



Rapport d'étude

Cogénération bois SDCL / DALKIA

Plan de surveillance de la qualité de l'air – 2025

Période de mesure : du **11/01 au 18/02/2025**

Commune et département d'étude : Limoges, Haute-Vienne (87)



Référence :
IND_EXT_24_176

Version finale du :
23/06/2025

Auteur(s) : **Emilie PALKA, ingénieure d'études**
Vérification : Sarah LE BAIL, responsable du service Etudes
Validation : : Rémi FEUILLADE, directeur délégué production & exploitation





Résumé

Dans le cadre de ses obligations réglementaires de surveillance atmosphérique, l'entreprise SDCL/DALKIA a sollicité Atmo Nouvelle-Aquitaine afin de mettre en œuvre son plan de surveillance de la qualité de l'air autour du site de cogénération biomasse du Val de l'Aurence à Limoges (87). Différentes techniques de mesure ont été utilisées afin de caractériser les concentrations en air ambiant et dans les retombées atmosphériques de différents polluants : dioxines-furanes, métaux lourds, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), dioxyde d'azote (NO₂), dioxyde de soufre (SO₂), benzène et particules grossières (PM₁₀).

À ce titre, une nouvelle campagne de mesure a été réalisée entre janvier et février 2025. L'objectif des mesures est d'évaluer l'impact des émissions des activités de la centrale biomasse sur son environnement pour l'année 2025, de suivre l'évolution des concentrations des différents polluants par rapport aux années passées.

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes :

À titre indicatif, les polluants soumis à des seuils réglementaires (NO₂, SO₂, PM₁₀, benzène, benzo(a)pyrène, arsenic, cadmium, nickel, plomb) ont respecté ces derniers. Les seuils recommandés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ont été respectés pour les PM₁₀ et le SO₂. Ils ont été dépassés pour le NO₂, néanmoins il s'agit d'une pollution urbaine globale, non liée à la SDCL. Les niveaux relevés pour tous les polluants sont du même ordre de grandeur que les années précédentes ou similaires à d'autres installations de la région.

L'impact de la SDCL sur les concentrations en dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, particules grossières et benzène est faible par rapport aux autres sources de pollution sur le territoire (chauffage au bois résidentiel, trafic routier, ...). Une faible surconcentration en cuivre et certains HAP a pu être observée, pouvant être apportée par la SDCL. Les dioxines-furanes ayant pu être partiellement apportés par le chauffage au bois, il n'est pas possible de conclure sur l'impact de la SDCL au regard de ces polluants.



Avant-Propos

Titre : Cogénération bois SDCL / DALKIA - Plan de surveillance de la qualité de l'air - 2025

Reference : IND_EXT_24_176

Version : finale du 23/06/2025

Délivré à : DALKIA Limoges Biomasse SDCL - 38 rue Jules Ladoumègue 87000 Limoges

Selon offre n° : IND_EXT_24_176 version 1 du 26/11/2024

Nombre de pages : 54 (couverture comprise)

Validation numérique du rapport, le

Conditions d'utilisation

Atmo Nouvelle-Aquitaine fait partie du dispositif français de surveillance et d'information sur la qualité de l'air. Sa mission s'exerce dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 et de ses décrets d'application.

À ce titre et compte tenu de ses statuts, Atmo Nouvelle-Aquitaine est garant de la transparence de l'information sur les résultats de ces travaux selon les règles suivantes :

- Atmo Nouvelle-Aquitaine est libre de leur diffusion selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site internet (www.atmo-nouvelleaquitaine.org)
- les données contenues dans ce rapport restent la propriété d'Atmo Nouvelle-Aquitaine. En cas de modification de ce rapport, seul le client sera informé d'une nouvelle version. Tout autre destinataire de ce rapport devra s'assurer de la version à jour sur le site Internet de l'association.
- en cas d'évolution de normes utilisées pour la mesure des paramètres entrant dans le champ d'accréditation d'Atmo Nouvelle-Aquitaine, nous nous engageons à être conforme à ces normes dans un délai de 6 mois à partir de leur date de parution
- toute utilisation de ce document doit faire référence à Atmo Nouvelle-Aquitaine et au titre complet du rapport.

Atmo Nouvelle-Aquitaine ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations, travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux pour lesquels l'association n'aurait pas donné d'accord préalable. Dans ce rapport, les incertitudes de mesures ne sont pas prises en compte lors de comparaison à un seuil réglementaire.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Nouvelle-Aquitaine :

- depuis le [formulaire de contact](#) de notre site Web
- par mail : contact@atmo-na.org
- par téléphone : 09 84 200 100

Table des matières

1. Introduction et contexte	6
2. Polluants suivis	7
2.1. Dioxines (PCDD) et furanes (PCDF).....	7
2.2. Métaux lourds	8
2.3. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).....	9
2.4. Dioxyde d'azote (NO ₂)	10
2.5. Dioxyde de soufre (SO ₂)	10
2.6. Particules grossières (PM ₁₀)	11
2.7. Composés Organiques Volatils (COV)	12
3. Méthodes de mesure	13
3.1. Méthodes utilisées	13
3.1.1. Mesures automatiques	13
3.1.2. Mesures par prélèvement suivi d'une analyse chimique.....	14
3.2. Tubes passifs pour la mesure du NO ₂ , du SO ₂ et des BTEX	15
3.3. Analyseurs automatiques pour la mesure des NO _x , PM ₁₀ et SO ₂	15
3.4. Préleveurs dynamiques bas volume pour la mesure des métaux lourds (hors mercure) dans l'air ambiant.....	15
3.5. Préleveurs dynamiques haut volume pour la mesure des PCDD/F et HAP dans l'air ambiant.....	16
3.6. Tubes actifs Hydrar pour la mesure du mercure gazeux dans l'air ambiant.....	16
3.7. Jauges de dépôt pour la mesure des retombées des PCDD/F métaux lourds	16
4. Dispositif de mesure	17
5. Conditions environnementales	18
6. Présentation des résultats	22

6.1.	Dioxines et furanes	22
6.1.1.	Dioxines et furanes dans les retombées atmosphériques.....	22
6.1.2.	Dioxines-furanes en air ambiant.....	24
6.2.	Métaux lourds	26
6.2.1.	Métaux dans les retombées atmosphériques	26
6.2.2.	Métaux dans l'air ambiant	28
6.3.	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).....	30
6.4.	Dioxyde d'azote (NO ₂).....	33
6.4.1.	Mesure du NO ₂ par tubes passifs.....	33
6.4.2.	Mesure du NO ₂ par analyseurs automatiques.....	35
6.5.	Dioxyde de soufre (SO ₂)	37
6.5.1.	Mesure du SO ₂ par tubes passifs.....	37
6.5.2.	Mesure du SO ₂ par analyseurs automatiques.....	38
6.6.	Particules grossières PM ₁₀	40
6.7.	Benzène.....	42
7.	Conclusion	44

Tables des annexes

Annexes 1 : Dioxines-furanes.....	52
-----------------------------------	----

1. Introduction et contexte

Dans le cadre de ses obligations réglementaires de surveillance atmosphérique, l'entreprise SDCL/DALKIA a sollicité Atmo Nouvelle-Aquitaine afin de mettre en œuvre son plan de surveillance de la qualité de l'air autour du site de cogénération biomasse du Val de l'Aurence à Limoges.

Initiée en 2012 avec la modélisation des retombées de panache autour de la centrale [1] et une première campagne de mesure réalisée en 2012 [2], l'évaluation de l'impact de la centrale de cogénération sur la qualité de l'air s'est poursuivie depuis à l'aide de campagnes de mesure réalisées chaque année sur une période identique.

Différentes techniques de mesure ont été utilisées afin de caractériser les concentrations en air ambiant et dans les retombées atmosphériques de différents polluants : dioxines et furanes, métaux, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), dioxyde d'azote (NO₂), dioxyde de soufre (SO₂), benzène, particules grossières (PM₁₀).

A ce titre, une nouvelle campagne de mesures a été réalisée en 2025.

Les objectifs des mesures sont les suivants :

- Evaluer l'impact des émissions des activités de la centrale biomasse sur son environnement,
- Suivre l'évolution des concentrations des différents polluants par rapport aux années passées.

Il est important de rappeler le contexte géographique de la centrale de cogénération. En effet, la centrale est située dans un environnement périurbain. Des voies de circulation (boulevard et pénétrante) et des quartiers résidentiels sont situés à proximité. Ainsi, l'influence du trafic routier et du chauffage urbain ne peut être dissociée de l'impact de la chaufferie dans la suite de ce rapport.

2. Polluants suivis

2.1. Dioxines (PCDD) et furanes (PCDF)

Définition

Le terme « dioxines-furanes » regroupe deux grandes familles, les PolyChloroDibenzoDioxines (PCDD) et les PolyChloroDibenzoFuranes (PCDF), faisant tous les deux parties de la classe des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques Halogénés (HAPH). Leurs structures moléculaires très proches contiennent des atomes de carbone (C), de chlore (Cl) et d'oxygène (O), combinés autour de cycles aromatiques.

Origines

Les dioxines et furanes sont essentiellement issus des processus de combustion industriels à haute température et faisant intervenir les éléments chimiques appropriés (chlore, carbone, oxygène). C'est le cas notamment pour les activités de sidérurgie, métallurgie et les incinérateurs. Les activités de chauffage au bois représentent également une source de dioxines-furanes dans l'air.

Effets sur la santé

Il existe 75 congénères de PCDD et 135 congénères de PCDF dont la toxicité dépend fortement du degré de chloration. Les dioxines et furanes sont émis essentiellement par voie aérienne et retombent sous forme de dépôts atmosphériques. Les dioxines peuvent remonter dans la chaîne alimentaire en s'accumulant dans les graisses animales (œufs, lait, ...). Les dioxines et furanes peuvent provoquer à des doses variables des diminutions de la capacité de reproduction, un déséquilibre dans la répartition des sexes, des chloracnés, des cancers (le CIRC de l'OMS a classé la 2,3,7,8-TCDD, dite « de Seveso », comme substance cancérigène pour l'homme).

Effets sur l'environnement

Elles sont très peu assimilables par les végétaux et sont faiblement biodégradables (10 ans de demi-vie pour la 2,3,7,8-TCDD).

Molécules analysées

Les deux grandes familles de molécules (PCDD et PCDF) sont subdivisées en grandes familles d'homologues suivant leur degré de chloration :

Molécules	Abréviations
Dioxines Tétrachlorées	TCDD
Dioxines Pentachlorées	PeCDD
Dioxines Hexachlorées	HxCDD
Dioxines Heptachlorées	HpCDD
Dioxines Octachlorées	OCDD
Furanes Tétrachlorés	TCDF
Furanes Pentachlorés	PeCDF
Furanes Hexachlorés	HxCDF
Furanes Heptachlorés	HpCDF
Furanes Octachlorés	OCDF

Les analyses réalisées portent sur 17 congénères particuliers car présentant une toxicité élevée. Les concentrations sont exprimées en concentration équivalente toxique (I-TEQ). Ces dernières sont obtenues en multipliant la quantité nette retrouvée de la molécule par le coefficient de toxicité qui lui est propre (cf. annexe 1).

Remarques concernant l'analyse

Lorsque que les concentrations nettes sont inférieures aux seuils de quantification donnés par le laboratoire d'analyses (c'est-à-dire que les concentrations sont comprises entre 0 et la valeur de seuil de quantification), ce sont les valeurs de ces seuils de quantification qui sont prises en compte dans le calcul de la concentration équivalente toxique. Les résultats sont alors exprimés en concentrations I-TEQ max. Cette méthode permet de se placer dans la situation la plus défavorable, les concentrations inférieures aux seuils de quantification étant maximalisées.

Réglementation

Aucun seuil n'existe tant au niveau français qu'europpéen. Seuls des niveaux d'intervention ont été fixés dans le cadre de la biosurveillance des denrées alimentaires.

2.2. Métaux lourds

Définition

Les métaux ou éléments traces métalliques (ETM) correspondent aux éléments métalliques qui sont présents dans la croûte terrestre à des concentrations inférieures à 0,1%. Ils sont fréquemment désignés par le terme « métaux lourds » en raison de la forte masse volumique de certains d'entre eux (supérieure à 4,5 g/cm³), ou bien « métaux toxiques » du fait de leur caractère toxique.

La plupart des métaux lourds n'est que très faiblement volatile et non biodégradable. Ces deux principales caractéristiques confèrent aux métaux lourds une forte capacité d'accumulation dans tous les compartiments de la biosphère.

Origines

Les métaux lourds sont diffusés vers l'atmosphère lors de processus naturels comme l'érosion par le vent, les activités volcaniques, les embruns marins et les feux de forêts.

Cependant, ils ont aussi pour origines les activités anthropiques telles que la combustion des combustibles fossiles, l'incinération des ordures ménagères et industrielles, les industries du ciment et les fonderies, le chauffage et le trafic automobile (combustion du carburant, abrasion des freins et des pneumatiques).

Les métaux se trouvent généralement sous forme particulaire (sauf pour le mercure qui est principalement gazeux).

Effets sur la santé

Les métaux lourds peuvent pénétrer dans le corps humain par inhalation, ingestion ou exposition cutanée. Ils s'accumulent alors dans l'organisme et provoquent des effets toxiques à court et/ou à long terme. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires... Les effets engendrés par ces polluants sont variés et dépendent également de l'état chimique sous lequel on les rencontre (métal, oxyde, sel, organométallique).

