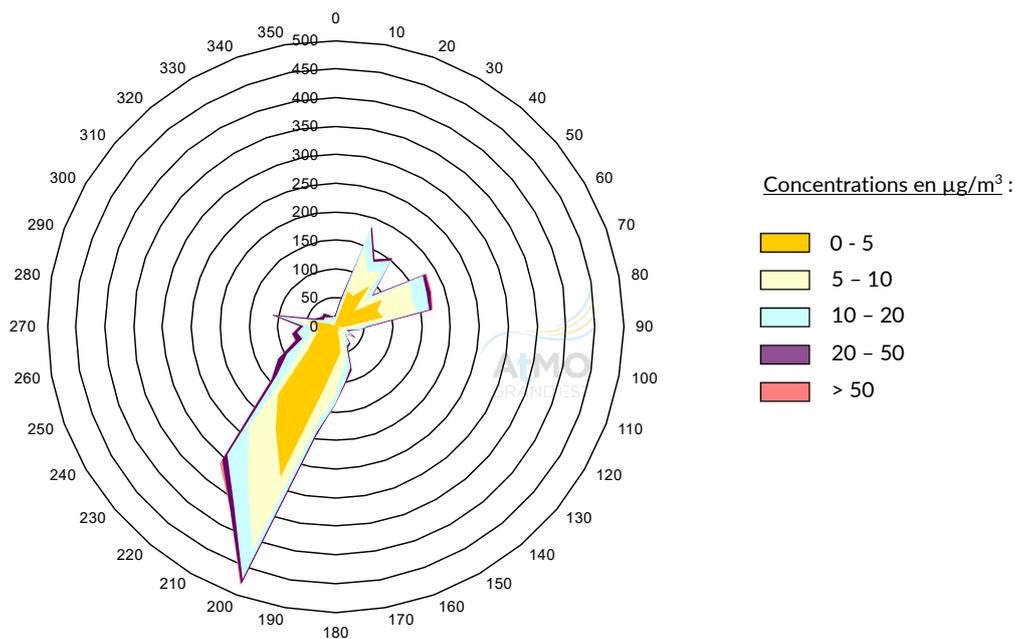


Figure 30 : Rose des pollutions du NO<sub>2</sub> mesuré à UVE Nord sur l'année glissante 2023-2024

La rose des pollutions montre que les concentrations en NO<sub>2</sub> à UVE Nord sont relativement homogènes selon les directions de vents. En proportion, ce sont néanmoins les rares vents de l'ouest qui coïncident avec les plus fortes concentrations en NO<sub>2</sub> supérieures à 20 µg/m<sup>3</sup>. Également, les concentrations supérieures à 50 µg/m<sup>3</sup> sont plus observées dans les vents d'est-nord-est et du sud-ouest (influencés par l'usine), n'excluant pas un éventuel impact de l'UVE.

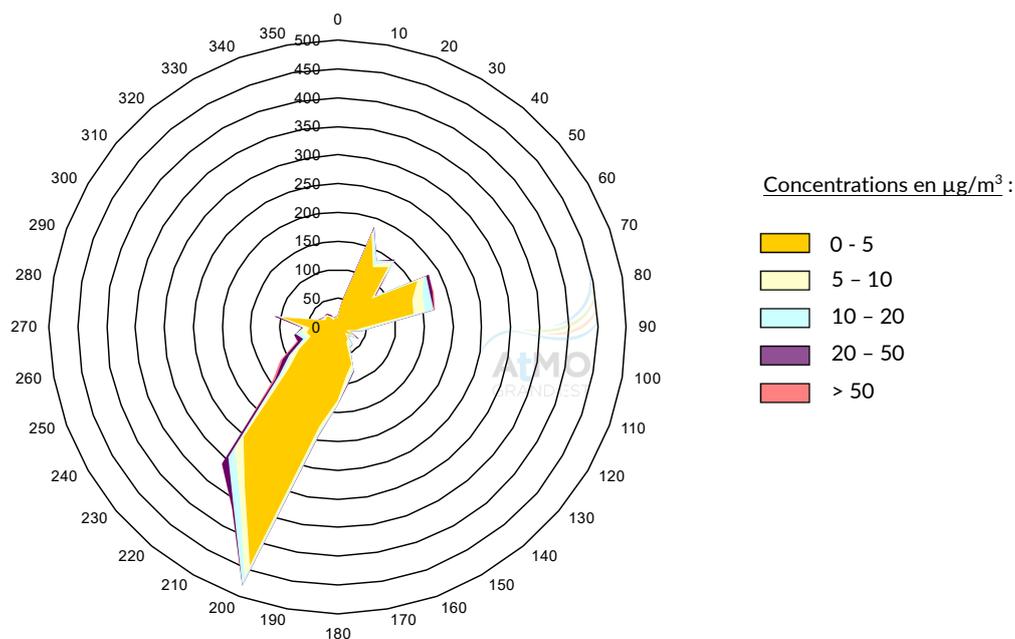


Figure 31 : Rose des pollutions du NO mesuré à UVE Nord sur l'année glissante 2023-2024

La rose des pollutions montre que les concentrations en NO à UVE Nord sont moins homogènes selon les directions de vents. Lors des vents de l'ouest-sud-ouest, sud-ouest et de l'est-nord-est, les concentrations supérieures à 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et plus sont observées.

### 2.2.2. Les particules de diamètre inférieur à 10 $\mu\text{m}$ PM<sub>10</sub>

Les quatre sites prospectés ont été équipés de préleveurs actifs pour la mesure des PM<sub>10</sub> sur la période. L'UVE Nord et Strasbourg Nord sont les sites équipés d'analyseurs de PM<sub>10</sub>.

Les mesures de la station ATMO Grand Est du quartier Danube (à 4 km au sud-sud-ouest du quartier de la Robertsau, où est situé le site Strasbourg Nord) sont également présentées à titre de comparaison.

Concernant les valeurs moyennes annuelles et sur les campagnes de mesures :

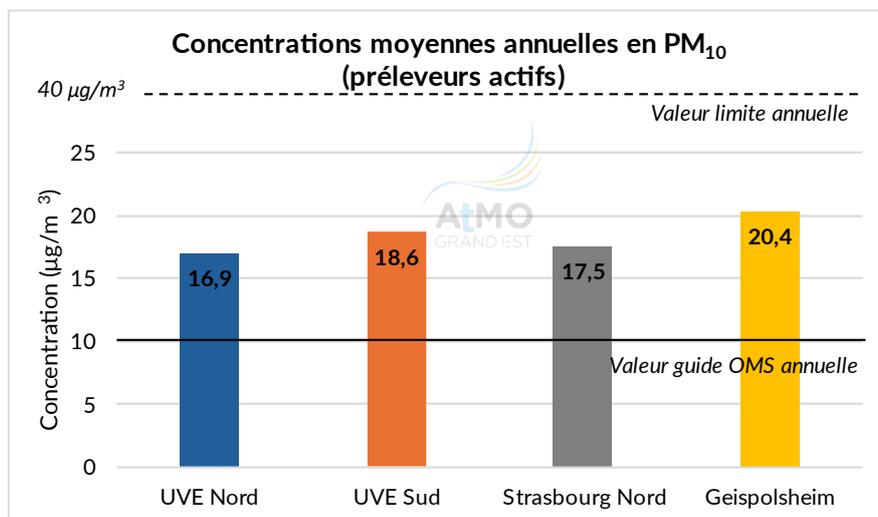


Figure 32 : Concentrations moyennes en PM<sub>10</sub> de l'année glissante 2023-2024 obtenues par préleveurs actifs

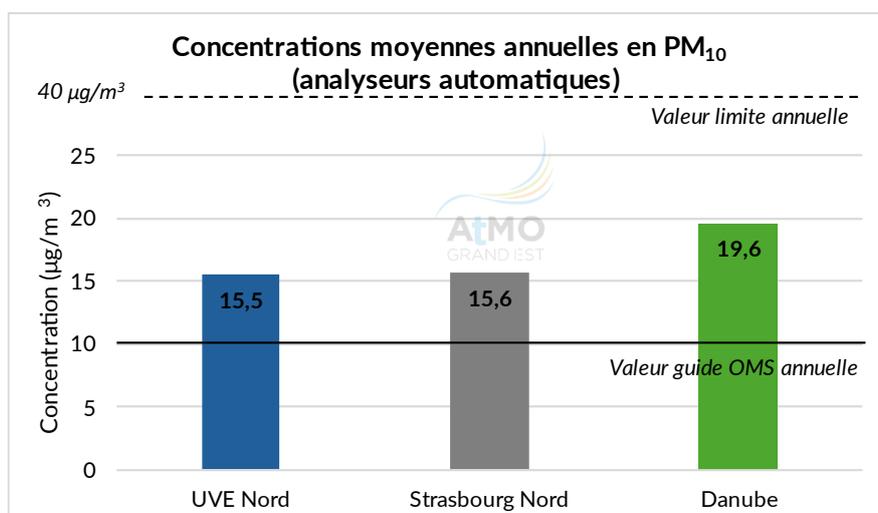


Figure 33 : Concentrations moyennes en PM<sub>10</sub> de l'année glissante 2023-2024 obtenues par analyseurs automatiques

Concernant la réglementation, la valeur limite annuelle de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  n'est dépassée sur aucun des sites que ce soit le moyen de mesures. L'objectif de qualité annuel de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  n'est pas dépassé non plus.

A titre indicatif, la ligne directrice OMS de  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  annuelle est dépassée sur l'ensemble des sites, sites témoins comme sites exposés.

Avec les préleveurs actifs, le site UVE Sud et UVE Nord enregistrent des concentrations du même ordre de grandeur. Le site UVE Sud présente une concentration située entre Geispolsheim et Strasbourg Nord et UVE Nord présente la plus faible concentration. Les concentrations aux alentours de l'UVE sont alors typiques de celles d'une zone périurbaine/urbaine.

Avec les analyseurs automatiques, le site UVE Nord présente une concentration presque similaire au site Strasbourg Nord, mais bien inférieure à la station de Danube : UVE Nord présente donc des niveaux typiques d'un bruit de fond urbain.