Métaux analysés

Arsenic (As)	Cuivre (Cu)	Antimoine (Sb)	Thallium (Tl)
Cadmium (Cd)	Mercure (Hg)	Sélénium (Se)	Plomb (Pb)
Cobalt (Co)	Manganèse (Mn)	Etain (Sn)	Vanadium (V)
Chrome (Cr)	Nickel (Ni)	Tellure (Te)	Zinc (Zn)

Réglementation en air ambiant

A l'heure actuelle, les teneurs dans l'atmosphère de certains polluants sont réglementées. Ces seuils réglementaires sont définis au niveau européen dans des directives puis déclinés en droit français par des décrets ou des arrêtés. Les seuls métaux lourds réglementés dans l'air ambiant en France sont le cadmium, le nickel, l'arsenic et le plomb. Les seuils réglementaires sont donnés dans le tableau suivant.

Air ambiant	
Polluant	Seuil réglementaire [3] (en moyenne annuelle)
Arsenic (As)	Valeur cible 6 ng/m ³
Cadmium (Cd)	Valeur cible 5 ng/m ³
Nickel (Ni)	Valeur cible 20 ng/m ³
Plomb (Pb)	Objectif de qualité 250 ng/m ³
	Valeur limite 500 ng/m ³

Tableau 1 : seuils réglementaires en métaux lourds pour l'air ambiant

Valeurs de référence dans les retombées atmosphériques

Les retombées atmosphériques de métaux ne sont concernées par aucun seuil réglementaire. Il existe cependant des valeurs de référence en Allemagne [4] et en Suisse [5]. Elles sont définies dans le tableau suivant.

Retombées atmosphériques	
Polluant	Seuil de référence suisse ou allemand (moyenne annuelle)
Arsenic (As)	4 000 ng/m ² /jour
Cadmium (Cd)	2 000 ng/m ² /jour
Nickel (Ni)	15 000 ng/m ² /jour
Plomb (Pb)	100 000 ng/m ² /jour
Thallium (Tl)	2 000 ng/m ² /jour
Zinc (Zn)	400 000 ng/m ² /jour
Mercure (Hg)	1 000 ng/m ² /jour

Tableau 2 : valeurs de référence suisses et allemandes pour les métaux dans les retombées atmosphériques

Ces valeurs de référence sont applicables pour des moyennes annuelles. Dans le cadre de cette étude, les mesures sont réalisées sur une période courte, donc la comparaison avec les valeurs de référence est réalisée à titre indicatif.

2.3. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Origines

Les HAP sont des composés organiques qui présentent au moins 2 cycles benzéniques condensés. Ils font partie des polluants organiques persistants (POP). Ils sont issus des combustions incomplètes d'hydrocarbures (essence), de charbon et de matières organiques (bois, ...). La principale source

d'émission des HAP est anthropique (chauffage résidentiel, trafic automobile, ...). Ils peuvent se trouver dans l'environnement sous forme gazeuse ou particulaire.

Effets sur la santé

Leurs propriétés chimiques et physiques varient suivant leur structure, mais ils sont en général très hydrophobes (mis à part le naphthalène) et ils peuvent facilement s'absorber sur les matières organiques. De toxicité très variable, certains HAP sont faiblement toxiques, alors que d'autres sont des cancérigènes reconnus comme le Benzo(a)Pyrène, dont l'abréviation est : B(a)P.

Effets sur l'environnement

Les HAP peuvent être bioaccumulés par la faune et la flore. Des études ont montré que des teneurs en HAP peuvent être retrouvées entre autres chez les poissons et les crustacés.

Réglementation en air ambiant

Seul le B(a)P est soumis à une valeur cible qui est de **1 ng/m³** en moyenne annuelle [3].

Le B(a)P est utilisé comme traceur du risque cancérigène lié aux HAP.

2.4. Dioxyde d'azote (NO₂)

Origines

Les oxydes d'azote NO_x (= NO + NO₂), principalement émis par le trafic routier et les installations de combustion, jouent un rôle majeur dans le cycle de formation et de destruction de l'ozone. Le NO₂, formé à partir du NO et d'oxydants tels que l'ozone ou le dioxygène. Il est aussi détruit par l'action du rayonnement solaire.

Effets sur la santé

Le NO₂ est un gaz irritant pour les bronches. Dès 200 µg/m³, chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires.

Effets sur l'environnement

Les NO_x sont des gaz à effet de serre et interviennent dans le processus de formation de l'ozone troposphérique. Ils contribuent également au phénomène des pluies acides ainsi qu'à l'eutrophisation des cours d'eau et de lacs.

Réglementation en air ambiant

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine [3]	200 µg/m ³ (en moyenne horaire) à ne pas dépasser plus de 18h par an 40 µg/m ³ en moyenne annuelle
Lignes Directrices de l'OMS 2021 [6]	25 µg/m ³ en moyenne journalière 10 µg/m ³ en moyenne annuelle

2.5. Dioxyde de soufre (SO₂)

Origines

Le dioxyde de soufre (SO₂) est émis lors de la combustion des matières fossiles telles que charbons et fiouls. Les sources principales sont les centrales thermiques, les grosses installations de combustion industrielles et les unités de chauffage individuel et collectif.

Effets sur la santé

Le SO₂ est un irritant des muqueuses, de la peau, et des voies respiratoires supérieures (toux, gêne respiratoire). Il agit en synergie avec d'autres substances, notamment avec les particules fines. Les personnes asthmatiques y sont particulièrement sensibles.

Effet sur l'environnement

Le SO₂ se transforme en acide sulfurique au contact de l'humidité de l'air et participe au phénomène des pluies acides. Il contribue également à la dégradation de la pierre et des matériaux de nombreux monuments.

Réglementation en air ambiant

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine [3]	350 µg/m ³ (en moyenne horaire) à ne pas dépasser plus de 24h par an 125 µg/m ³ (en moyenne journalière) à ne pas dépasser plus de 3 jours par an
Objectif de qualité [3]	50 µg/m ³ en moyenne annuelle
Lignes Directrices de l'OMS 2021 [6]	40 µg/m ³ en moyenne journalière

2.6. Particules grossières (PM₁₀)

Origines

Les sources de particules ou "aérosols" sont nombreuses et variées d'autant qu'il existe différents processus de formation. Les méthodes de classification des sources sont basées sur les origines (anthropiques, marine, biogéniques, volcaniques) ou sur les modes de formation. Deux types d'aérosols peuvent ainsi être distingués :

- Les aérosols primaires : émis directement dans l'atmosphère sous forme solide ou liquide. Les particules liées à l'activité humaine proviennent majoritairement de la combustion de combustibles (production et transformation de l'énergie, chauffage des particuliers principalement biomasse...), du transport automobile (échappement, usure, frottements...) ainsi que des activités agricoles (labourage des terres...) et industrielles très diverses (fonderies, verreries, silos céréaliers, incinération, exploitation de carrières, BTP...). Leur taille et leur composition sont très variables.
- Les aérosols secondaires : directement formés dans l'atmosphère par des processus de transformation des gaz en particules par exemple sulfates (transformation du dioxyde de soufre) et nitrates. La majorité des particules organiques sont des aérosols secondaires.

Effets sur la santé

Selon leur taille (granulométrie), les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les plus grosses sont retenues par les voies aériennes supérieures. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes : c'est le cas de celles qui véhiculent certains HAP.

Effets sur l'environnement

Les effets de salissure des bâtiments et des monuments sont les atteintes à l'environnement les plus évidentes.

Réglementation en air ambiant

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine [3]	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (en moyenne journalière) à ne pas dépasser plus de 35 jours par an 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle
Objectif de qualité [3]	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle
Lignes Directrices de l'OMS 2021 [6]	45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle

2.7. Composés Organiques Volatils (COV)

Définition

Les COV sont multiples. Ils sont composés au moins d'une liaison entre un atome de carbone et un d'hydrogène. Il s'agit d'hydrocarbures (émis par évaporation des bacs de stockage pétroliers ou lors du remplissage des réservoirs automobiles), de composés organiques (provenant des procédés industriels, de la combustion incomplète des combustibles et carburants, des aires cultivées ou du milieu naturel), de solvants (émis lors de l'application de peintures et d'encres, lors du nettoyage des surfaces métalliques et des vêtements). Le méthane est considéré à part car il ne participe pas à la pollution photochimique, contrairement aux autres COV. On parle alors de COVNM (COV Non Méthaniques). Les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes) sont des COV.

Effets sur la santé

Les effets sont très divers selon les polluants : ils vont de la simple gêne olfactive à une irritation (aldéhydes), une diminution de la capacité respiratoire, jusqu'à des effets mutagènes et cancérogènes (le benzène est classé comme cancérogène).

Effets sur l'environnement

Les COVNM jouent un rôle majeur dans les mécanismes complexes de formation de l'ozone en basse atmosphère (troposphère), participent à l'effet de serre et au processus de formation du trou d'ozone dans la haute atmosphère (stratosphère).

Réglementation en air ambiant

Parmi les BTEX, seul le benzène est réglementé en air ambiant.

Valeur limite [3]	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle
Objectif de qualité [3]	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle

3. Méthodes de mesure

3.1. Méthodes utilisées

3.1.1. Mesures automatiques

Caractéristique mesurée	Matériel	Référence et/ou principe de la méthode	Accréditation
Concentration en oxydes d'azote (NO _x)	Analyseurs automatiques	NF EN 14211 - Dosage du dioxyde d'azote et du monoxyde d'azote par chimiluminescence	 ACCRÉDITATION COFRAC N° 1-6354* Portée disponible sur www.cofrac.fr
Concentration en dioxyde de soufre (SO ₂)		NF EN 14212 - Dosage du dioxyde de soufre par fluorescence UV	
Concentration en particules		NF EN 16450 - Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM10 ; PM2.5)	

* Les avis et interprétations ne sont pas couverts par l'accréditation COFRAC d'Atmo Nouvelle-Aquitaine. Toute utilisation des données d'Atmo Nouvelle-Aquitaine, couvertes par l'accréditation doit faire mention : "Ces essais ont été réalisés par Atmo Nouvelle-Aquitaine – Accréditation n°1-6354, portée disponible sous www.cofrac.fr", sans y associer le logo COFRAC et préciser que les rapports d'Atmo Nouvelle-Aquitaine sont disponibles sur demande ou joindre ces derniers dans leur intégralité au document rapportant ces résultats.

3.1.2. Mesures par prélèvement suivi d'une analyse chimique

Caractéristique mesurée	Matériel	Référence et/ou principe de la méthode de prélèvement	Référence et / ou principe de la méthode d'analyse
Concentration en benzène	Préleveur	NF EN 14662-4 - Prélèvement par diffusion suivi d'une désorption thermique et d'une analyse par chromatographie en phase gazeuse	NF EN ISO 16017-2 - Échantillonnage et analyse des composés organiques volatils par tube à adsorption/désorption thermique/chromatographie en phase gazeuse sur capillaire
Concentration en B(a)P		NF EN 15549 - Méthode normalisée pour la mesure de la concentration du benzo[a]pyrène dans l'air ambiant	
Concentration en benzo[a]anthracène, benzo[b]fluoranthène, benzo[j]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, dibenz[a,h]anthracène, indeno[1,2,3-cd]pyrène et benzo[ghi]perylène		XP CEN/TS 16645 - Méthode pour la mesure de benzo[a]anthracène, benzo[b]fluoranthène, benzo[j]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, dibenz[a,h]anthracène, indeno[1,2,3-cd]pyrène et benzo[ghi]perylène	Méthode interne selon NF EN 15549, chromatographie liquide haute performance
Concentration en métaux lourds		NF EN 14902 - Méthode normalisée pour la mesure du plomb, du cadmium, de l'arsenic et du nickel dans la fraction MP10 de matière particulaire en suspension	
Concentration en mercure gazeux		Prélèvement sur tube Hydrar avec pompe GilAir	Minéralisation AFS
Concentration en dioxydes d'azote (NO ₂)		NF EN 16339 - Méthode pour la détermination de la concentration du dioxyde d'azote au moyen d'échantillonneurs par diffusion	
Concentration en dioxyde de soufre (SO ₂)		Prélèvement par tube passif	Chromatographie ionique
Concentration en dioxines et furanes chlorés		Méthode interne : Prélèvement sur filtre de la matière particulaire en suspension (PM _{totales}) et mousse pour les gaz	HRGC/HRMS
Concentration en métaux lourds	Jauge	NF EN 15841 - Méthode normalisée pour la détermination des dépôts d'arsenic de cadmium, de nickel et de plomb	NF EN 15841 - Méthode normalisée pour la détermination des dépôts d'arsenic de cadmium, de nickel et de plomb NF X43-014 - Détermination des retombées atmosphériques totales - Échantillonnage - Préparation des échantillons avant analyses
Concentration en mercure		NF EN 15853 - Méthode normalisée pour la détermination des dépôts de mercure	Minéralisation AFS
Concentration en dioxines-furanes		NF X 43-014 - Détermination des retombées atmosphériques totales	Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse à haute résolution

3.2. Tubes passifs pour la mesure du NO₂, du SO₂ et des BTEX

Ce matériel repose sur les principes d'adsorption et de perméation.

L'échantillonnage du gaz polluant s'effectue par diffusion à travers une membrane poreuse (cylindre diffusif) jusqu'à une surface de piégeage (cartouche d'adsorbant). Cet échantillonnage n'implique aucun mouvement actif de l'air. Quand l'échantillonneur passif (tube à diffusion) est exposé, un gradient de concentration s'établit entre l'air à l'extérieur du tube et l'air en contact avec la surface de l'adsorbant. Ce différentiel de concentration va entraîner une diffusion des composés polluants à travers la membrane poreuse, de la zone la plus concentrée en polluants (air ambiant) vers la surface de l'adsorbant (cartouche) où ils sont captés et accumulés.



Figure 1 : tube passif (type Radiello)

L'échantillonneur passif est exposé à l'air pour une durée définie (7 jours). Le taux d'échantillonnage dépend du coefficient de diffusion du gaz polluant. Ce taux est appelé débit d'échantillonnage par diffusion et est déterminé par étalonnage préalable en atmosphère normalisée. Les résultats sont donc donnés en moyenne hebdomadaire.

Parallèlement à chaque échantillonnage, des « blancs terrains » sont réalisés afin de déterminer les concentrations résiduelles non affectables aux mesures mais liées aux processus utilisés (transport des tubes, manipulations, conditionnement, ...).

Après exposition, les tubes passifs sont conditionnés et envoyés au laboratoire pour analyse.

3.3. Analyseurs automatiques pour la mesure des NO_x, PM₁₀ et SO₂

Les analyseurs automatiques mesurent les concentrations de polluants en continu (avec un pas de temps de 15 minutes). Ils sont installés dans un laboratoire mobile.



Figure 2 : laboratoire mobile

3.4. Préleveurs dynamiques bas volume pour la mesure des métaux lourds (hors mercure) dans l'air ambiant

Les métaux lourds en phase particulaire (hors mercure) dans l'air ambiant sont prélevés sur filtres en quartz via un préleveur dynamique bas volume (de type Leckel) suivant un débit d'échantillonnage régulé de 2.3 m³/h et une coupure de prélèvement PM₁₀. Une fois exposés, les filtres sont conditionnés et envoyés au laboratoire d'analyse.

3.5. Préleveurs dynamiques haut volume pour la mesure des PCDD/F et HAP dans l'air ambiant

Les dioxines-furanes dans les particules totales en suspension (PM_{tot})¹ en air ambiant sont prélevés sur filtres en quartz et mousses polyuréthane (PUF) via un préleveur dynamique haut volume (de type DA80) suivant un débit d'échantillonnage régulé de 15 m³/h, pendant 2 semaines.

Les HAP sont prélevés à l'aide d'un deuxième préleveur haut volume, sur filtres, avec un débit de 30 m³/h et une coupure de prélèvement PM_{10} . Les prélèvements sont réalisés à raison de 24h toutes les 48h.

Une fois exposés, les filtres et mousses sont conditionnés et envoyés au laboratoire d'analyse.



Figure 3 : préleveur haut volume

3.6. Tubes actifs Hydrar pour la mesure du mercure gazeux dans l'air ambiant

Le mercure étant très volatil, il fait l'objet d'un prélèvement à part des autres métaux, sur un support spécifique.

Les prélèvements de mercure gazeux en air ambiant ont été réalisés à l'aide de tubes actifs Hydrar pendant 2 semaines sur chacun des deux sites en parallèle.

Une fois exposés, les tubes sont conditionnés et envoyés au laboratoire d'analyse.

3.7. Jauges de dépôt pour la mesure des retombées des PCDD/F métaux lourds

Les prélèvements de retombées atmosphériques sont réalisés au moyen de collecteurs nommés « jauges Owen ». Ils sont constitués d'un entonnoir surmontant un récipient de collecte. Pour les métaux lourds (sauf mercure), la jauge a une capacité de 20 litres et est en plastique PEHD. Pour le mercure, la jauge a une capacité de 10 litres et est en verre. Pour les dioxines-furanes, elle a une capacité de 20 litres et est en verre. L'ensemble est monté sur un trépied à environ 1,50 mètres de hauteur afin d'éviter une surcontamination de l'échantillon par le ré-envol de poussières sur le lieu de prélèvement.

Après exposition, les jauges sont conditionnées et envoyées au laboratoire pour l'analyse de leur contenu.



Figure 4 : jauge de prélèvement des retombées atmosphériques (en verre)

¹ Les années précédentes, les dioxines-furanes étaient prélevées dans les PM_{10} . Pour des raisons techniques, les prélèvements sont réalisés dans les PM_{tot} , ne permettant pas de comparer les résultats à l'historique.

4. Dispositif de mesure

Le plan d'échantillonnage a été adapté au regard des résultats obtenus depuis 2012. Ainsi, quatre sites de mesures ont été investigués. Les caractéristiques des différents sites sont rassemblées dans le Tableau 3. Les secteurs de vents pour lesquels les sites sont exposés aux rejets de la centrale de cogénération y sont renseignés ainsi que les distances au site de production.

Les coordonnées X et Y sont données en Lambert 93.

N° site	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Nom du site	Madoumier	Durkheim	Rue des Sapins	Landouge
Coordonnée X	562093	562534	564086	559969
Coordonnée Y	6527796	6528213	6529584	6528543
Secteur d'exposition (+/- 45°)	337°	225°	230°	107°
Distance à la chaufferie (en m)	110	580	2 640	2 180

Tableau 3 : sites de mesure

Les 4 sites de mesures sont représentés sur la Figure 5, ci-après. Le matériel de mesure ainsi que les dates où ont été réalisées les mesures sont présentées dans le Tableau 4.

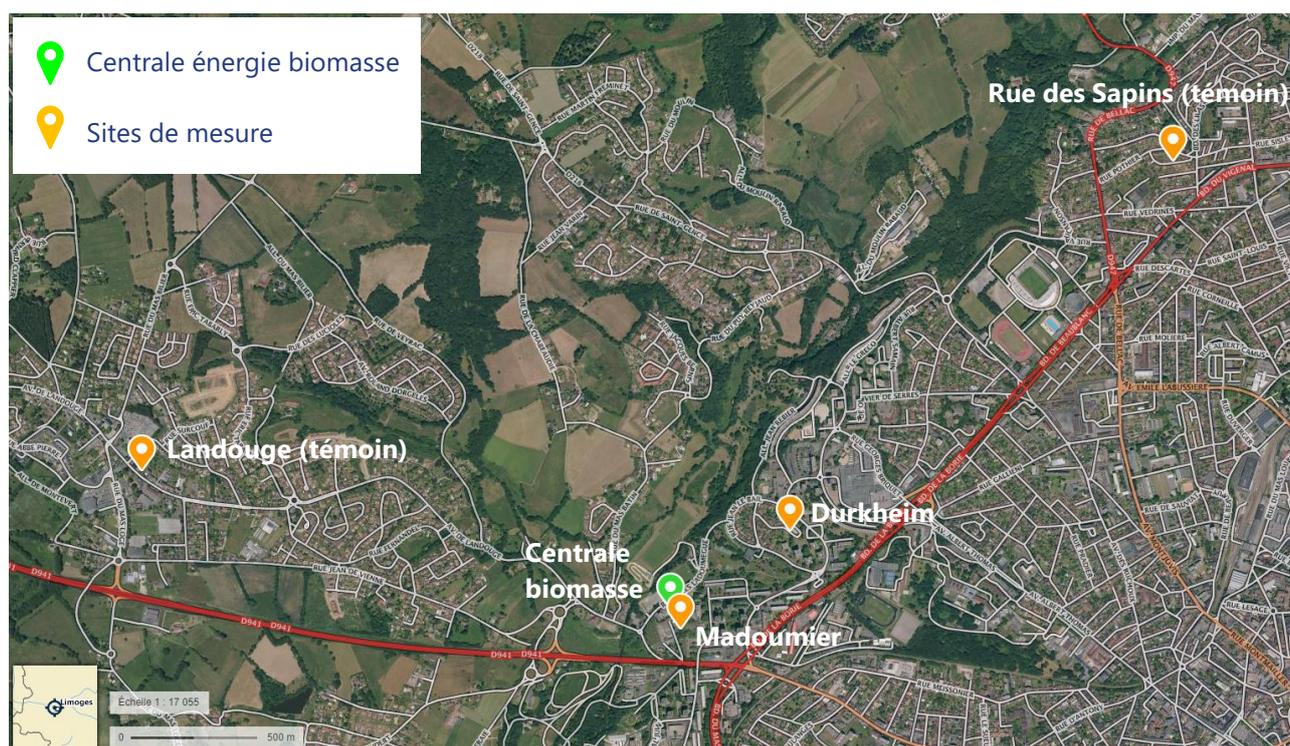


Figure 5 : carte de situation (Source : Géoportail)

Polluants	Matrice/méthode de prélèvement	Sites	Dates de prélèvement
Dioxines-furanes	Air ambiant (préleveur haut volume)	Madoumier Durkheim	15 au 29/01/2025
	Retombées atmosphériques (jauges en verre)	Madoumier Durkheim	15/01 au 12/02/2025
		Rue des Sapins	
Métaux lourds (hors Mercure)	Air ambiant (préleveur haut volume)	Madoumier Durkheim	15 au 22/01/2025
	Retombées atmosphériques (jauges en PEHD)	Madoumier Durkheim	15/01 au 12/02/2025
		Rue des Sapins	
Mercure	Air ambiant (tube actif Hydrar) : mercure gazeux	Madoumier Durkheim	15 au 29/01/2025
	Retombées atmosphériques (jauges en verre)	Madoumier Durkheim	15/01 au 12/02/2025
		Rue des Sapins	
HAP	Air ambiant (préleveurs bas volume)	Madoumier Durkheim	29/01 au 17/02/2025
NO ₂	Analyseurs automatiques	Madoumier Durkheim	11/01 au 18/02/2025
		Madoumier Landouge (témoin)	15/01 au 12/02/2025
	Tubes passifs (Gradko)		
SO ₂	Analyseurs automatiques	Madoumier Durkheim	11/01 au 18/02/2025
		Madoumier Landouge (témoin)	15/01 au 12/02/2025
	Tubes passifs (Radiello 166)		
PM ₁₀	Analyseurs automatiques	Madoumier Durkheim	11/01 au 18/02/2025
Benzène	Tubes passifs (Radiello 145)	Madoumier Durkheim	15/01 au 12/02/2025
		Landouge (témoin)	

Tableau 4 : dates et matériels de mesure de la campagne

5. Conditions environnementales

Le vent joue un rôle important dans l'impact des rejets gazeux et particulaires des industriels sur la qualité de l'air ambiant. En effet, il suffit qu'un point quelconque ne soit jamais sous les vents d'un industriel pour qu'il ne soit pas impacté par les émissions de celui-ci, quelles que soient les émissions en question.

Il est donc nécessaire de connaître les conditions météorologiques lors d'une étude dans l'environnement d'un site industriel.

Rose des vents : une rose des vents est une figure représentant la fréquence des directions d'où vient le vent durant une période donnée, aux points cardinaux (nord, est, sud et ouest) et aux directions intermédiaires. Strictement en dessous de 1 m/s on parle de vents faibles. Ces vents ne sont pas pris en compte dans les roses des vents présentées dans ce rapport car ils sont trop faibles pour que leur direction soit établie. Ces vents sont le signe d'une forte stabilité atmosphérique, limitant la dispersion des polluants et favorisant leur accumulation

Les résultats ci-dessous ont été élaborés à partir des mesures enregistrées par la station de Météo-France « Limoges », pour la période de mesure : du 11/01 au 18/02/2025.

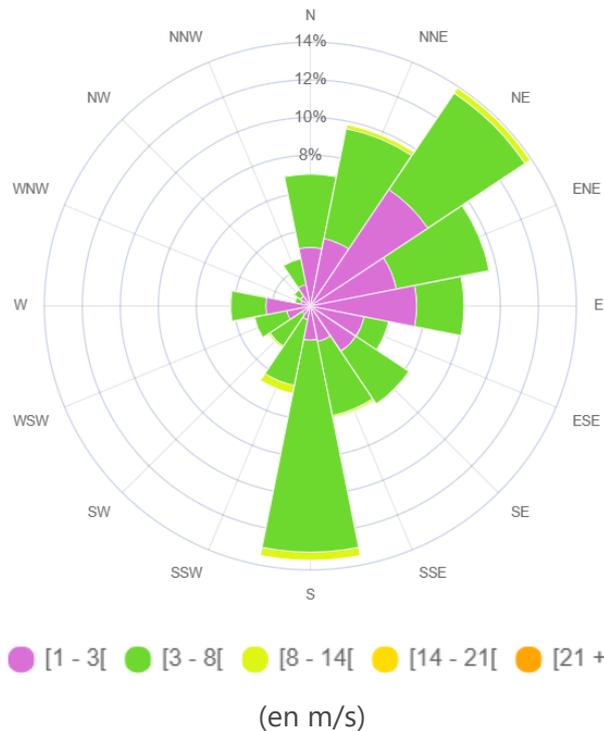


Figure 6 : rose des vents de la station Météo-France « Limoges » du 11/01 au 18/02/2025

Pendant la période de mesure, les vents provenaient en majorité du sud et du nord-est.

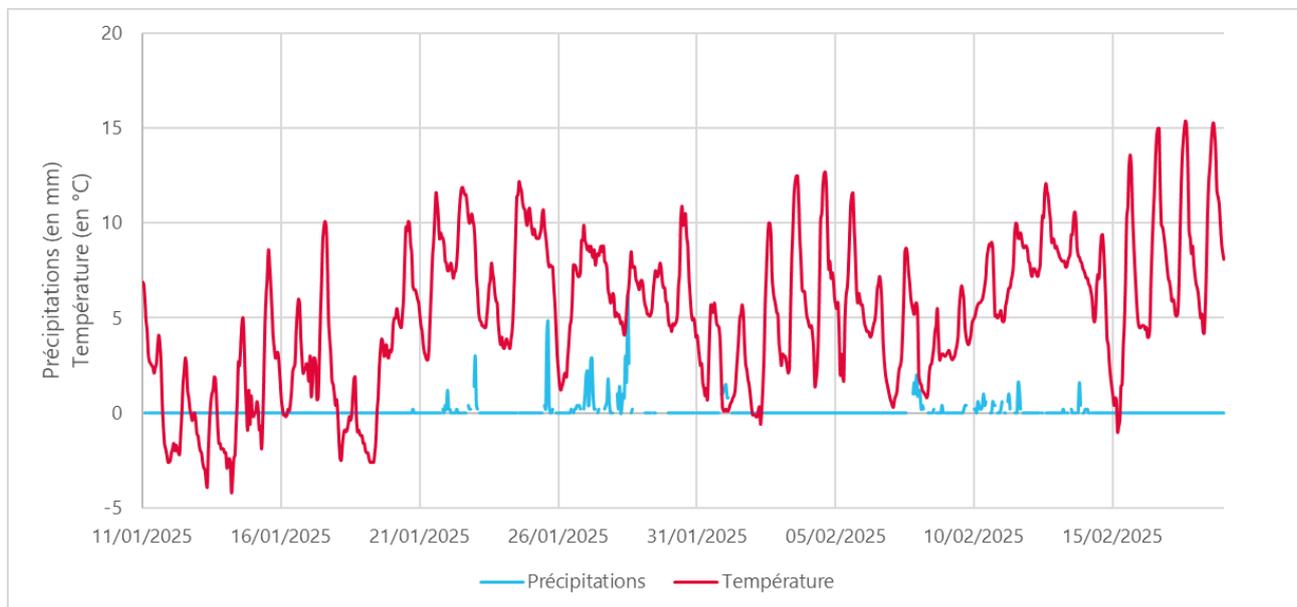


Figure 7 : évolution des précipitations et de la température à Limoges (11/01 au 18/02/2025)

Pendant la période de mesure, les précipitations ont été de 91 mm, la période a été relativement pluvieuse. La température moyenne pendant la période est de 5°C. Les températures maximales et minimales atteintes sont respectivement 15°C et -4°C.