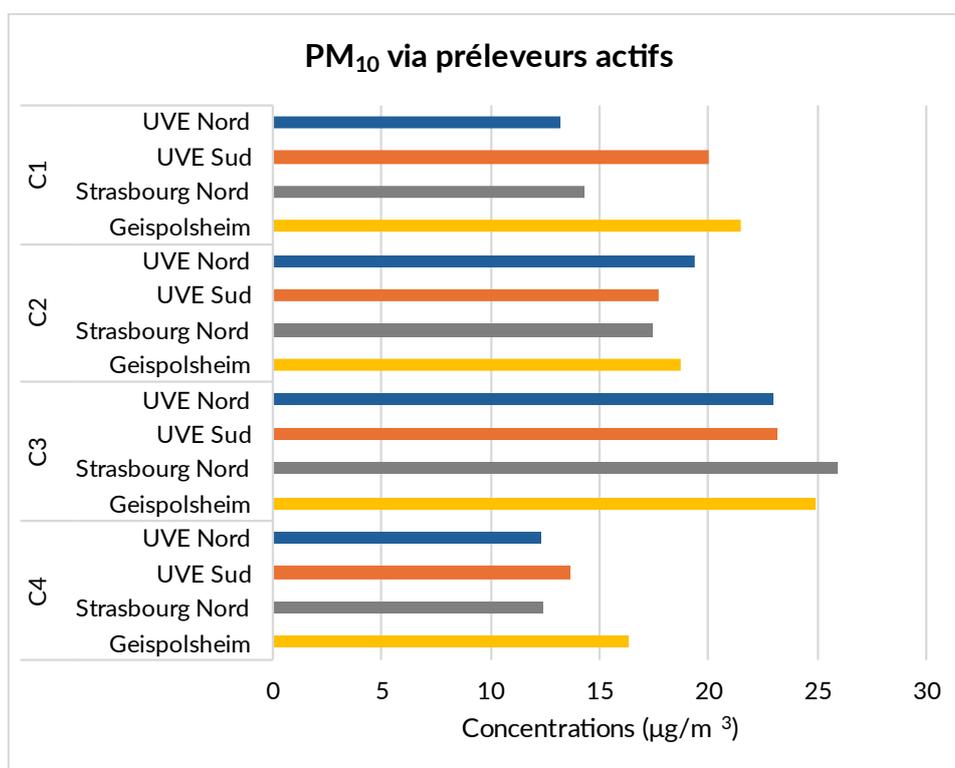


Figure 34 : Concentrations en  $\text{PM}_{10}$  moyennes obtenues par préleveurs actifs sur les différentes campagnes de mesures

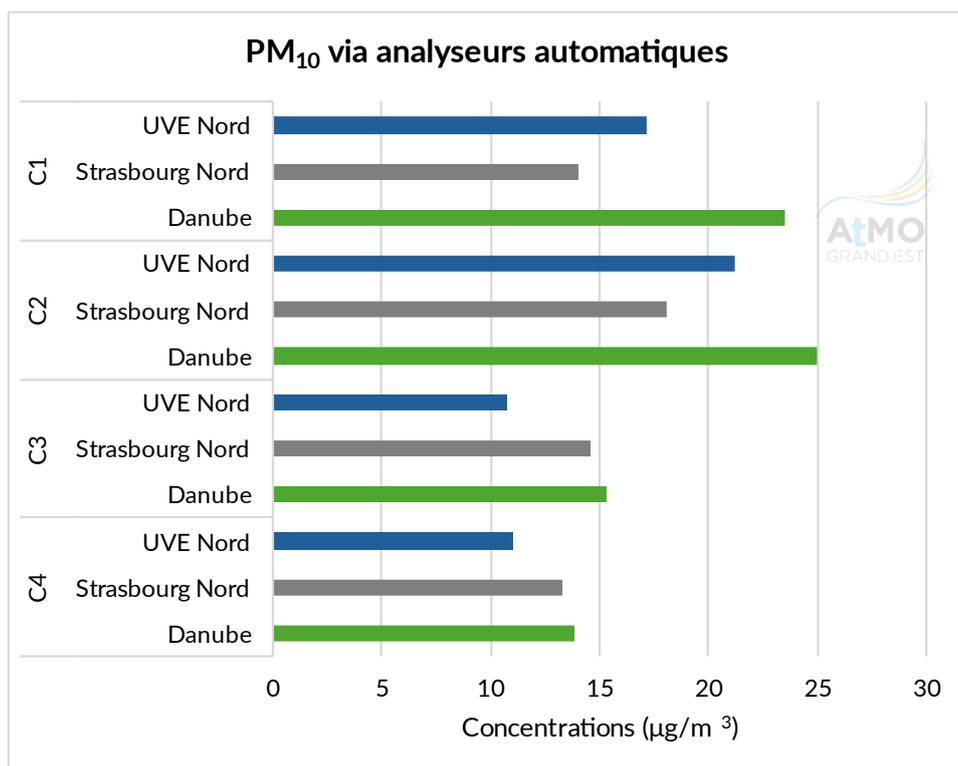


Figure 35 : Concentrations en PM<sub>10</sub> moyennes obtenues par analyses automatiques sur les différentes campagnes de mesures

Concernant les campagnes de mesures, la campagne C3 enregistre les plus hautes concentrations pour les préleveurs passifs, probablement en raison des conditions météorologiques (températures particulièrement froides début janvier n'aidant pas à la dispersion des polluants, et émissions liées au chauffage plus importantes). Pour les mesures par analyseurs automatiques, c'est la campagne C2 qui enregistre les plus hautes concentrations en PM<sub>10</sub>, probablement en raison des températures plus froides également.

Concernant les mesures par préleveur actif, UVE Sud est significativement plus élevé qu'UVE Nord lors de la campagne C1, seule campagne où les vents majoritaires étaient en direction du site UVE Sud, n'excluant pas un impact de l'UVE sur les concentrations.

Concernant les concentrations journalières :

Valeurs réglementaires	UVE Nord	Strasbourg Nord	Danube
<b>Valeur limite</b> : 50 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 35 j par an	Aucun dépassement	Aucun dépassement	1 dépassement (54,3 µg/m <sup>3</sup> le 09/10/2023)
<b>Seuil d'information et de recommandation</b> : 50 µg/m <sup>3</sup> journalier à ne pas dépasser	Aucun dépassement	Aucun dépassement	1 dépassement (54,3 µg/m <sup>3</sup> le 09/10/2023)
<b>Seuil d'alerte</b> : 80 µg/m <sup>3</sup> journalier à ne pas dépasser	Aucun dépassement	Aucun dépassement	Aucun dépassement
<b>Ligne directrice OMS</b> : 45 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 35 j par an	Aucun dépassement	Aucun dépassement	3 dépassements (54,3 µg/m <sup>3</sup> le 09/10/2023, 45,6 µg/m <sup>3</sup> le 10/10/2023, 46,1 µg/m <sup>3</sup> le 11/01/2024)

Tableau 20 : Comparaison aux valeurs réglementaires pour les concentrations journalières en PM<sub>10</sub> pour le site UVE Nord et les stations de fond témoin

Lors des périodes de mesures, les valeurs réglementaires journalières ont été respectées sur l'ensemble des sites de mesures, excepté à Danube qui a dépassé le seuil d'information et recommandation un jour en octobre 2023. La ligne directrice journalière de l'OMS a également été respectée, à titre indicatif.

Concernant les concentrations horaires :

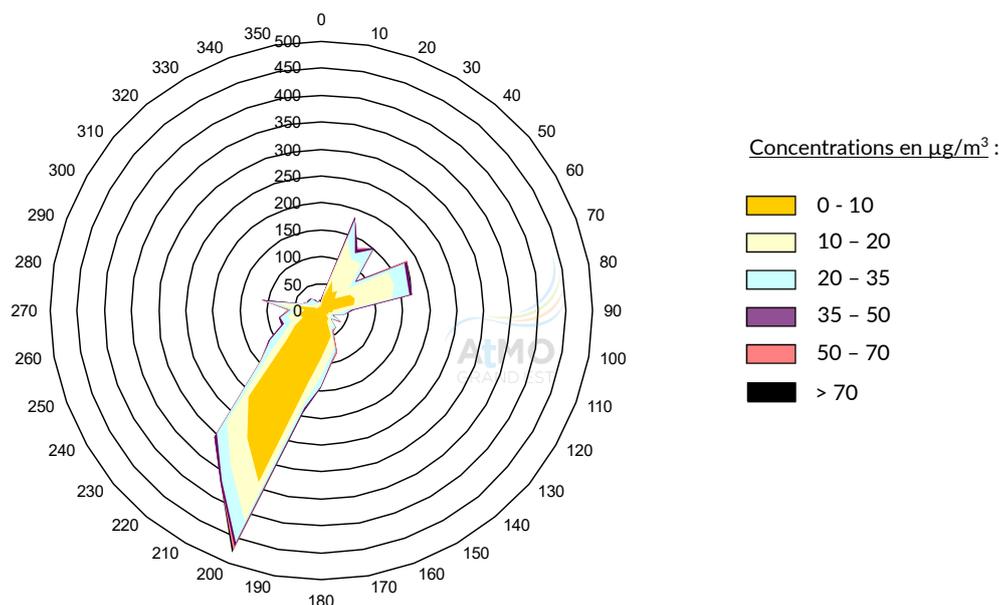


Figure 36 : Rose des pollutions du PM<sub>10</sub> mesuré à UVE Nord sur l'année glissante 2023-2024

La rose des pollutions montre que les concentrations en PM<sub>10</sub> à UVE Nord sont proportionnellement plus élevées dans les vents du quart nord-est. Les concentrations supérieures à 70 µg/m<sup>3</sup> ont notamment été observées dans les vents d'est-nord-est et de sud-sud-ouest, n'excluant pas un impact potentiel de l'UVE sur les concentrations.

### 2.2.3. Les métaux lourds dans les PM<sub>10</sub>

Les 4 sites prospectés ont été équipés de préleveurs actifs pour la mesure des métaux lourds sur les PM<sub>10</sub>.

En raison d'une contamination des filtres de blanc de terrain sur les campagnes C1 et C4, les concentrations moyennes annuelles en zinc et en manganèse ont été invalidées. Néanmoins, elles sont tout de même présentées à titre informatif.

#### Métaux disposant de valeurs réglementaires

##### Nickel

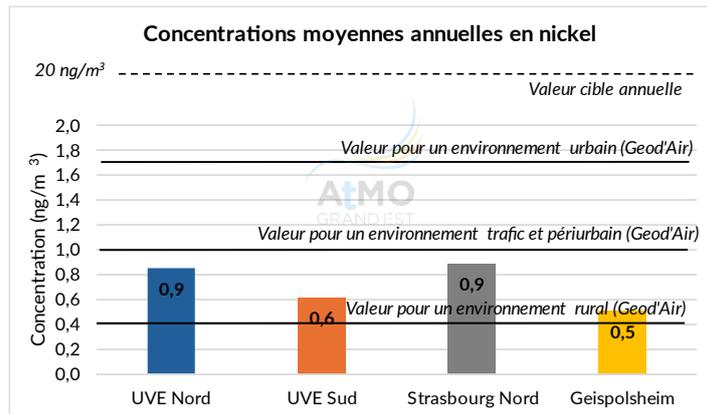


Figure 37 : Concentrations moyennes en nickel sur les PM<sub>10</sub> de l'année glissante 2023-2024

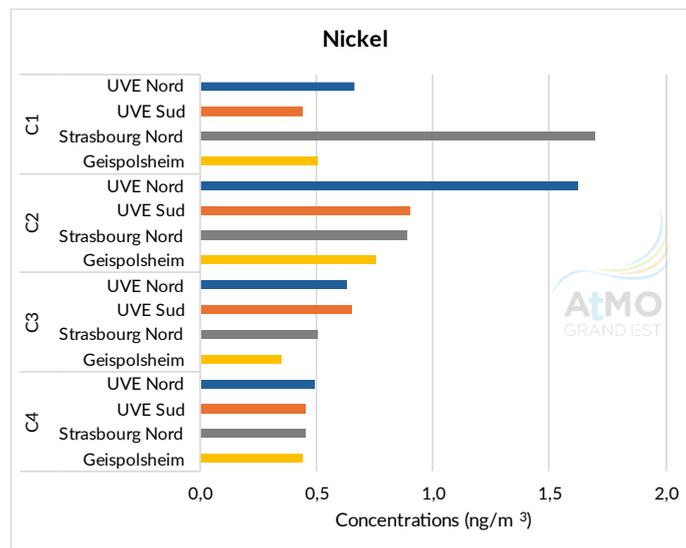


Figure 38 : Concentrations moyennes en nickel dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

Au niveau réglementaire, la valeur cible annuelle du nickel (20 ng/m<sup>3</sup>) n'a été dépassée sur aucun des sites.

En comparaison avec les valeurs de la base Geod'Air, les concentrations se situent entre celles de l'environnement rural et périurbain/trafic.

Les concentrations sur les 4 sites sont du même ordre de grandeur.

Sur la campagne C2, les concentrations sont légèrement plus hautes que sur les autres phases de mesures, probablement en partie en raison des conditions météorologiques. Le site UVE Nord se démarque, sans changement particulier des directions de vents par rapport aux autres campagnes de mesures.

## Arsenic

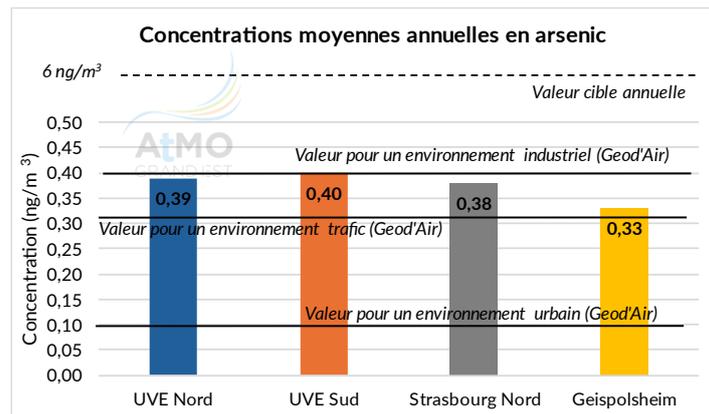


Figure 39 : Concentrations moyennes en arsenic dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

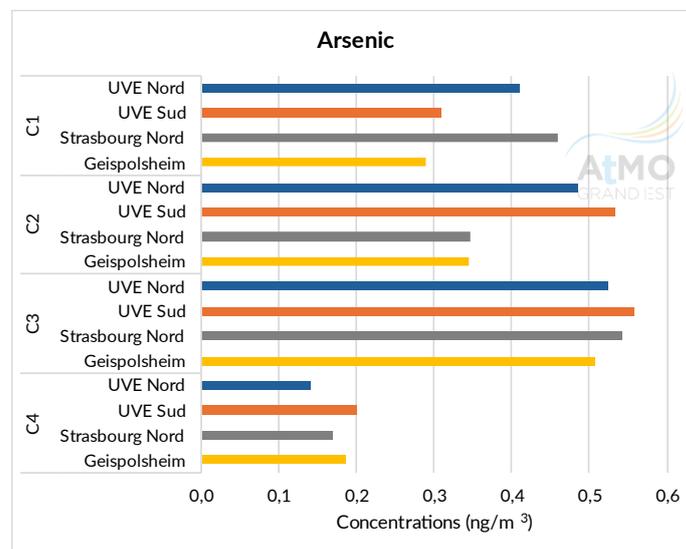


Figure 40 : Concentrations moyennes en arsenic dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

Concernant la réglementation, la valeur cible annuelle de l'arsenic (6 ng/m<sup>3</sup>) n'a pas été dépassée.

En comparaison avec les valeurs de la base Geod'Air, les concentrations sur les 4 sites sont situées entre les valeurs d'environnement industriel et trafic.

Les concentrations sur les 4 sites ont des concentrations quasi similaires.

La campagne C4 a enregistré des niveaux en arsenic les plus bas de l'étude, probablement en raison des conditions météorologiques favorables à une bonne qualité de l'air. Sur l'ensemble des campagnes, les différences entre UVE Sud et UVE Nord sont non significatives.

### Cadmium

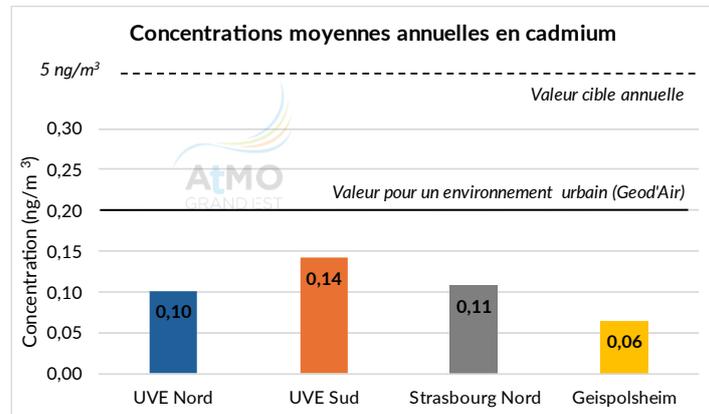


Figure 41 : Concentrations moyennes en arsenic dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

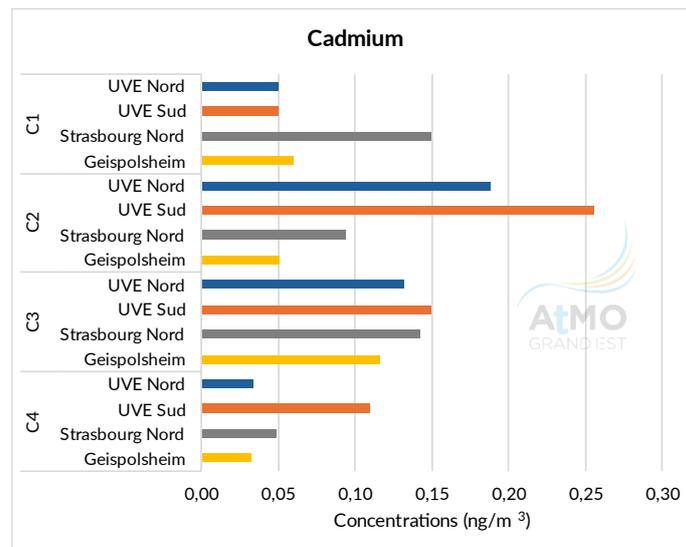


Figure 42 : Concentrations moyennes en cadmium dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

**La valeur cible annuelle du cadmium (5 ng/m<sup>3</sup>) n'a pas été dépassée.**

Les quatre sites sont du même ordre de grandeur. Leurs concentrations sont inférieures à la valeur d'environnement urbain de la base Geod'Air.

Les campagnes C2 et C3 enregistrent les plus hautes concentrations probablement dues aux conditions météorologiques. Sur la campagne C2, les sites proches de l'UVE se démarquent des sites témoins, suggérant éventuellement une source de cadmium dans la zone.

## Plomb

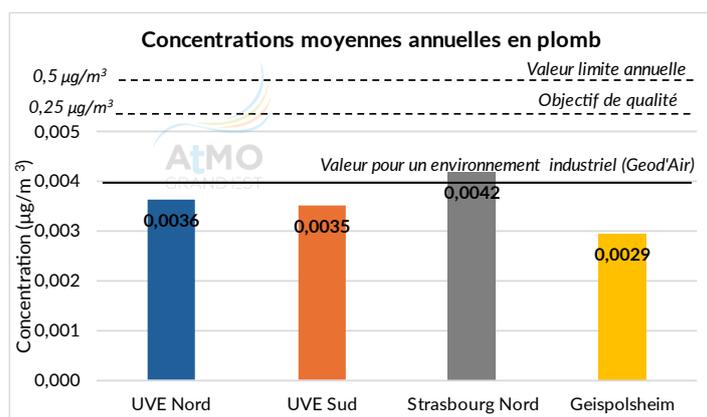


Figure 43 : Concentrations moyennes en plomb dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

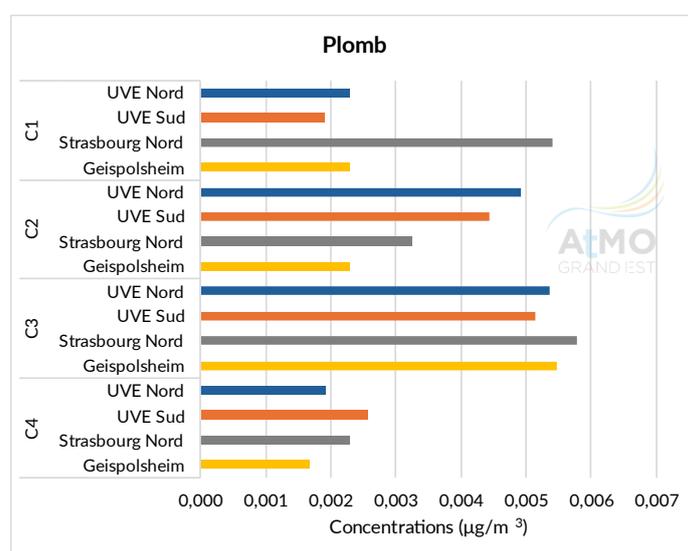


Figure 44 : Concentrations moyennes en plomb dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

Au niveau réglementaire, la valeur limite et la valeur cible annuelle du plomb n'ont pas été dépassées.

Les quatre sites ont des concentrations en plomb du même ordre de grandeur. Les concentrations observées sont proches de la valeur pour un environnement industriel de la base Geod'Air.

Les campagnes C2 et C3 enregistrent les plus hautes concentrations probablement dues aux conditions météorologiques. Sur les différentes campagnes, les concentrations en plomb ne présentent pas de différences significatives entre UVE Nord et UVE Sud.

### Métaux ne disposant pas de valeurs réglementaires

Le cobalt, le sélénium, le thallium et le mercure ont été mesurés en dessous de la limite de quantification sur l'ensemble des sites.

## Vanadium

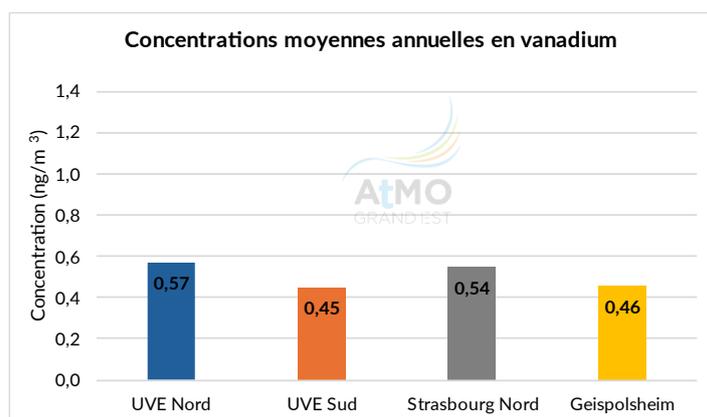


Figure 45 : Concentrations moyennes en vanadium dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

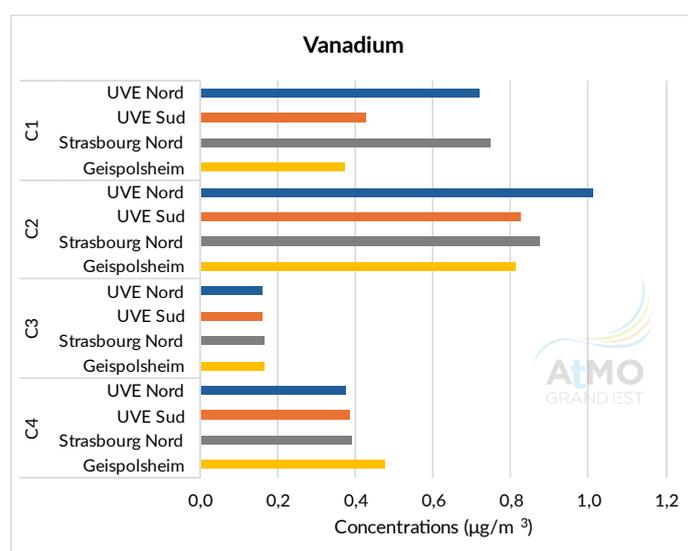


Figure 46 : Concentrations moyennes en vanadium dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

Les quatre sites présentent des concentrations du même ordre de grandeur. Les concentrations en vanadium autour de l'usine ont ainsi des niveaux typiques d'un fond urbain/périurbain.