Dans les tableaux suivants sont détaillés les taux d'exposition des différents sites de mesure par rapport à la centrale de cogénération.

Sites	Ensemble de la période de prélèvement Du 11/01 au 18/02/2025		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	16	91	5
Durkheim	20		

Tableau 5 : Taux d'exposition des sites de mesure à la centrale de cogénération

Sites	Prélèvements de métaux en air ambiant Du 15 au 22/01/2025		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	17	2	3
Durkheim	7		

Tableau 6 : détails des taux d'exposition des sites à la centrale de cogénération durant les prélèvements actifs de métaux en air ambiant

		Prélèvements de HAP en air ambiant			
		Exposition des sites (%)		Précipitation en mm	Température en °C
		Madoumier	Durkheim		
29/01/2025	30/01/2025	0	32	0	6
31/01/2025	01/02/2025	36	32	5	3
02/02/2025	03/02/2025	32	4	0	4
04/02/2025	05/02/2025	44	4	0	7
06/02/2025	07/02/2025	0	0	0	4
08/02/2025	09/02/2025	0	20	4	3
10/02/2025	11/02/2025	4	48	7	6
13/02/2025	14/02/2025	20	76	3	8
15/02/2025	16/02/2025	8	4	0	5
17/02/2025	18/02/2025	16	12	0	9

Tableau 7 : détails des taux d'exposition des sites à la centrale de cogénération durant les prélèvements actifs de HAP

Sites	Ensemble de la période de mesures automatiques Du 11/01 au 18/02/2025		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	16	91	5
Durkheim	20		

Tableau 8 : taux d'exposition des sites de mesure à la centrale de cogénération

Sites	Prélèvements de métaux et dioxines-furanes dans les retombées atmosphériques et prélèvements de NO ₂ , SO ₂ et benzène par tubes passifs Du 15/01 au 12/02/2025		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	12	88	5
Durkheim	21		

Tableau 9 : détails des taux d'exposition des sites à la centrale de cogénération durant les prélèvements de dioxines-furanes et métaux dans les retombées atmosphériques et de NO₂, SO₂ et benzène par tubes passifs

Sites	Prélèvements de dioxines-furanes et de mercure gazeux dans l'air ambiant Du 15 au 29/01/2025		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	9	57	5
Durkheim	30		

Tableau 10 : détails des taux d'exposition des sites à la centrale de cogénération durant les prélèvements actifs de mercure gazeux

6. Présentation des résultats

6.1. Dioxines et furanes

6.1.1. Dioxines et furanes dans les retombées atmosphériques

Les jauges de dépôt en verre ont été exposées pendant 4 semaines du 15/01 au 12/02/2025.

Seules les familles d'homologues de dioxines HxCDD, HpCDD OCDD, TCDF, PeCDF, HxCDF et HpCDF ont été quantifiées au cours de cette campagne de mesure sur certains sites.

Détails des 17 congénères les plus toxiques

Un focus sur les 17 congénères les plus toxiques est réalisé en appliquant la pondération sur chaque concentration nette par un indice de toxicité spécifique à chaque molécule (cf. Annexe 1 : calcul de toxicité).

Les résultats d'analyse inférieurs aux seuils de quantification ne sont pas écartés. Leurs valeurs sont remplacées par le seuil de quantification (situation majorante).

Le TEF (Facteur d'équivalent Toxique) définit la toxicité de chaque congénère par rapport à la dioxine la plus toxique (2,3,7,8-TCDD ou dioxine de Seveso). Ainsi le TEF de 2,3,7,8-TCDD est égal à 1.

Congénères	Concentrations en équivalent toxique (pg-I-TEQ max/m ² /j)			
	TEF OTAN	Madoumier	Durkheim	Rue des Sapins (témoin)
2,3,7,8-TCDD	1	<i>0.18*</i>	<i>0.18*</i>	<i>0.18*</i>
1,2,3,7,8-PeCDD	1	<i>0.18*</i>	<i>0.18*</i>	<i>0.18*</i>
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.02	0.02	0.04
OCDD	0.001	0.01	0.01	0.01
2,3,7,8-TCDF	0.1	<i>0.02*</i>	0.03	<i>0.02*</i>
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	<i>0.02*</i>	<i>0.02*</i>	<i>0.02*</i>
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	<i>0.18*</i>	<i>0.18*</i>	<i>0.18*</i>
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>	0.04
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	<i>0.01*</i>	<i>0.01*</i>	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	<i>0.01*</i>	<i>0.01*</i>	<i>0.01*</i>
OCDF	0.001	0*	0	0
TOTAL	-	0.88	0.89	0.92

Tableau 11 : concentrations en équivalent toxique des 17 congénères dans les retombées atmosphériques
 (valeur en gris et en italique* : concentrations inférieures au seuil de quantification analytique = application du seuil de quantification pour situation majorante)

Les concentrations observées sur les trois sites sont faibles. Les concentrations nettes totales à « Madoumier » et à « Durkheim » sont du même ordre de grandeur que la concentration mesurée sur le site témoin (« Rue des Sapins ») situé en dehors de l'influence de la chaufferie.

Comme les années précédentes, les deux composés les plus toxiques (2,3,7,8-TCDD et 1,2,3,7,8-PeCDD) sont inférieurs aux limites de quantification.

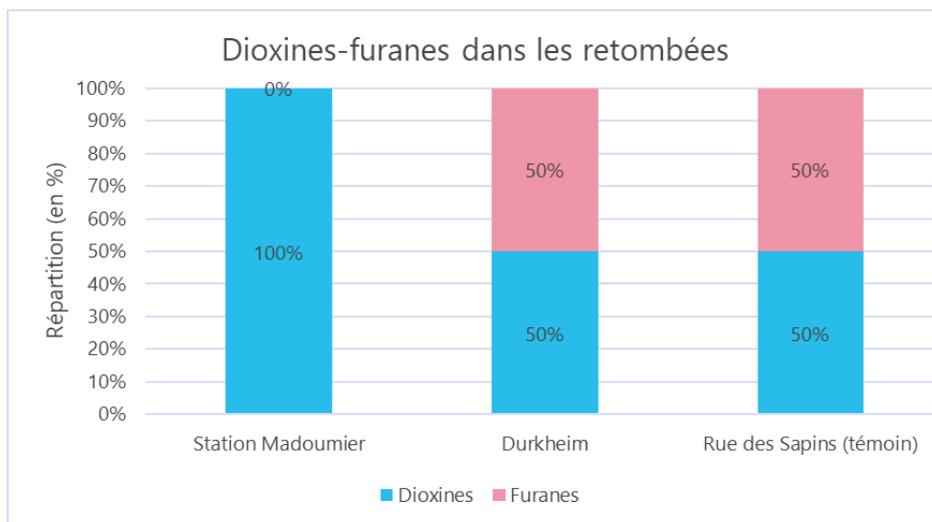


Figure 8 : répartition entre dioxines et furanes dans les retombées en I-TEQ (les % sont calculés sur la masse des congénères quantifiés)

Les dioxines et furanes sont équivalents (en I-TEQ), sur les sites « Durkheim » et « rue des Sapins ». Sur le site « Madoumier », ce sont les dioxines qui sont majoritaires.

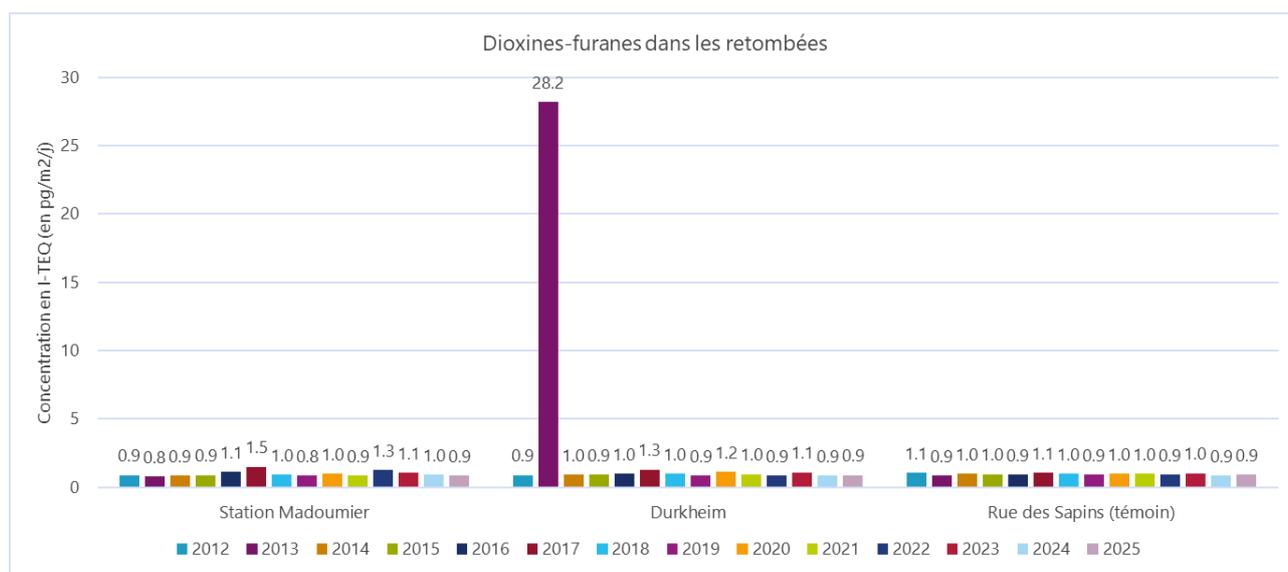


Figure 9 : évolution des concentrations en I-TEQ des dioxines-furanes dans les retombées atmosphériques

Les concentrations en I-TEQ observées en 2025 sont du même ordre de grandeur que celles observées les années précédentes.

Les concentrations en I-TEQ à « Madoumier » et à « Durkheim » sont du même ordre de grandeur que la concentration mesurée sur le site témoin (« Rue des Sapins ») situé en dehors de l'influence de la chaufferie. Ainsi, pendant la période de mesure, les activités de la chaufferie n'ont pas eu d'impact sur les retombées de dioxines et furanes.

6.1.2. Dioxines-furanes en air ambiant

Les dioxines-furanes ont été prélevés en air ambiant du 15 au 29/01/2025 sur les sites « Madoumier » et « Durkheim».

Remarque : Auparavant, les mesures de dioxines-furanes dans l'air ambiant étaient réalisés dans la fraction PM₁₀ (particules de diamètre inférieur à 10 µm), avec un débit de 30 m³/h pendant 1 semaine. Pour des raisons techniques et d'harmonisation des pratiques, Atmo Nouvelle-Aquitaine réalise dorénavant la mesure dans les particules totales en suspension, avec un débit de 15 m³/h pendant 2 semaines. Les résultats ci-dessous ne sont donc pas comparables à l'historique des mesures dans la fraction PM₁₀.

Détails des 17 congénères les plus toxiques

Un focus sur les 17 congénères les plus toxiques est réalisé, en appliquant la pondération sur chaque concentration nette par un indice de toxicité spécifique à chaque molécule (cf. annexe 1).

Les résultats d'analyse inférieurs aux seuils de quantification ne sont pas écartés. Leurs valeurs sont remplacées par le seuil de quantification (situation majorante).

Le TEF (Facteur d'équivalent Toxique) définit la toxicité de chaque congénère par rapport à la dioxine la plus toxique (2,3,7,8-TCDD ou dioxine de Seveso). Ainsi le TEF de 2,3,7,8-TCDD est égal à 1.