La campagne C2 enregistre les plus hautes concentrations probablement dues aux conditions météorologiques, néanmoins la campagne C3 présente les plus basses concentrations malgré les conditions météorologiques peu favorables à une bonne qualité de l'air. Sur les différentes campagnes, les concentrations en vanadium ne présentent pas de différences significatives entre UVE Nord et UVE Sud sauf sur la campagne C1, seule campagne où les vents étaient du nord-est, suggérant une source d'émission dans cette direction.

## Chrome

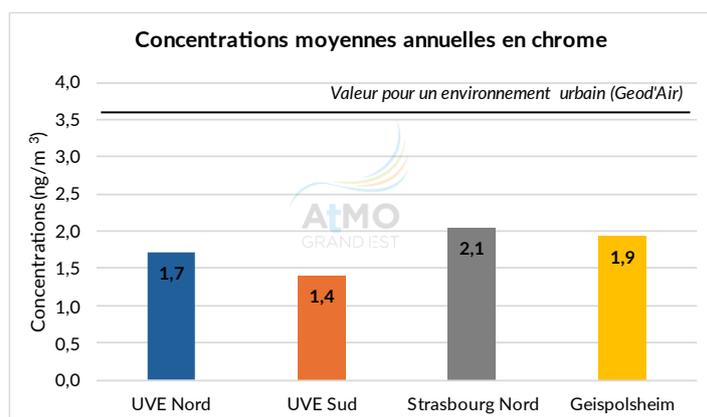


Figure 47 : Concentrations moyennes en chrome dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

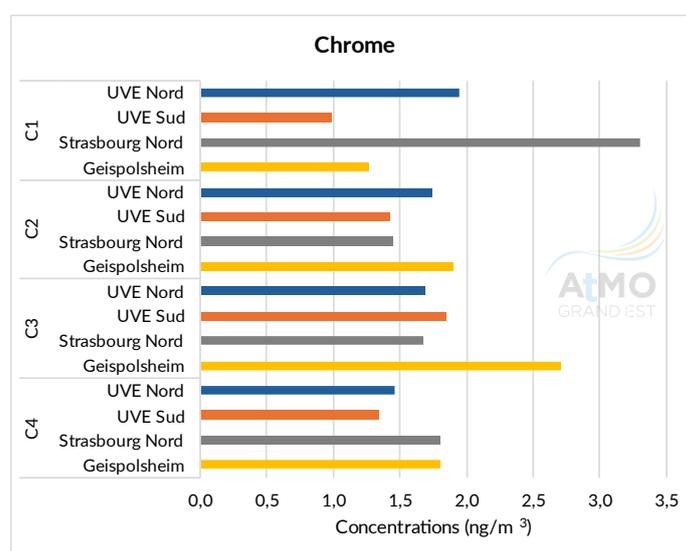


Figure 48 : Concentrations moyennes en chrome dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

Les concentrations en chrome sur les 4 sites sont inférieures à la concentration moyenne en environnement urbain de la base Geod'Air.

Les concentrations en chrome sont du même ordre de grandeur. Seule la différence entre UVE Sud et Strasbourg est significative. Ainsi, les sites UVE Nord et UVE Sud se situent dans des niveaux en chrome similaires à du fond urbain/périurbain.

Les concentrations sur les différentes campagnes sont relativement homogènes malgré les différences de conditions météorologiques. La seule campagne sur laquelle est observée une différence significative entre UVE Nord et UVE Sud est la période C1, où UVE Nord est supérieur à UVE Sud. Il s'agit de la seule période où les vents étaient majoritairement du quart nord-est : cela suggère la présence d'une éventuelle source de chrome au nord-est du site.

## Manganèse (concentrations invalides)

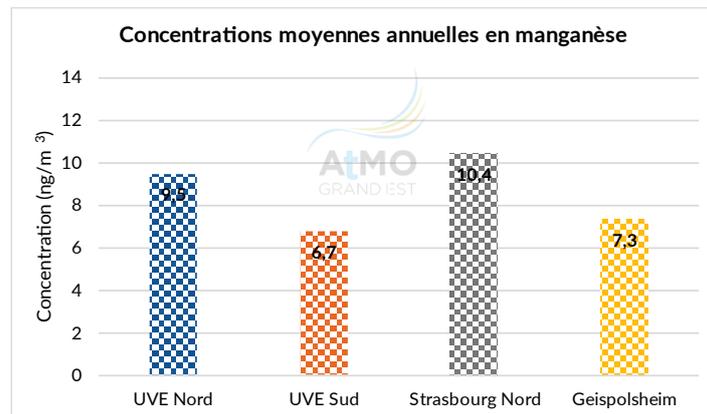


Figure 49 : Concentrations moyennes en manganèse dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

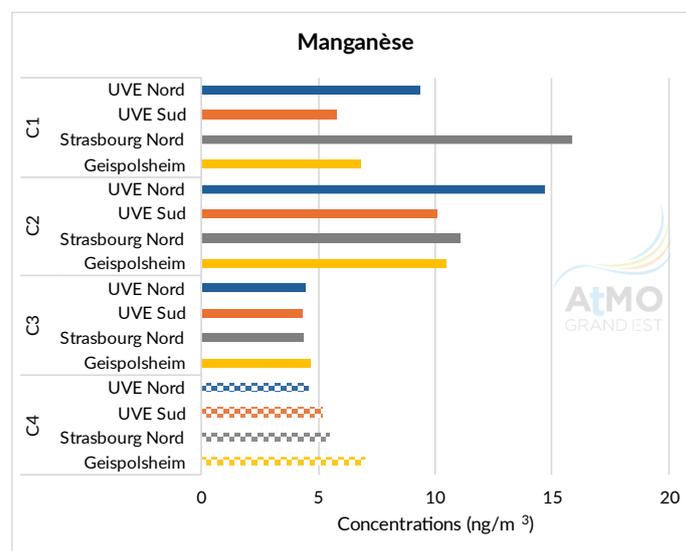


Figure 50 : Concentrations moyennes en manganèse dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

En raison d'une contamination des filtres de blanc de terrain sur la campagne C4, les concentrations en manganèse sont invalidées. Néanmoins elles sont tout de même présentées à titre informatif.

Sur les campagnes C1 et C2, la concentration du UVE Nord est supérieure à UVE Sud malgré les directions de vents très différentes entre les deux campagnes, suggérant potentiellement une source d'émission proche d'UVE Nord.

## Cuivre

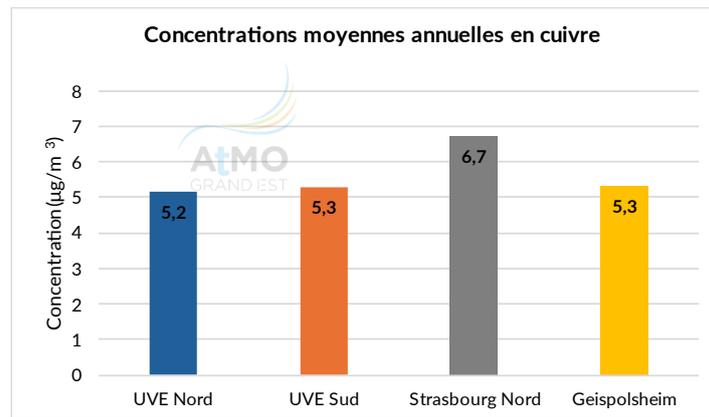


Figure 51 : Concentrations moyennes en cuivre dans les  $\text{PM}_{10}$  sur les différentes campagnes de mesures

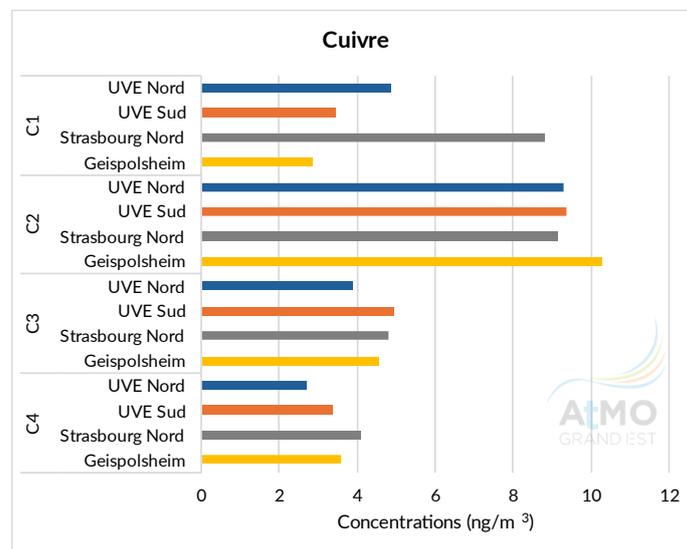


Figure 52 : Concentrations moyennes en cuivre dans les  $\text{PM}_{10}$  sur les différentes campagnes de mesures

Les 2 sites autour de l'UVE présentent des concentrations presque similaires entre elles et avec le site de Geispolsheim, du même ordre de grandeur que le site Strasbourg Nord. Les concentrations en cuivre autour de l'usine ont ainsi des niveaux typiques d'un fond périurbain/urbain.

La campagne C2 enregistre les plus hautes concentrations probablement dû aux conditions météorologiques. Aucun écart significatif n'est observé entre UVE Sud et UVE Nord sur les différentes campagnes.

## Zinc (concentrations invalides)

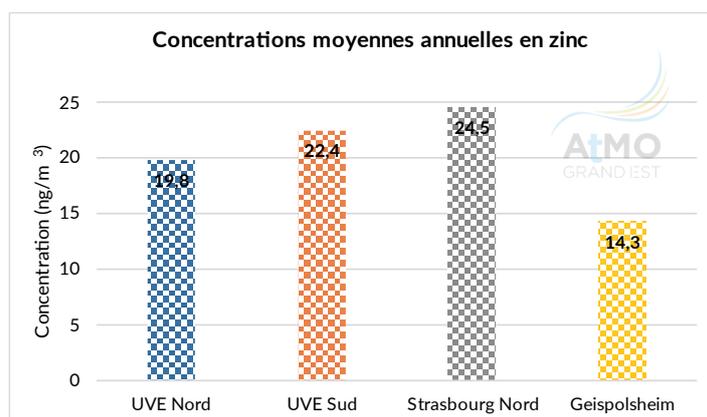


Figure 53 : Concentrations moyennes en zinc dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

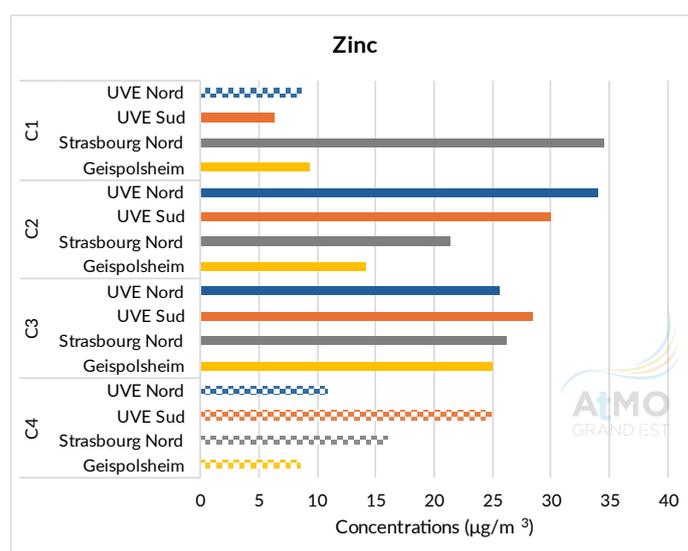


Figure 54 : Concentrations moyennes en zinc dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

En raison d'une contamination des filtres de blanc de terrain sur la campagne C1 et C4, les concentrations en zinc sont invalidées. Néanmoins elles sont tout de même présentées à titre informatif.

Pour les campagnes avec résultats valides, aucune différence significative n'est observée entre UVE Nord et UVE Sud.

La campagne C2 enregistre les plus hautes concentrations probablement en raison des conditions météorologiques moins favorables. Aucun écart significatif n'est observé entre UVE Sud et UVE Nord sur les différentes campagnes. Néanmoins le site UVE Nord est significativement supérieur aux sites témoins en C2.

## Etain

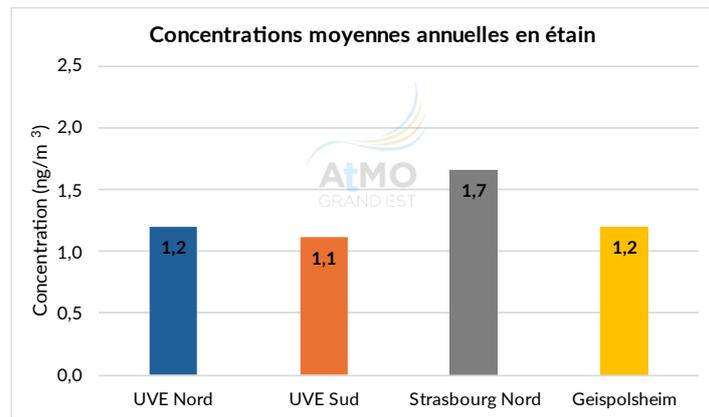


Figure 55 : Concentrations moyennes en étain dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

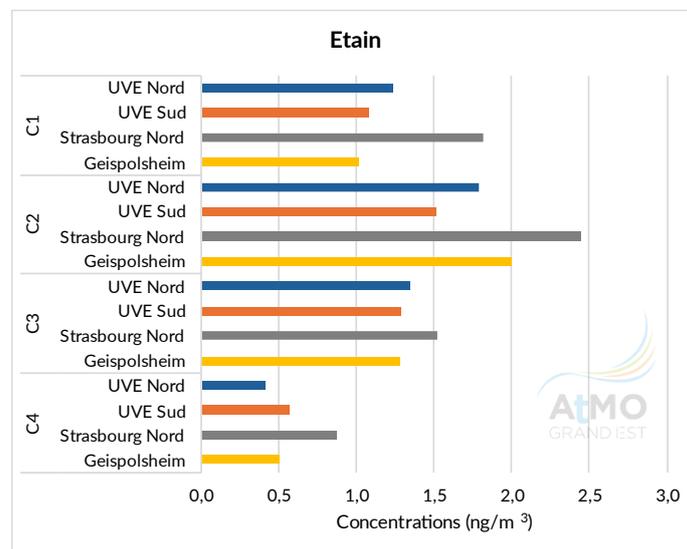


Figure 56 : Concentrations moyennes en étain dans les PM<sub>10</sub> sur les différentes campagnes de mesures

Les quatre sites présentent des concentrations en étain du même ordre de grandeur. Les concentrations autour de l'UVE sont donc typiques d'un bruit de fond urbain/périurbain.

La période C2 est celle où les teneurs en étain sont les hautes, probablement en raison des conditions météorologiques. Les concentrations sur UVE Nord et UVE Sud ne présentent pas de réelles différences sur les différentes campagnes.

## Vue d'ensemble sur les métaux :

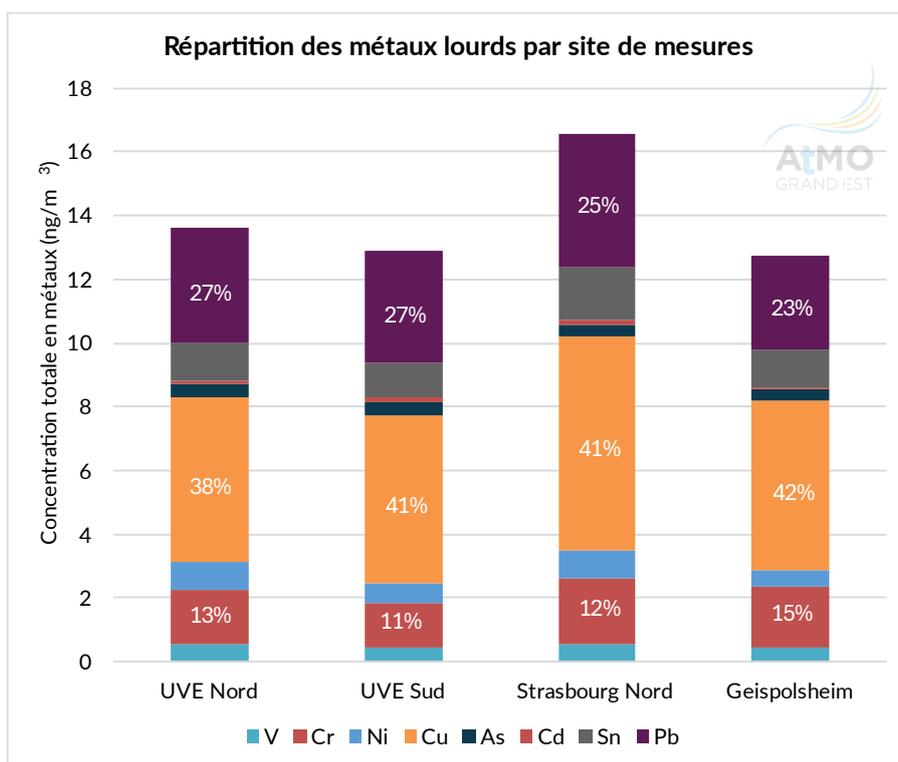


Figure 57 : Répartition en métaux totaux sur les  $PM_{10}$  mesurées sur les différents sites via les préleveurs actifs sur l'année glissante 2023-2024

En enlevant le zinc et le manganèse (données invalides), la répartition des métaux est similaire sur l'ensemble des sites : le cuivre prédomine, suivi par le plomb et le chrome. Cette répartition est similaire à celle des valeurs de l'INERIS pour le bruit de fond dans les retombées atmosphériques<sup>8</sup>.

Sur l'année d'étude, c'est le site Strasbourg Nord qui présente la plus haute concentration en métaux. Les sites UVE Nord et UVE Sud sont un peu au-dessus du site de Geispolsheim.

### 2.2.4. Le dioxyde de soufre $SO_2$

Les quatre sites prospectés ont été équipés de tubes passifs pour la mesure du  $SO_2$  sur la période.

<sup>8</sup> Rapport d'étude n° DRC-13-136338-06193C de l'INERIS et du BRGM

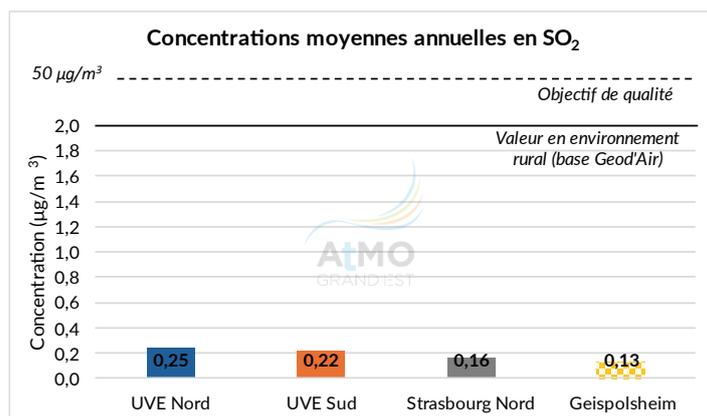


Figure 58 : Concentrations moyennes en SO<sub>2</sub> sur les différentes campagnes de mesures

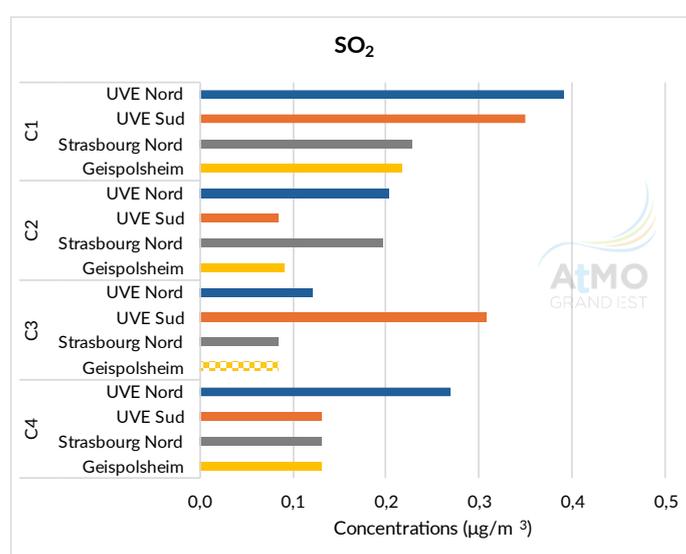


Figure 59 : Concentrations moyennes en SO<sub>2</sub> sur les différentes campagnes de mesures

Au niveau réglementaire : les deux seuils annuels, le niveau critique en moyenne annuelle et hivernale (pour la protection de la végétation) de 20 µg/m<sup>3</sup>, et l'objectif de qualité de 50 µg/m<sup>3</sup> n'ont pas été dépassés.

Sur les différentes campagnes, les sites enregistrent des concentrations proches ou inférieures à la limite de quantification et peuvent être qualifiées de faibles.

### 2.2.5. L'ammoniac NH<sub>3</sub>

Les 4 sites prospectés ont été équipés de tubes passifs pour la mesure du NH<sub>3</sub> sur la période.