Congénères	Concentrations en équivalent toxique (I-TEQ max fg/m ³)		
	TEF OTAN	Madoumier	Durkheim
2,3,7,8-TCDD	1	0.69	4.29
1,2,3,7,8-PeCDD	1	1.07	1.12
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.23	0.27
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.94	1.13
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.73	0.32
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.95	1.11
OCDD	0.001	0.16	0.13
2,3,7,8-TCDF	0.1	0.38	0.37
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	0.12	0.13
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	2.32	2.55
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.43	0.51
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.4	0.53
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	0.61	0.79
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.13	0.16
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.17	0.27
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.02	0.01
OCDF	0.001	0.01	0.10
TOTAL	-	9.36	13.8

Tableau 12 : concentrations en équivalent toxique des 17 congénères en air ambiant
 (valeur en gris et en italique* : concentrations inférieures au seuil de quantification analytique = application du seuil de quantification pour situation majorante)

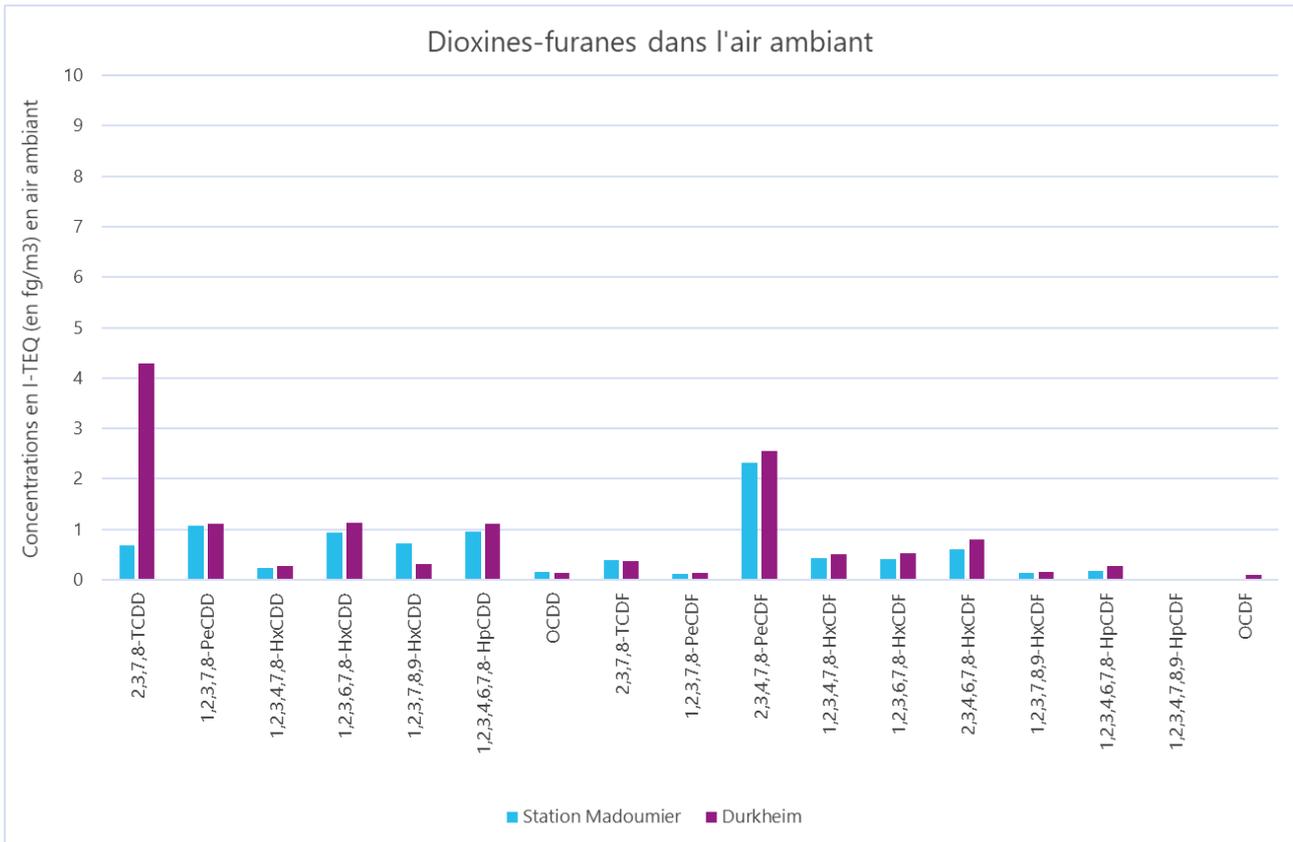


Figure 10 : concentrations des dioxines-furanes en équivalent toxique en air ambiant

Les concentrations équivalentes toxiques des 17 congénères sont faibles sur les 2 sites « Madoumier » et « Durkheim ».

Les résultats sont comparés aux résultats obtenus en 2023 et 2024 dans le cadre de la surveillance des Unités de Valorisation Énergétique (UVE) de Poitiers (86) [7], [8] et de La Rochelle (17) [9], [10], réalisée par Atmo Nouvelle-Aquitaine. Les mesures de dioxines-furanes ont également été réalisées dans les particules totales en suspension. Les lieux et les périodes de mesure étant différents, cette comparaison est faite à titre indicatif uniquement.

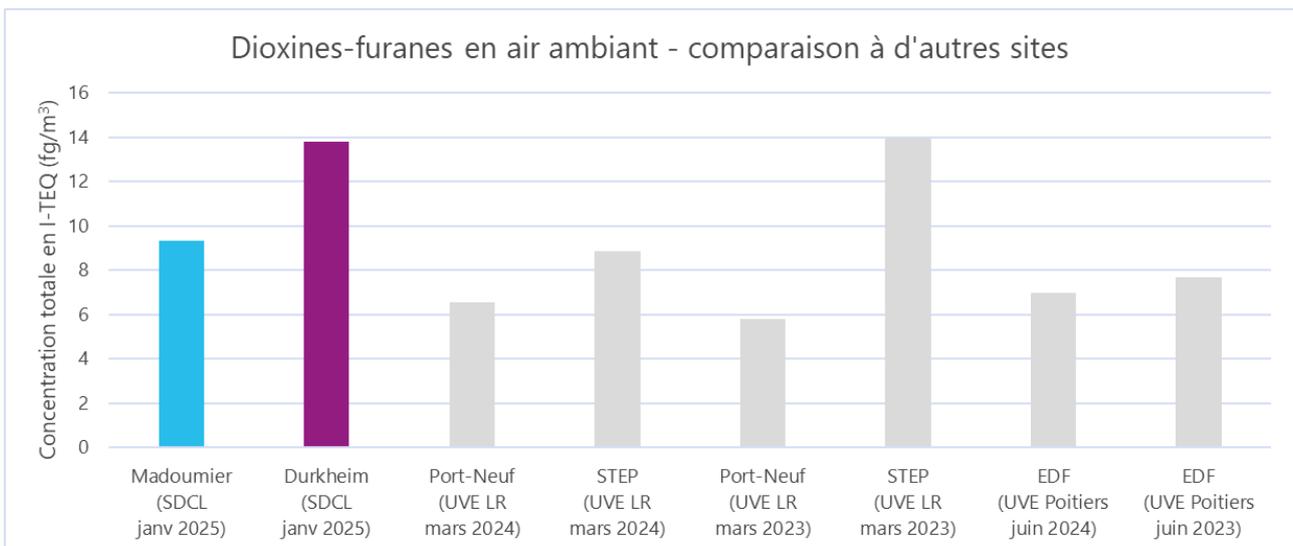


Figure 11 : comparaison des résultats de dioxines-furanes en air ambiant à d'autres sites de la région

Les résultats relevés autour de la SDCL en 2025 sont similaires à ce qui a pu être mesuré sur les UVE de Poitiers et La Rochelle ces deux dernières années.

6.2. Métaux lourds

6.2.1. Métaux dans les retombées atmosphériques

Les jauges de dépôt ont été exposées pendant 4 semaines du 15/01 au 12/02/2025.

Métaux	Concentrations (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)			Valeurs de référence allemande et suisse (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)
	Madoumier	Durkheim	Rue des Sapins (témoin)	
V – Vanadium	0.5	0.4	0.3	-
Cr – Chrome	0.8	0.8	0.5	-
Mn – Manganèse	17.2	5.7	13.4	-
Co – Cobalt	<i>0.1*</i>	<i>0.1*</i>	<i>0.1*</i>	-
Ni – Nickel	0.4	0.5	0.3	15
Cu – Cuivre	7.8	9.3	3.5	-
Zn – Zinc	14.9	15.1	9.8	400
As – Arsenic	0.6	0.8	0.6	4
Se – Sélénium	<i>0.3*</i>	<i>0.2*</i>	<i>0.3*</i>	-
Cd - Cadmium	<i>0.03*</i>	0.1	<i>0.03*</i>	2
Sn – Etain	0.3	<i>0.1*</i>	<i>0.1*</i>	-
Sb – Antimoine	<i>0.1*</i>	<i>0.1*</i>	<i>0.1*</i>	-
Te – Tellure	<i>0.1*</i>	<i>0.1*</i>	<i>0.1*</i>	-
Tl – Thallium	<i>0.1*</i>	<i>0.1*</i>	<i>0.1*</i>	2
Pb – Plomb	0.5	0.4	0.3	100
Hg - Mercure	<i>0.04*</i>	<i>0.03*</i>	<i>0.04*</i>	1

Tableau 13 : concentrations en métaux dans les retombées atmosphériques
 (valeur en gris et en italique* : concentrations inférieures au seuil de quantification analytique)

A titre indicatif, pour les métaux qui possèdent une valeur de référence, les concentrations mesurées dans les retombées sont largement inférieures.

Les espèces majoritaires sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » sont le manganèse (Mn), le zinc (Zn) et le cuivre (Cu).

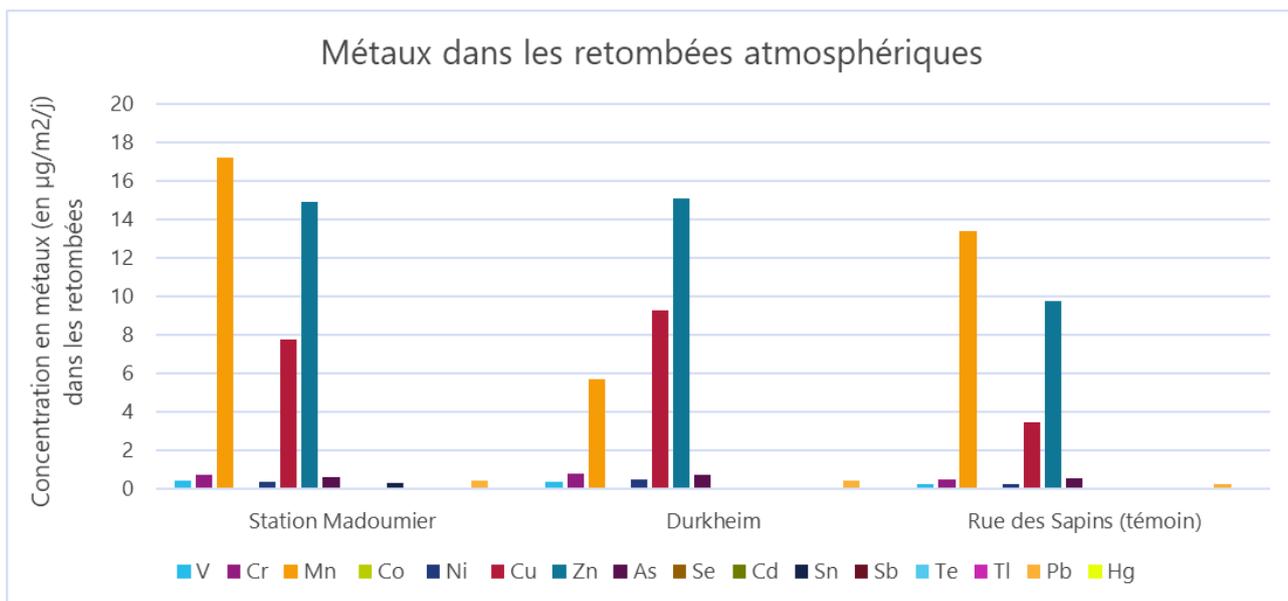


Figure 12 : concentrations en métaux dans les retombées atmosphériques

Les concentrations en cuivre sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » sont légèrement supérieures à celles mesurées sur le site de référence « rue des Sapins ». Le site « Madoumier » a été exposé pendant 12 % du temps aux vents provenant de la direction de la SDCL, le site « Durkheim » a 21 %. L'installation est donc possiblement à l'origine de cette surconcentration. Pour les autres métaux mesurés, les concentrations sont du même ordre de grandeur ou inférieures au site témoin « rue des Sapins ».

Les évolutions des concentrations des métaux prépondérants (manganèse, zinc et cuivre) sont présentées dans les figures suivantes.