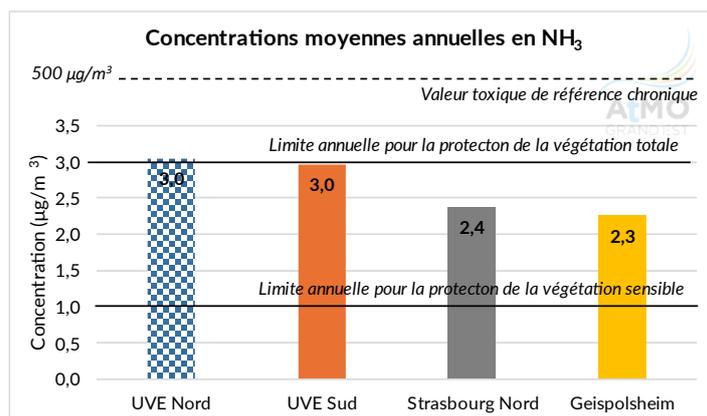


Figure 60 : Concentrations moyennes en NH<sub>3</sub> sur les différentes campagnes de mesures

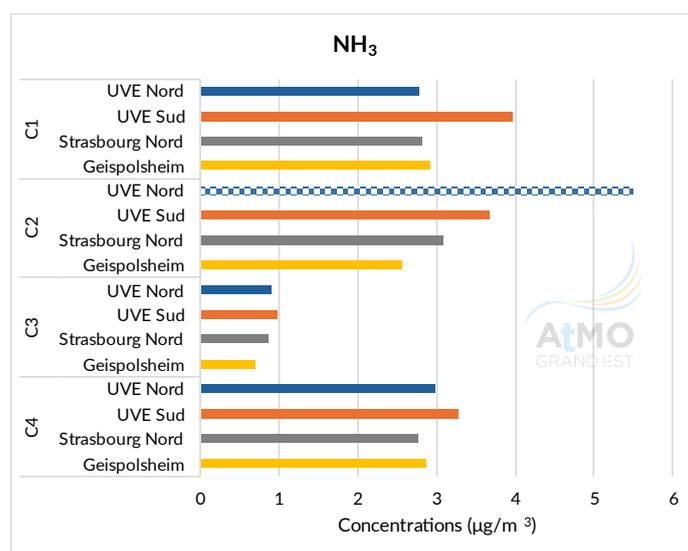


Figure 61 : Concentrations moyennes en NH<sub>3</sub> sur les différentes campagnes de mesures

Le tube de prélèvement du site UVE Nord est tombé, mais la concentration associée au prélèvement est tout de même présentée à titre indicatif.

Par rapport aux valeurs de référence (pas de réglementation pour le NH<sub>3</sub>), à titre indicatif :

- La valeur toxique de référence annuelle chronique par inhalation de 500 µg/m<sup>3</sup> n'est pas dépassée ;
- La limite annuelle pour la protection de la végétation sensible de 1 µg/m<sup>3</sup> est dépassée sur les 4 sites ;
- La limite annuelle pour la protection de la végétation totale de 3 µg/m<sup>3</sup> est dépassée sur les 4 sites.

Sur cette campagne de mesures, les concentrations sur les 4 sites sont du même ordre de grandeur, sans écart significatif.

Sur la période C3, en hiver, les concentrations sont plus basses, probablement en raison de l'absence d'épandages agricoles sur la période. Quelle que soit la campagne, l'écart entre UVE Sud et UVE Nord n'est pas significatif.

### 2.2.6. L'acide chlorhydrique HCl

Les sites prospectés ont été équipés de tubes passifs pour la mesure du HCl sur la période.

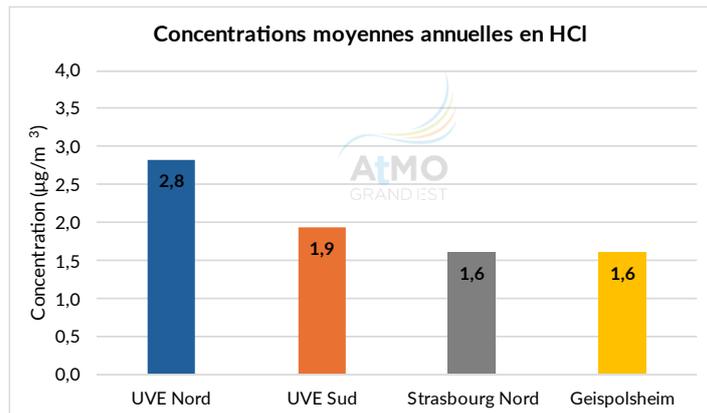


Figure 62 : Concentrations moyennes en HCl sur les différentes campagnes de mesures

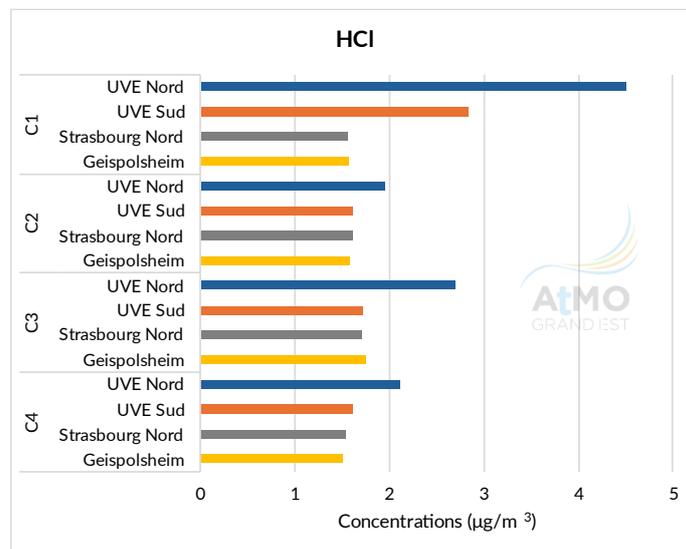


Figure 63 : Concentrations moyennes en HCl sur les différentes campagnes de mesures

Seuls les sites UVE Sud et particulièrement UVE Nord ont vu leurs concentrations en HCl supérieures à la limite de quantification au cours de différents prélèvements, sans direction de vent commune à tous ces prélèvements. Néanmoins, cela indique probablement une source d'émission en HCl à proximité du site UVE Nord ou dans ses alentours.

### 2.2.7. L'acide fluorhydrique HF

Les sites prospectés ont été équipés de tubes passifs pour la mesure du HF sur la période.

Sur les quatre sites, toutes les concentrations mesurées étaient inférieures à la limite de quantification sur l'ensemble des mesures effectuées.

## 2.3. MESURES DES DIOXINES/FURANNES DANS LES RETOMBÉES ATMOSPHERIQUES TOTALES

Concentrations en équivalent toxique :

Le tableau 21 et la figure 64 présentent les concentrations de dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques totales en total I-TEQ MAX<sup>9</sup> (cas le plus défavorable) moyenne sur l'année glissante 2023-2024 avec le calcul de l'OMS 1998, et également celui de l'OMS 2022, comparé aux valeurs de référence de la littérature.

Concentration en dioxines/furannes (pg I-TEQ/m <sup>2</sup> /j)	UVE Nord	UVE Sud	Strasbourg Nord	Geispolsheim
OMS 1998	1,73	1,99	1,15	1,16
OMS 2022	1,71	2,00	0,96	0,96

Tableau 21 : Concentrations en dioxines et furannes en équivalent toxique (calcul OMS 1998 et OMS 2022) dans les retombées atmosphériques totales au cours de l'année glissante 2023-2024

<sup>9</sup> Total I-TEQ MAX : Quantité toxique équivalente totale maximale où l'on considère les concentrations congénères en-dessous de la limite de quantification égales à cette limite de quantification ; il s'agit du cas le moins favorable.

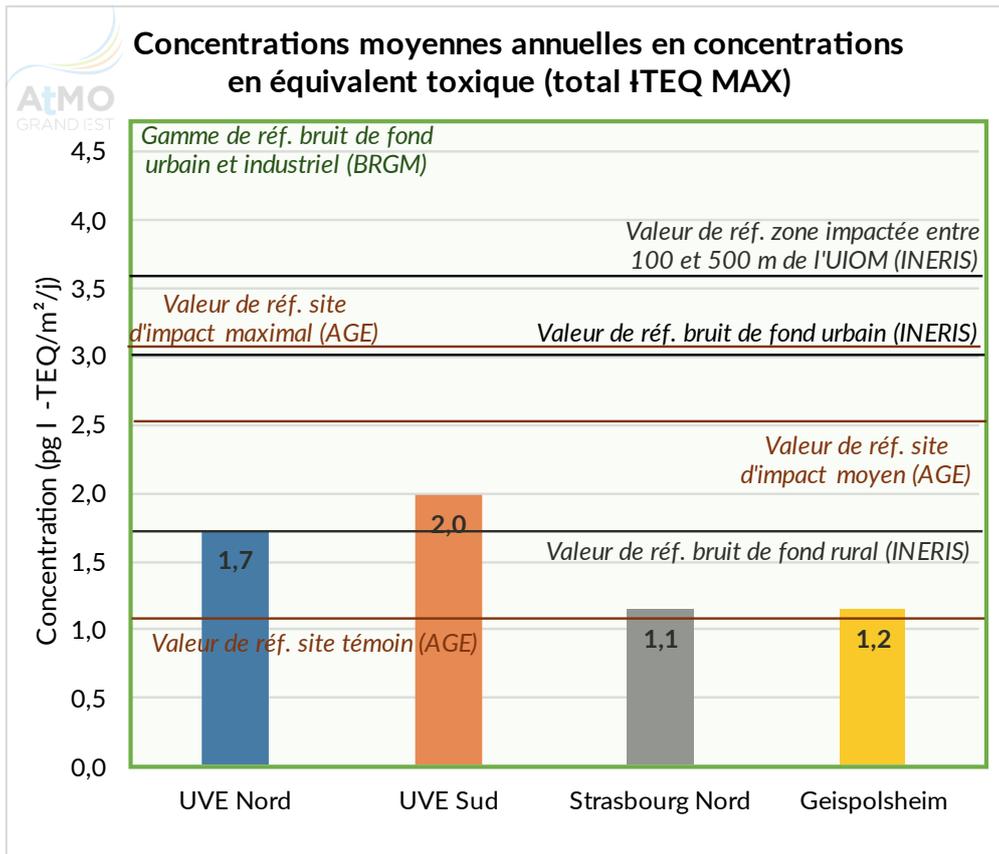


Figure 64 : Concentrations en total I-TEQ MAX (calcul OMS 1998) des dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques totales moyennes de l'année glissante 2023-2024

Les concentrations en équivalent toxique maximal, peu importe le calcul (OMS 1998 ou 2022), sont dans la gamme de référence du BRGM pour le bruit de fond urbain et industriel. Les concentrations des 4 sites sont également inférieures à la concentration de référence de l'INERIS du bruit de fond urbain, excepté le site UVE Sud, pour les deux calculs.

Ainsi, le site UVE Sud se distingue en étant supérieur aux autres sites. Le site UVE Nord est également supérieur aux sites témoins.

Par rapport aux valeurs issues des statistiques établies par ATMO Grand Est, les sites UVE Sud et UVE Nord, quel que soit le calcul (OMS 1998 ou 2022), se situent entre les gammes de concentration de sites d'impact moyen et les sites témoins. Les sites témoins Geispolsheim et Strasbourg Nord sont plutôt proches des valeurs de sites témoins.

Concentrations en masse :

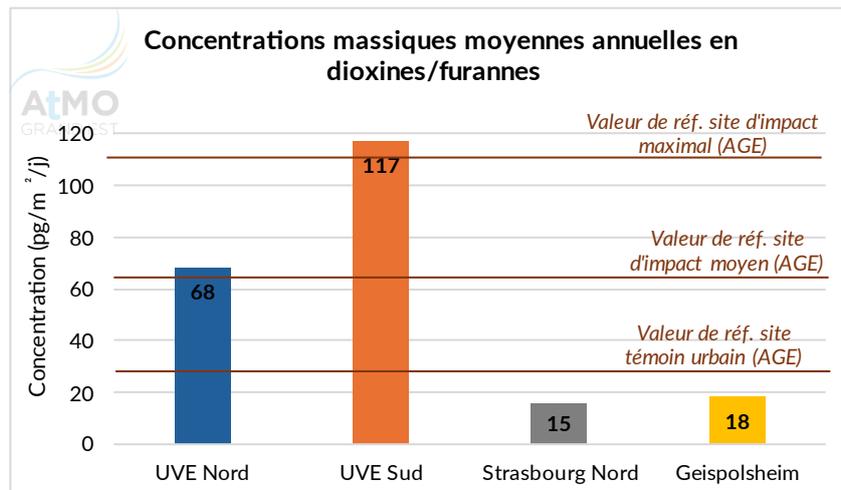


Figure 65 : Concentrations massiques totales en dioxines/furannes (sur les 17 congénères prospectés) dans les retombées atmosphériques totales moyennes sur l'année glissante 2023-2024

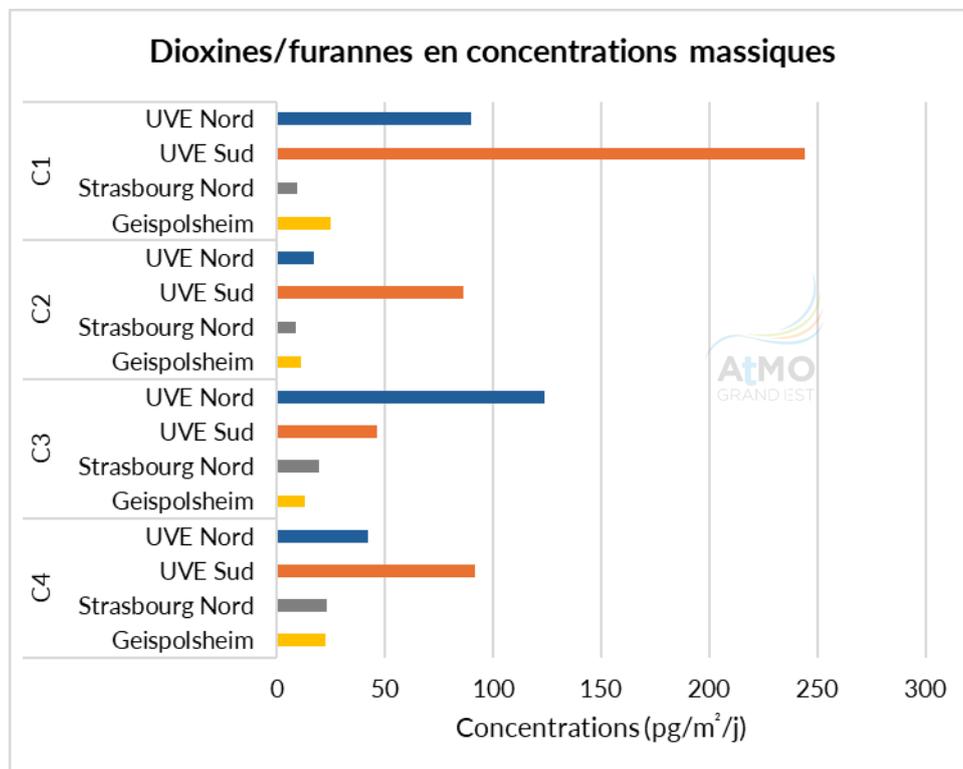


Figure 66 : Concentrations massiques totales en dioxines/furannes (sur les 17 congénères prospectés) sur les différentes campagnes de mesures

Le site UVE Nord et particulièrement le site UVE Sud, en zone industrielle, présentent une concentration en dioxines/furannes supérieure à celles des sites témoins Strasbourg Nord et Geispolsheim. Cela suggère la présence de sources prédominantes en dioxines/furannes au niveau de cette zone.

En comparaison avec les statistiques établies par ATMO Grand Est, les sites UVE Nord et UVE Sud se situent dans les gammes de concentrations des sites exposés aux émissions d'une UVE. Le site UVE Nord se situe au niveau des sites « d'impact moyen », et le site UVE Sud au niveau des sites « d'impact

maximal ». Quant aux sites témoins, leurs concentrations sont semblables à celles des sites témoins urbains.

Sur les différentes campagnes, systématiquement, un ou les sites autour de l'UVE présentent des concentrations significativement supérieures aux sites témoins. Sur le site UVE Sud, la concentration la plus haute est observée en C1, seule campagne où les vents étaient majoritairement du nord-est, impliquant peut-être un impact de l'UVE sur les concentrations.

### Répartitions des congénères :

La figure 67 présente les profils moyens des congénères de dioxines/furannes des retombées atmosphériques totales mesurées au cours des 4 campagnes.

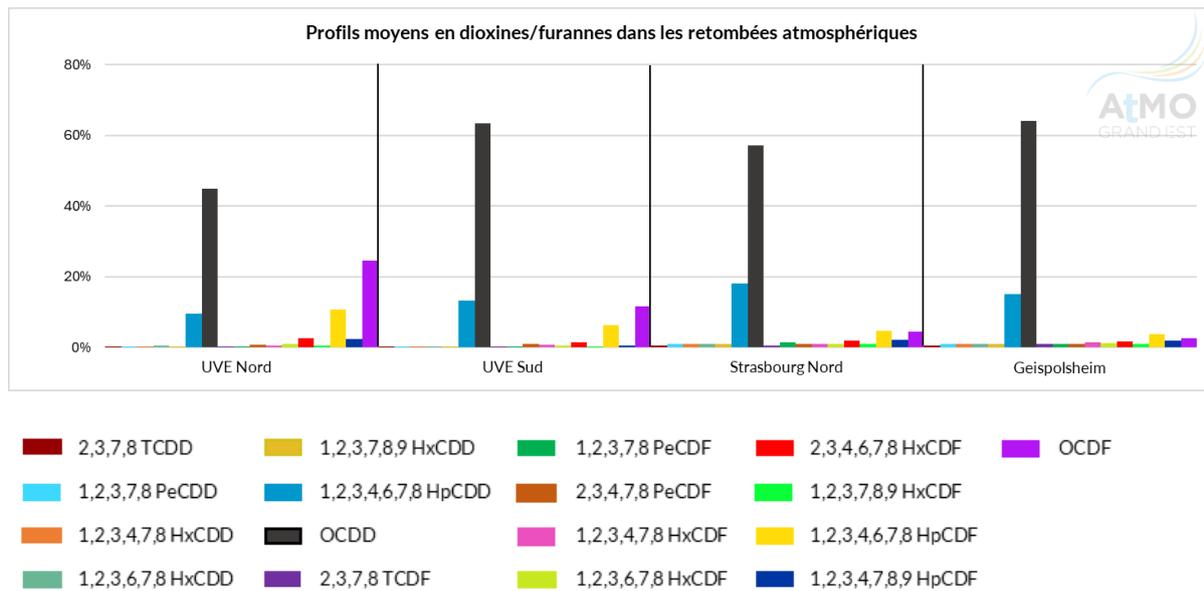


Figure 67 : Teneurs des différents congénères de dioxines/furannes dans les retombées moyennes sur l'année glissante 2023-2024

L'**OCDD** est le congénère prédominant relevé sur l'ensemble des sites prospectés, suivi par le **1,2,3,4,6,7,8 HpCDD**. Ces deux derniers ne sont ainsi pas spécifiques à la zone industrielle, mais relèvent de bruit de fond ambiant.

En revanche, spécifiquement sur les sites UVE Nord et UVE Sud, les congénères **1,2,3,4,6,7,8 HpCDF** et **OCDF** sont particulièrement observés, témoignant d'une source spécifique en furannes au niveau de la zone industrielle. Cette source réside potentiellement en partie au niveau de l'UVE en raison des similitudes avec les profils des dioxines/furannes observés en sortie de cheminées avec ceux des retombées des sites UVE Nord et UVE Sud.

### 3. CONCLUSION

---

Ce rapport fait état des 4 campagnes de mesures de la qualité de l'air à proximité de l'UVE SENERVAL, ayant eu lieu sur 4 saisons différentes au cours de l'année glissante 2023-2024 (C1 : été 2023, C2 : automne 2023, C3 : hiver 2023/2024, C4 : printemps 2024) sur 4 sites de mesures : UVE Nord et UVE Sud, à proximité de l'UVE dans la zone industrielle, et Strasbourg Nord et Geispolsheim, sites témoins urbain et périurbain respectivement.

Pour la majorité des campagnes, C2, C3 et C4, les vents étaient surtout dirigés vers le site UVE Nord, mais le site UVE Sud était également théoriquement touché en raison de la fréquence élevée des vents faibles. Sur la campagne C1, les vents étaient en revanche plutôt dirigés vers le site UVE Sud. Pour beaucoup de polluants, les campagnes C2 et C3 présentaient les concentrations les plus élevées en raison des conditions météorologiques.

**Sur l'ensemble des polluants réglementés (NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, métaux lourds et SO<sub>2</sub>), les valeurs réglementaires ont été respectées pour les sites UVE Nord et UVE Sud.**

Concernant le NO<sub>2</sub>, pour les campagnes par analyseurs automatiques, le site UVE Nord présente des niveaux presque similaires à Strasbourg Nord mais bien inférieurs au quartier Danube. Pour les campagnes par tubes passifs, les sites UVE Nord et UVE Sud présentent des concentrations presque similaires entre elles et avec les sites témoins Geispolsheim et Strasbourg Nord. Ainsi, les concentrations aux abords de l'UVE restent typiques de celles rencontrées en milieu urbain/périurbain.

Concernant les PM<sub>10</sub>, le site UVE Nord présente des niveaux presque similaires à Strasbourg Nord mais bien inférieurs au quartier Danube. Pour les campagnes par préleveurs, les deux sites UVE Sud enregistrent des concentrations du même ordre de grandeur et sont très proches des niveaux des sites témoins. Les concentrations aux alentours de l'UVE sont alors typiques de celles d'une zone périurbaine/urbaine.

Concernant les métaux lourds dans les PM<sub>10</sub>, En raison d'une contamination des filtres de blanc de terrain sur les campagnes C1 et C4, les concentrations moyennes annuelles en zinc et en manganèse ont été invalidées. Les métaux suivants ont été mesurés en dessous de la limite de quantification : cobalt, sélénium, thallium et mercure. Les concentrations sur les sites UVE Nord et UVE sont du même ordre de grandeur que celles des sites témoins. Ainsi, aux alentours de l'UVE les concentrations sont de l'ordre du bruit de fond urbain/périurbain.

Concernant le SO<sub>2</sub>, les concentrations sur les quatre sites sont très proches ou inférieures à la limite de quantification et peuvent être qualifiées de faibles.

Concernant le NH<sub>3</sub>, la moyenne annuelle pour le site UVE Nord n'a pas pu être validée en raison de la chute d'un tube sur la campagne C2. Par rapport aux valeurs de référence (pas de réglementation pour le NH<sub>3</sub>), sur tous les sites, la valeur toxique de référence annuelle chronique par inhalation n'est pas dépassée. Cependant, la valeur pour la végétation sensible est dépassée sur tous les sites, témoins comme exposés. Les concentrations semblent être en grande partie liées aux épandages agricoles impactant les concentrations urbaines.

Concernant le HCl, Seuls les sites UVE Sud et particulièrement UVE Nord ont vu leurs concentrations en HCl supérieures à la limite de quantification au cours de différents prélèvements, sans direction de vent commune à tous ces prélèvements. Néanmoins, cela indique probablement une source d'émission en HCl à proximité du site UVE Nord ou dans ses alentours.

Concernant le **HF**, l'ensemble des sites a enregistré des concentrations inférieures à la limite de quantification sur toutes les campagnes de mesures.

Concernant les **dioxines et furannes dans les retombées atmosphériques totales**, les concentrations des sites UVE Nord et UVE Sud en équivalent toxique maximal (I-TEQ MAX) se distinguent en étant supérieures aux 2 sites témoins. La concentration en équivalent toxique maximal du site UVE Sud se situe au-dessus de la valeur de référence de bruit de fond rural de l'INERIS en prenant en compte le calcul de l'OMS 1998 et le calcul de l'OMS 2022, mais reste inférieure à la valeur de référence de bruit de fond urbain.