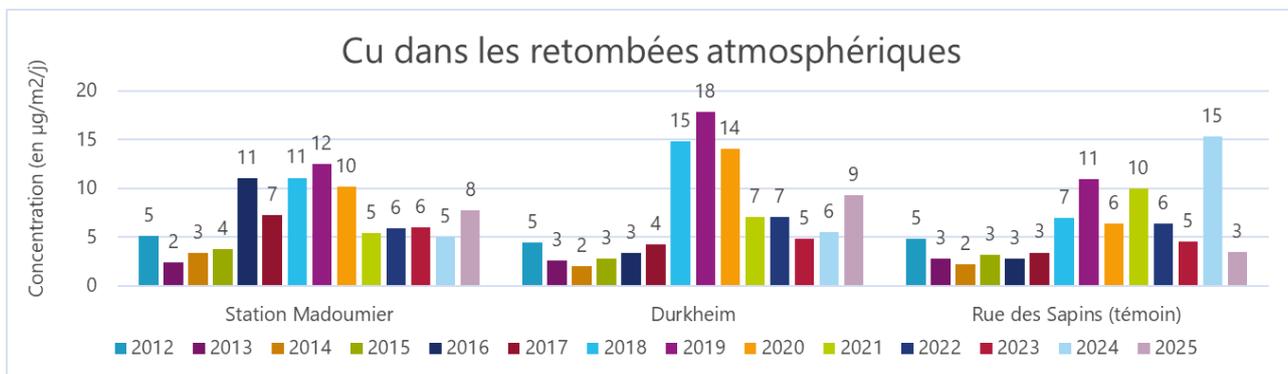


Figure 13 : évolution des concentrations en cuivre (Cu) dans les retombées atmosphériques

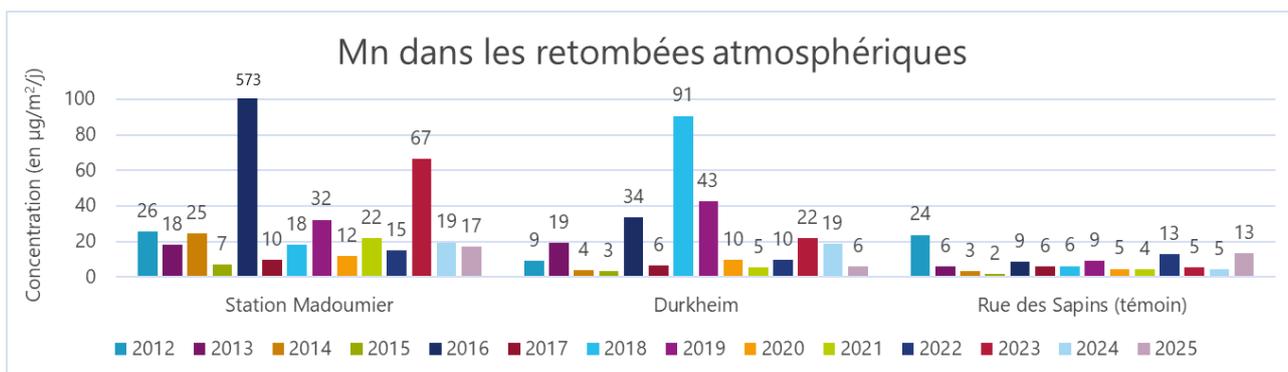


Figure 14 : évolution des concentrations en manganèse (Mn) dans les retombées atmosphériques

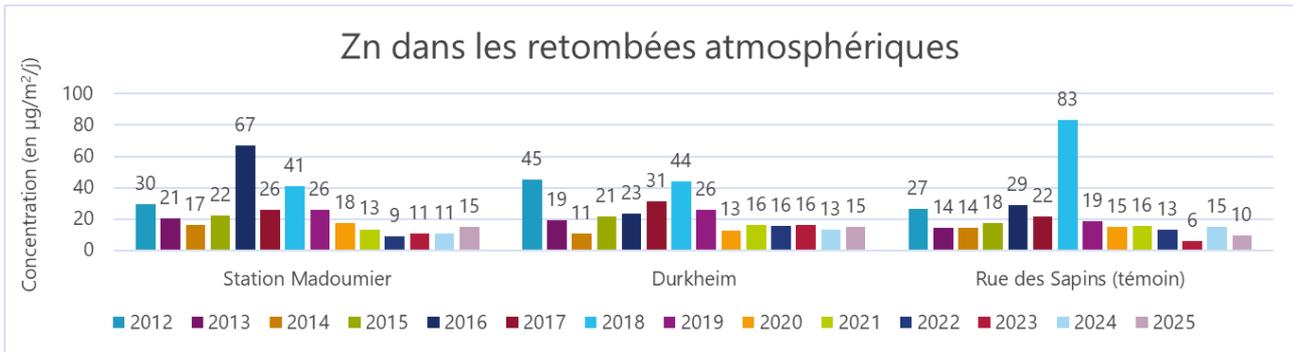


Figure 15 : évolution des concentrations en zinc (Zn) dans les retombées atmosphériques

Pour le cuivre, le manganèse et le zinc, les concentrations sont conformes aux niveaux les plus faibles relevés depuis 2012 sur les sites « Madoumier » et « Durkheim ».

6.2.2. Métaux dans l'air ambiant

Le mercure a été prélevé du 15 au 29/01/2025 sur les sites « Madoumier » et « Durkheim ». Les autres métaux ont été prélevés du 15 au 22/01/2025.

Métaux	Concentrations (en ng/m ³)		Valeurs de référence (en ng/m ³)
	Madoumier	Durkheim	
V – Vanadium	0.16*	0.16*	-
Cr – Chrome	4	4	-
Mn – Manganèse	4	4	-
Co – Cobalt	0.16*	0.16*	-
Ni – Nickel	0	1	20 (valeur cible)
Cu – Cuivre	10	9	-
Zn – Zinc	14	17	-
As – Arsenic	0.08*	0	6 (valeur cible)
Se – Sélénium	0.32*	0.32*	-
Cd - Cadmium	0	0	5 (valeur cible)
Sn – Etain	2	1	-
Sb – Antimoine	1	1	-
Te – Tellure	0.16*	0.16*	-
Tl – Thallium	0.16*	0.16*	-
Pb – Plomb	0.11*	2	250 (objectif de qualité) 500 (valeur limite)
Hg(g) – Mercure gazeux	1.7*	1.7*	-

Tableau 14 : concentrations en métaux dans l'air ambiant
(valeur en gris et en italique* : concentrations inférieures au seuil de quantification analytique)

A titre indicatif, pour les métaux qui possèdent une valeur de référence, les concentrations mesurées dans les retombées sont largement inférieures à celles-ci.

Les espèces majoritaires sur les deux sites sont le zinc (Zn) et le cuivre (Cu). Les autres métaux sont présents en faibles concentrations.

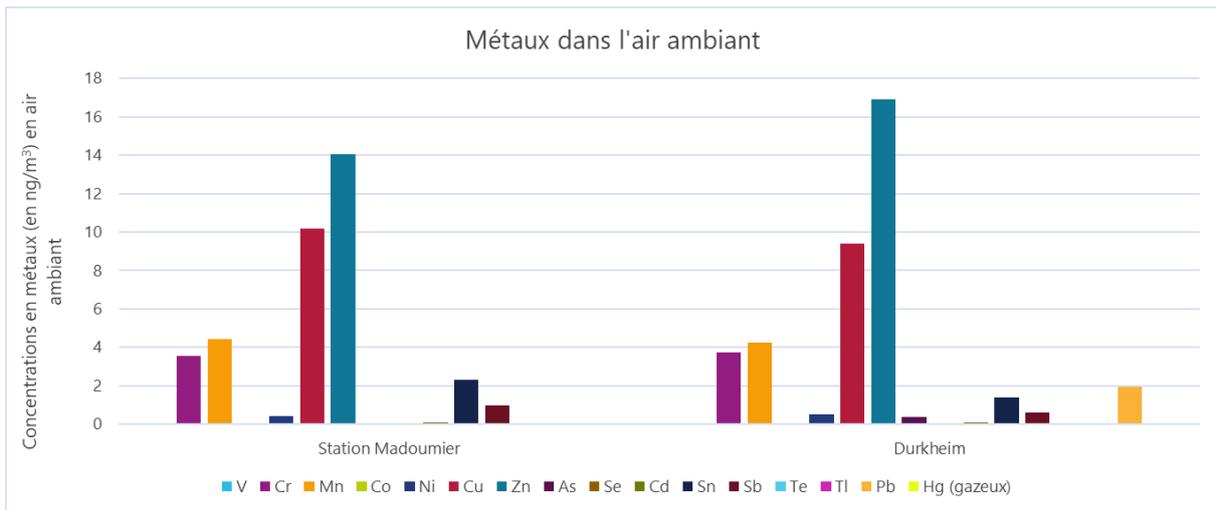


Figure 16 : concentrations en métaux dans l'air ambiant

Les évolutions des concentrations des métaux prépondérants (zinc et cuivre) sont présentées dans les figures suivantes.

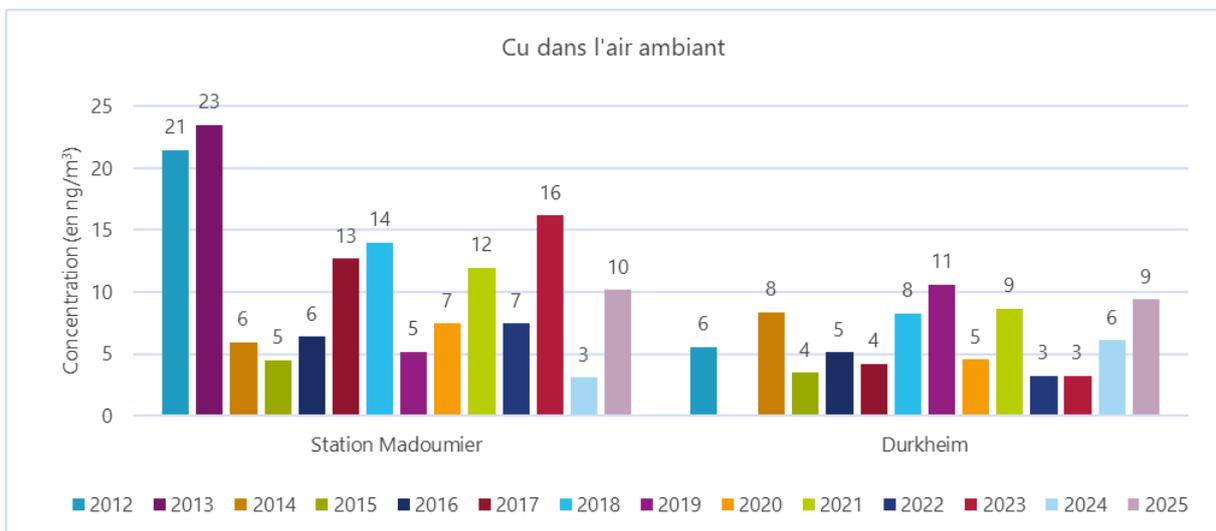


Figure 17 : évolution des concentrations en cuivre (Cu) en air ambiant

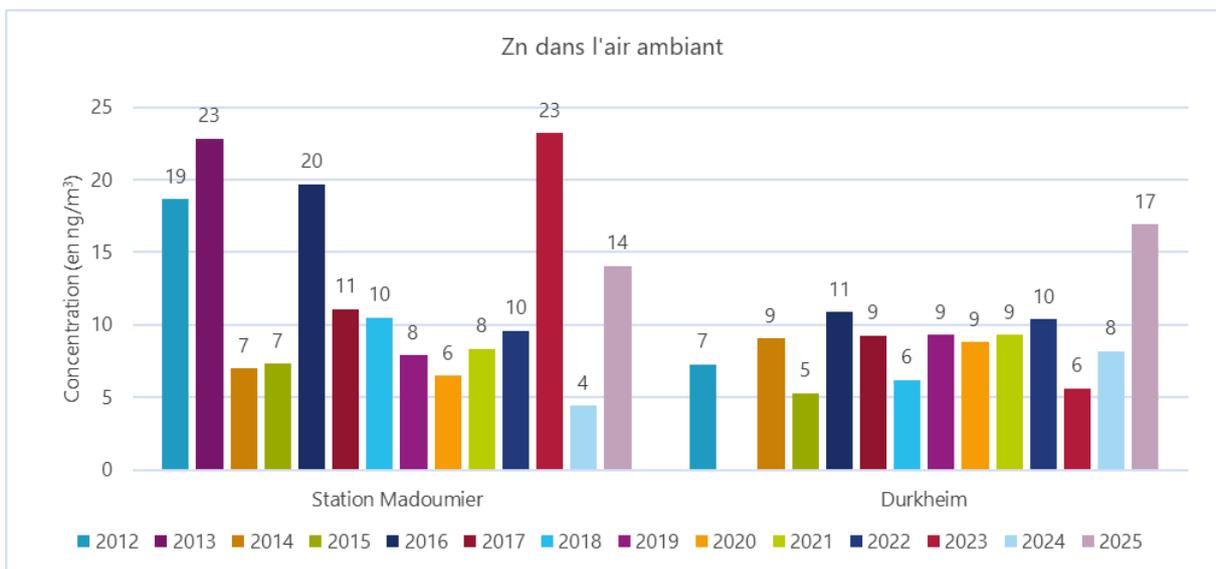


Figure 18 : évolution des concentrations en zinc (Zn) en air ambiant

Pour le cuivre et le zinc, les concentrations sont conformes aux niveaux relevés depuis 2012 sur les sites « Madoumier » et « Durkheim ».

Analyse des blancs terrains

Un blanc terrain a été réalisé sur chacun des deux sites durant la campagne de prélèvement. Les analyses montrent une contamination du filtre pour le plomb et le zinc, pouvant aller entre 13 et 28 % (cf. Tableau 15). Il est courant de retrouver de légères traces de métaux sur les filtres neufs. Les concentrations relevées à « Madoumier » et « Durkheim » pour ces éléments sont donc potentiellement surestimées d'autant.

	Contamination du blanc terrain en % de la valeur du filtre exposé	
	Zn – Zinc	Pb - Plomb
Madoumier – Blanc terrain	28 %	-
Durkheim – Blanc terrain	13 %	15 %

Tableau 15 : contamination des filtres blanc terrain – métaux lourds

6.3. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les HAP dans l'air ambiant ont été prélevés à raison de 24 heures de prélèvement toutes les 48 heures (soit 240 heures de fonctionnement). Les prélèvements sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » ont eu lieu entre le 29/01 au 17/02/2025.

Dans le tableau suivant sont présentées les concentrations moyennes sur l'ensemble de la durée de prélèvement.

HAP	Concentrations (en ng/m ³)		Valeurs de référence (en ng/m ³)
	Madoumier	Durkheim	
Phénanthrène	0.0	0.0	-
Anthracène	0.1	0.1	-
Fluoranthène	0.1	0.1	-
Pyrène	0.3	0.3	-
Benzo(a)anthracène	0.2	0.2	-
Chrysène	0.4	0.4	-
Benzo(j)fluorantène	0.4	0.4	-
Benzo(b)fluorantène	0.4	0.4	-
Benzo(k)fluorantène	0.2	0.1	-
Benzo(a)Pyrène	0.2	0.3	1 (valeur cible)
Dibenzo(a,h)anthracène	0.0	0.0	-
Benzo(g,h,i)perylène	0.3	0.3	-
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0.1	0.0	-

Tableau 16 : concentrations moyennes sur la période d'échantillonnage des HAP en air ambiant (valeur en gris et en italique* : concentrations inférieures au seuil de quantification analytique)

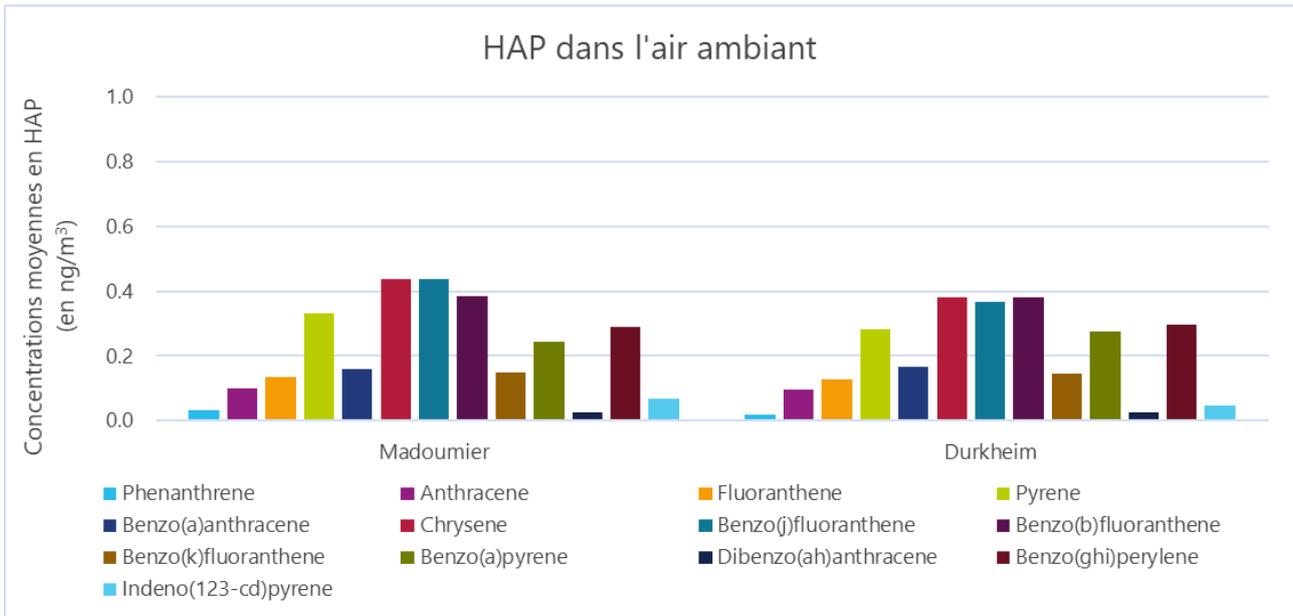


Figure 19 : concentrations moyennes sur la période d'échantillonnage des HAP en air ambiant

Les concentrations sont globalement très faibles sur les 2 sites « Madoumier » et « Durkheim ». Seul le B(a)P possède une valeur de référence. *A titre indicatif*, les concentrations moyennes en B(a)P mesurées lors de cette campagne sont inférieures à la valeur cible (qui est de 1 ng/m³ en moyenne annuelle).

Dans les figures suivantes sont présentés les résultats détaillés des concentrations en HAP dans l'air ambiant au regard de l'exposition des sites de mesure à la centrale de cogénération.

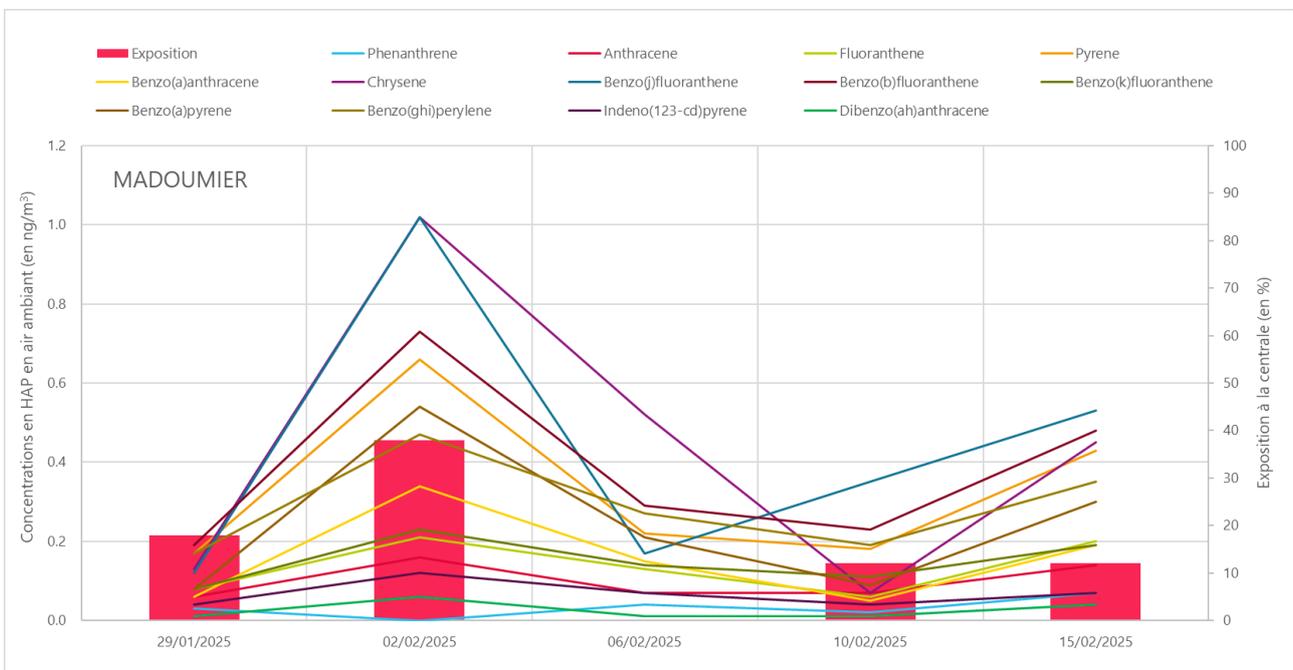


Figure 20 : détail des concentrations en HAP en air ambiant sur le site « Madoumier » (au regard de l'exposition)

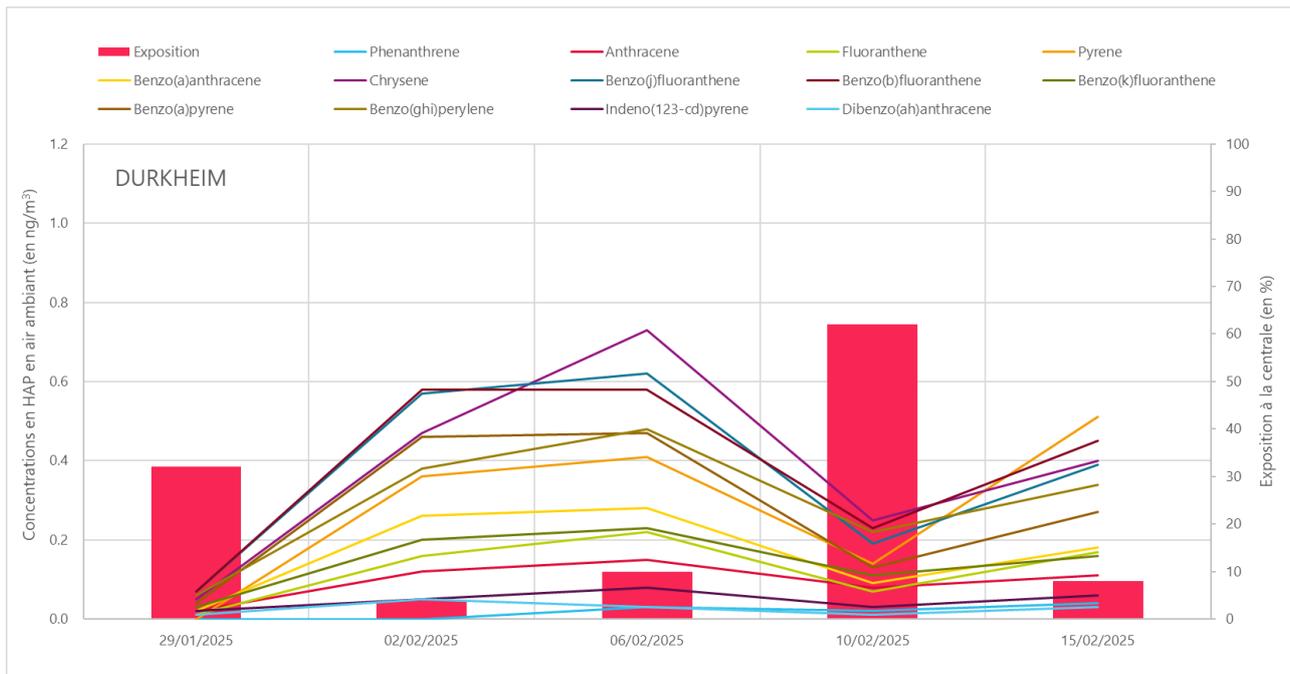


Figure 21 : détail des concentrations en HAP en air ambiant sur le site « Durkheim » (au regard de l'exposition)

Sur le site « Durkheim », aucune corrélation n'est visible entre l'exposition du site et la concentration. Sur « Madoumier », le site le plus proche de la SDCL, les concentrations sont plus élevées pendant la 2ème semaine de mesure, lorsque l'exposition était plus importante (38%) traduisant un apport de HAP provenant de la chaufferie. Elles restent faibles néanmoins.

L'évolution des concentrations en B(a)P, seul HAP réglementé, est représentée dans la figure ci-dessous.

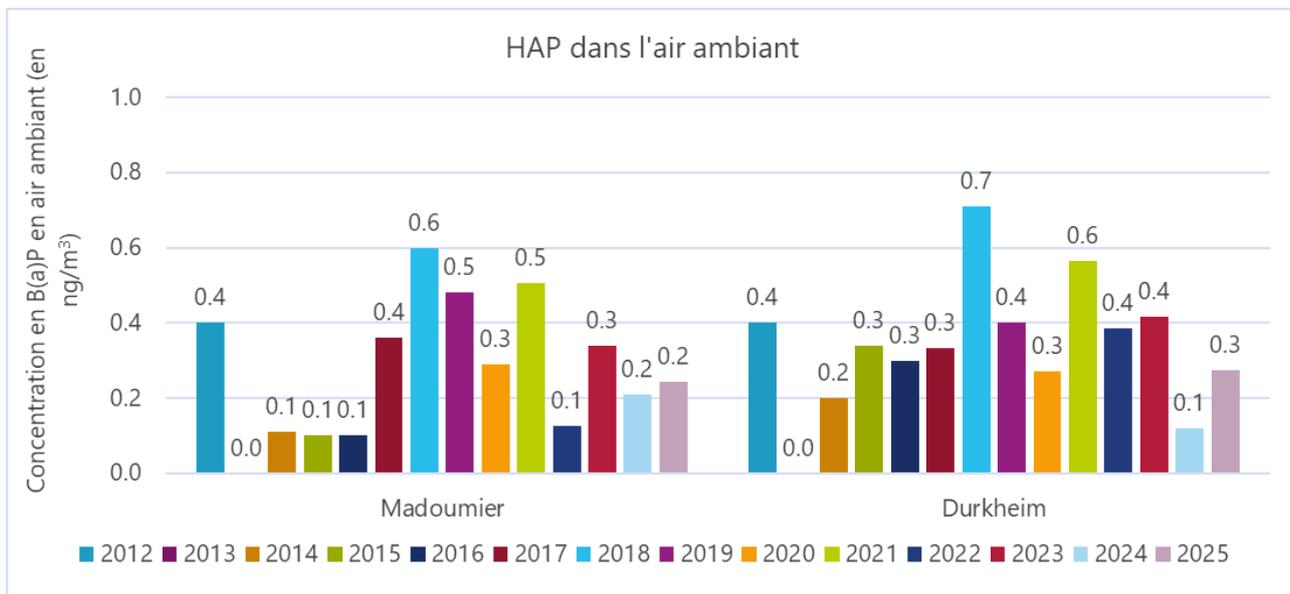


Figure 22 : évolution des concentrations en B(a)P en air ambiant depuis 2012

Sur les deux sites de mesure, les concentrations en B(a)P sont du même ordre de grandeur que les années précédentes.

Analyse des blancs terrains

Deux blancs terrains ont été réalisés sur « Madoumier » et « Durkheim ». Le benzo(j)fluoranthène a été détecté sur le blanc terrain de « Madoumier ». Le pyrène, le benzo(k)fluoranthène et le benzo(ghi)perylène ont été détectés sur celui de « Durkheim » (cf. Tableau 17). Les résultats sont donc potentiellement surestimés d'autant.

		Concentration en ng/ échantillon			
		Benzo(j)fluoranthène	Pyrène	Benzo(k)fluoranthène	Benzo(ghi)pérylène
Madoumier	Blanc terrain	540	-	-	-
	Prélèvement 1	170	-	-	-
	Prélèvement 2	1400	-	-	-
	Prélèvement 3	230	-	-	-
	Prélèvement 4	490	-	-	-
	Prélèvement 5	740	-	-	-
Durkheim	Blanc terrain	-	18	12	5
	Prélèvement 1	-	-	44	83
	Prélèvement 2	-	480	260	510
	Prélèvement 3	-	550	310	640
	Prélèvement 4	-	190	150	290
	Prélèvement 5	-	680	220	450

Tableau 17 : contamination des filtres blanc terrain – HAP

6.4. Dioxyde d'azote (NO₂)

Le NO₂ a été mesuré de 2 façons différentes :

- en continu, avec des analyseurs automatiques, sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » du 11/01 au 18/02/2025.
- au moyen de tubes à diffusion passive sur les sites « Madoumier » et « Landouge » pendant 4 semaines du 15/01 au 12/02/2025. Le site « Landouge » est considéré comme le « site témoin » en dehors de toute influence de la centrale, situé en fond péri-urbain.