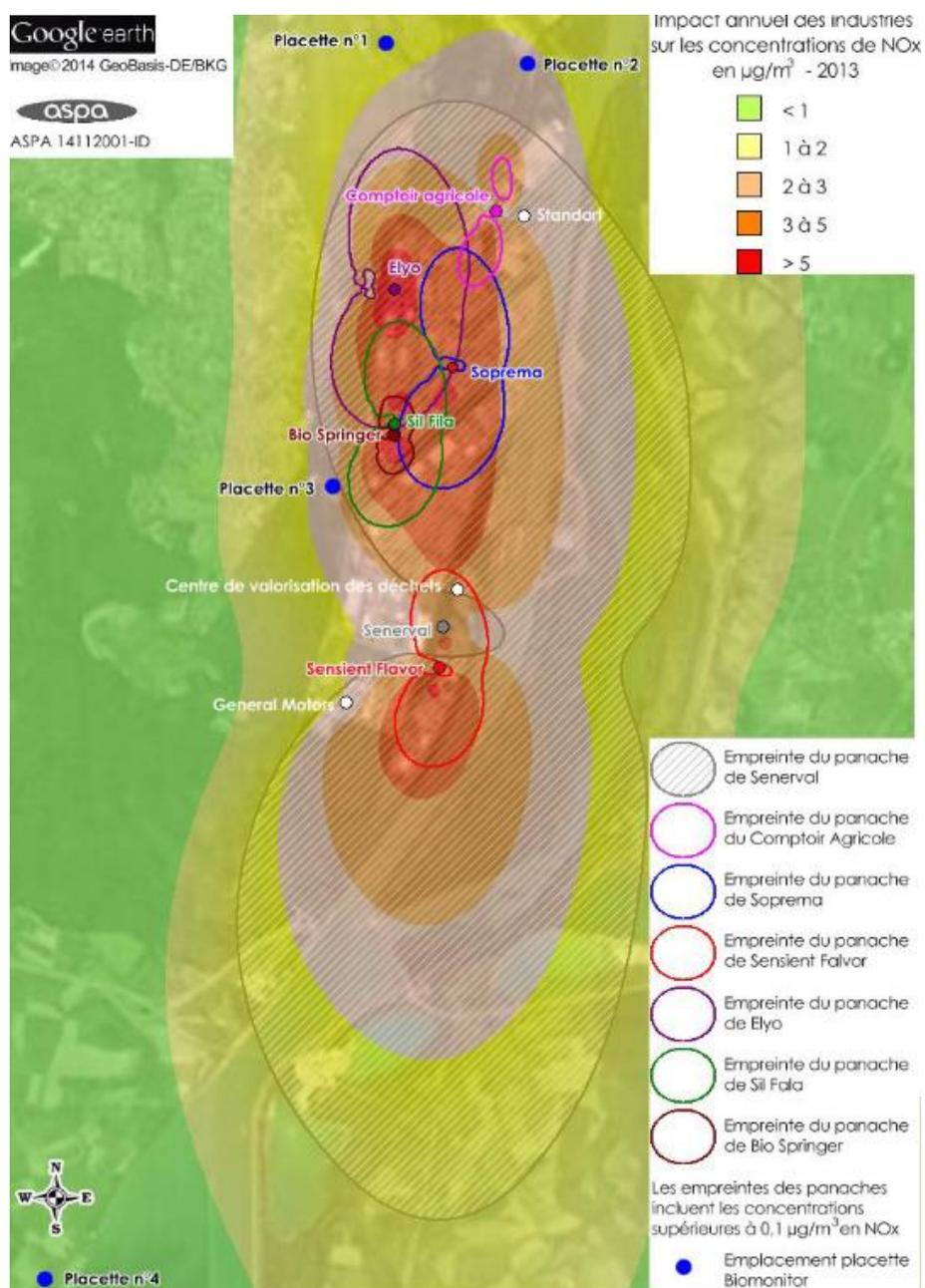
Le site UVE Nord et particulièrement le site UVE Sud, présentent des concentrations massiques en dioxines/furannes supérieures à celles des sites témoins Strasbourg Nord et Geispolsheim. Cela témoignant d'une source prééminente en dioxine dans la zone industrielle, particulièrement au niveau ou autour du site UVE Sud, potentiellement en lien avec l'UVE au vu des directions de vent.

Les 4 sites de mesures enregistrent deux congénères en commun (OCDD et 1,2,3,4,6,7,8 HpCDD), tendant à montrer qu'une partie des dioxines/furannes mesurés dans les retombées sont liés au bruit de fond environnemental. Néanmoins, deux autres congénères ressortent à UVE Sud et UVE Nord, le 2,3,4,6,7,8 HxCDF et 1,2,3,4,6,7,8 HpCDF, en commun avec les émissions de l'UVE, n'excluant pas un impact de cette dernière sur les retombées.

Ainsi, en considérant les résultats de l'ensemble des polluants étudiés, seules les concentrations en dioxines et furannes présentent une réelle différence entre les niveaux de la zone industrielle et les niveaux de fond de Strasbourg, potentiellement en lien avec les émissions de l'UVE. Le suivi pérenne des dioxines et furannes autour de l'usine doit ainsi se poursuivre afin de surveiller l'évolution de cet impact sur l'environnement.

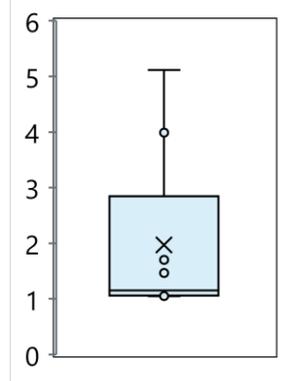
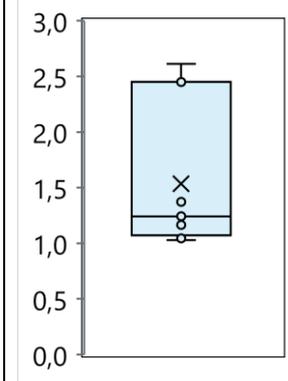
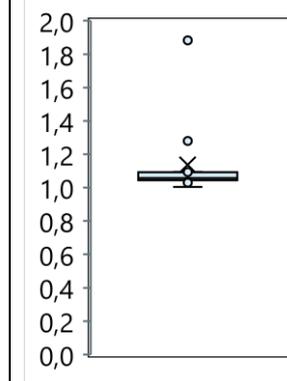
## ANNEXE 1

Carte de modélisation des concentrations de NO<sub>x</sub> émises par SENERVAL et d'autres industries émettrices alentours (« Usine d'incinération de Strasbourg : SENERVAL - Analyse de l'impact de l'usine d'incinération d'ordures ménagères sur la qualité de l'air » par l'Aspa en décembre 2014).



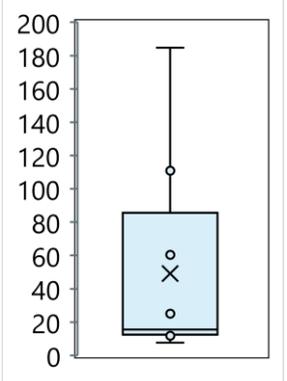
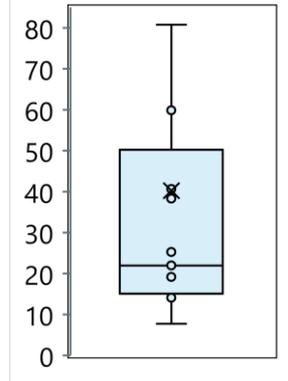
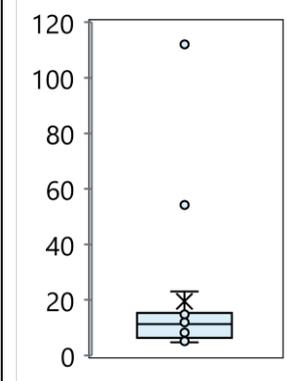
## ANNEXE 2

Valeurs de référence pour les dioxines dans les retombées atmosphériques totales

Influence de l'incinérateur		Impact maximal	Impact moyen	Impact faible
Nombre de données (moyennes annuelles et spatiales)		9	13	16
Années couvertes		2020 - 2023		
Nombre de départements couverts		2	4	4
Concentrations en dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques totales en <b>total I-TEQ MAX</b> en pg I-TEQ/m <sup>2</sup> /j (OMS 1998)	<b>Valeurs ubiquitaires</b> (centile 10 - centile 90)	<b>1,05 - 4,22</b>	<b>1,05 - 2,50</b>	<b>1,04 - 1,29</b>
	Centile 25	1,06	1,10	1,05
	Moyenne	1,97	1,56	1,14
	Médiane	1,15	1,24	1,06
	Centile 75	1,70	2,28	1,09
	Distribution statistique			

Influence/typologie		Témoïn rural	Témoïn urbain	
Nombre de données (moyennes annuelles et spatiales)		10	10	
Années couvertes		2020 - 2023		
Nombre de départements couverts		3	2	
Concentrations en dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques totales en total I-TEQ MAX en pg I-TEQ/m <sup>2</sup> /j (OMS 1998)	<b>Valeurs ubiquitaires (centile 10 - centile 90)</b>	<b>1,02 - 1,06</b>	<b>1,00 - 1,09</b>	
	Centile 25	1,04	1,03	
	Moyenne	1,05	1,05	
	Médiane	1,05	1,05	
	Centile 75	1,06	1,08	
	Distribution statistique			

Statistiques et valeurs ubiquitaires de concentrations en dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques totales en total I-TEQ MAX pour les sites témoins

Influence de l'incinérateur		Impact maximal	Impact moyen	Impact faible
Nombre de données (moyennes annuelles et spatiales)		9	13	16
Années couvertes		2020 - 2023		
Nombre de départements couverts		2	4	4
Concentrations massiques en dioxines/furannes (17 congénères les plus toxiques) dans les retombées atmosphériques totales en pg/m <sup>2</sup> /j	Valeurs ubiquitaires (centile 10 - centile 90)	11 - 126	14 - 77	5 - 39
	Centile 25	13	15	6
	Moyenne	49	40	19
	Médiane	15	22	11
	Centile 75	60	41	15
	Distribution statistique			

Influence/typologie		Témoïn rural	Témoïn urbain
Nombre de données (moyennes annuelles et spatiales)		10	10
Années couvertes		2020 - 2023	
Nombre de départements couverts		2	4
Concentrations massiques en dioxines/furannes (17 congénères les plus toxiques) dans les retombées atmosphériques totales en pg/m <sup>2</sup> /j	<b>Valeurs ubiquitaires (centile 10 - centile 90)</b>	<b>9 - 12</b>	<b>10 - 25</b>
	Centile 25	9	11
	Moyenne	10	16
	Médiane	10	16
	Centile 75	12	21
	Distribution statistique		



**AtMO**

GRAND EST

Metz - Nancy - Reims - Strasbourg

**Air • Climat • Energie • Santé**

Espace Européen de l'Entreprise - 5 rue de Madrid - 67300 Schiltigheim

Tél : 03 69 24 73 73 - [contact@atmo-grandest.eu](mailto:contact@atmo-grandest.eu)

Siret 822 734 307 000 17 - APE 7120 B

Association agréée de surveillance de la qualité de l'air