6.4.1. Mesure du NO₂ par tubes passifs

Les prélèvements par tubes à diffusion passive donnent des résultats en moyenne hebdomadaire. Les éventuels pics de concentrations ne sont donc pas visibles avec cette méthode de mesure.

Sites	Concentrations NO ₂ (en µg/m ³)				
	15 au 22/01/25	22 au 29/01/25	29/01 au 05/02/25	05 au 12/02/25	Moyenne
Madoumier	18	7	13	12	13
Landouge (témoin)	10	4	9	7	7

Tableau 18 : concentrations hebdomadaires en NO₂ par tubes passifs

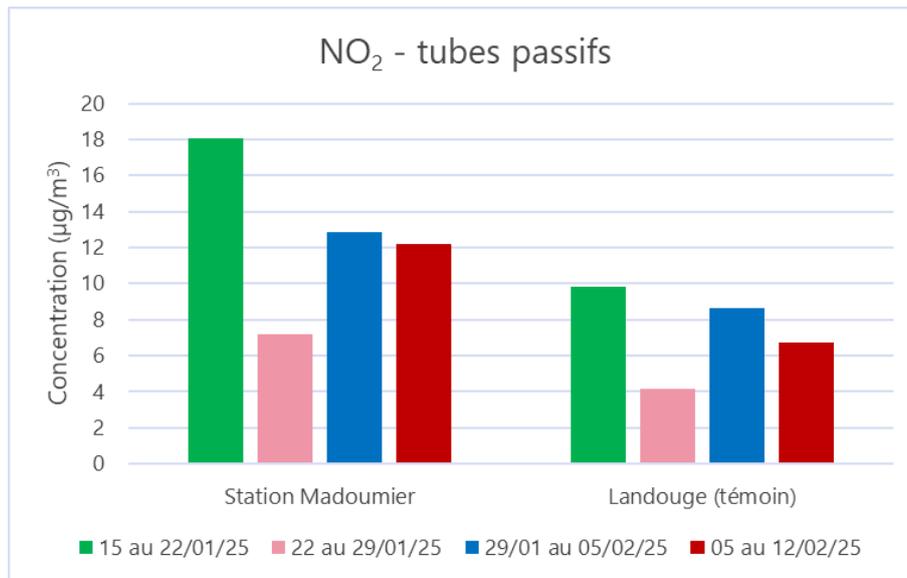


Figure 23 : évolution des concentrations moyennes en NO₂ au cours des 4 semaines de mesure

Les concentrations mesurées sur le site « Madoumier » sont légèrement supérieures à celles mesurées sur le site de fond « Landouge », traduisant l'impact d'une source de combustion à proximité.

A titre indicatif, les concentrations moyennes en NO₂ sont largement inférieures à la valeur limite pour la protection de la santé humaine (qui est de 40 µg/m³ en moyenne annuelle).

Le NO₂ est mesuré par tube à diffusion passive sur ces sites depuis 2012, ce qui permet d'avoir un historique conséquent (cf. Figure 24).

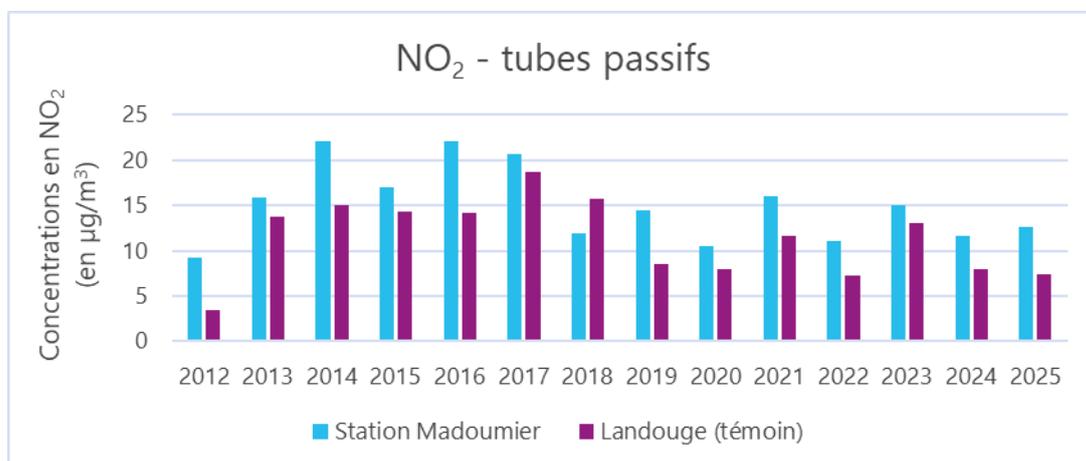


Figure 24 : évolution des concentrations en NO₂ depuis 2012

Une tendance à la baisse est observée pour les concentrations en NO₂ sur les 2 sites, depuis 2017. Il s'agit d'un phénomène observé sur la majorité des agglomérations, s'expliquant par le renouvellement du parc automobile (nouvelles normes de fabrication pour des véhicules moins polluants) et le développement des mobilités douces et du télétravail.

6.4.2. Mesure du NO₂ par analyseurs automatiques

Le NO₂ a également été mesuré en continu sur les sites « Madoumier » et « Durkheim ». Les différents résultats statistiques sur les mesures en continu de NO₂ sont rassemblés dans le tableau suivant.

Concentrations en NO ₂ (en µg/m ³)	Concentrations (en µg/m ³)			
	Madoumier	Durkheim	Limoges pl. d'Aine (station urbaine trafic)	Limoges Berland (station urbaine de fond)
Moyenne	14	17	29	17
Nombre de dépassements du seuil limite horaire (200 µg/m³)	0	0	0	0

Tableau 19 : concentrations moyennes en NO₂ – analyseurs automatiques

Les concentrations en NO₂ sont présentées sur les graphiques suivants.

Concentrations horaires

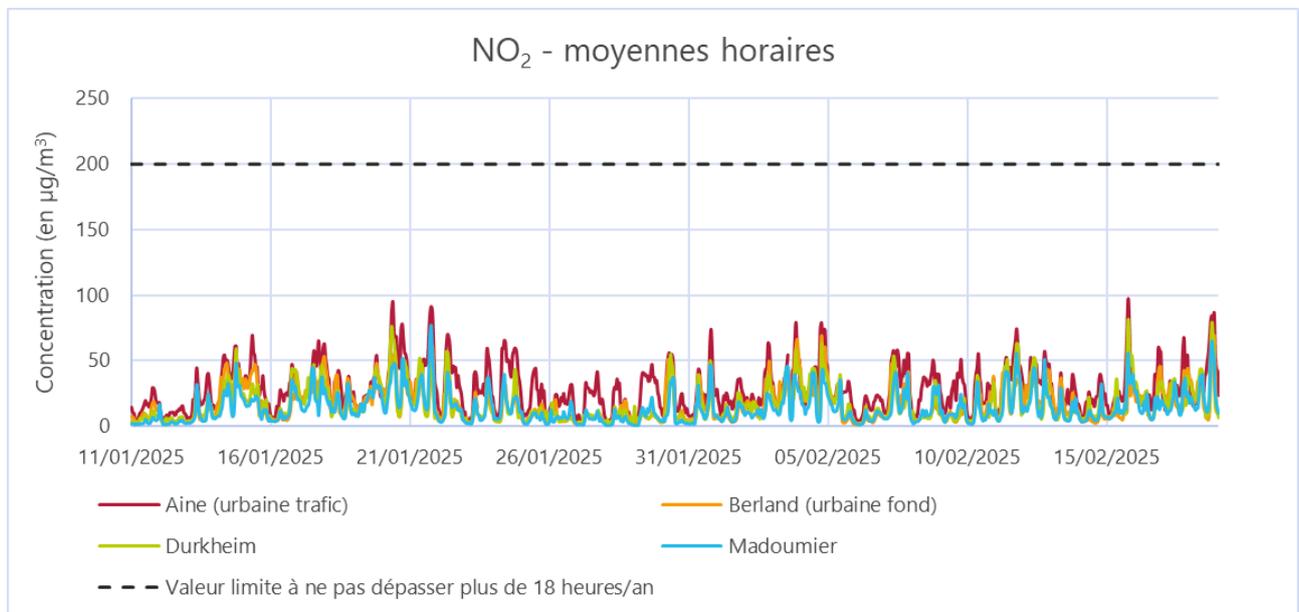


Figure 25 : concentrations en NO₂ (moyennes horaires)

L'évolution des concentrations au cours du temps est proche entre les deux stations de « Durkheim » et « Madoumier ». Ces concentrations sont proches bien que légèrement inférieures à celles des niveaux de fond urbain mesurés sur la station « Berland » à Limoges. Les concentrations mesurées sur « Madoumier » et « Durkheim » sont en revanche nettement inférieures aux valeurs de la station trafic « Aine » de Limoges.

Les concentrations en NO₂ sont très largement inférieures à la valeur limite en moyenne horaire de 200 µg/m³, à ne pas dépasser plus de 18 heures par an.

Concentrations journalières

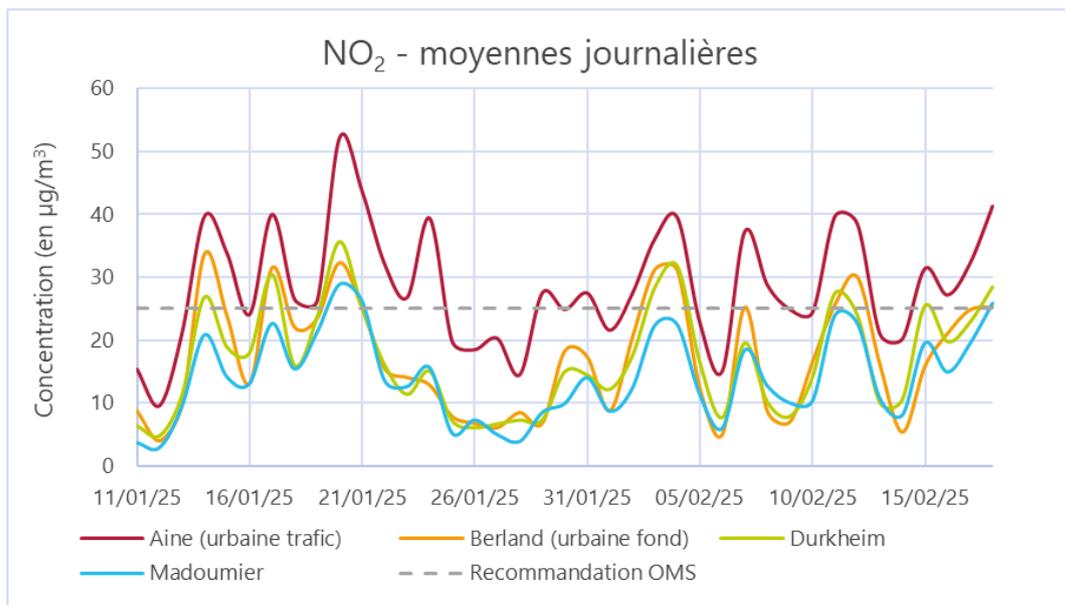


Figure 26 : concentrations en NO₂ (moyennes journalières)

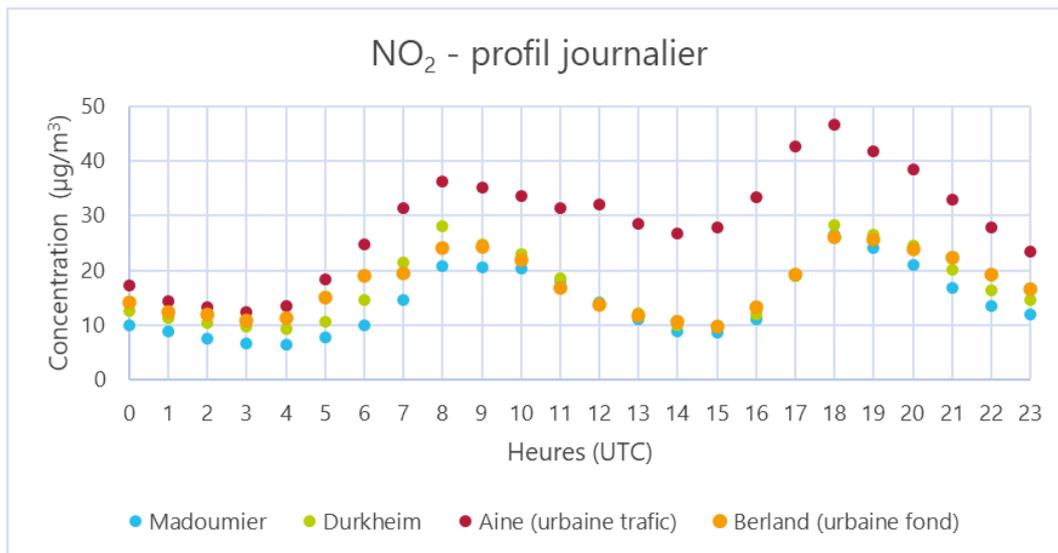
La recommandation de l'OMS en moyenne journalière a été dépassée pendant 8 jours sur le site « Durkheim » et 3 jours sur le site de « Madoumier ». Ce seuil a aussi été dépassé sur les stations de référence : 23 jours sur la station « Aine » et 10 jours sur la station « Berland », ce qui témoigne d'une pollution de fond, non liée à la SDCL.

Concentrations annuelles

A titre indicatif, les concentrations moyennes en NO₂ sur l'ensemble de la durée de la campagne sont largement inférieures à la valeur limite pour la protection de la santé humaine (40 µg/m³ en moyenne annuelle).

A titre indicatif, le seuil annuel recommandé par l'OMS (10 µg/m³) a été dépassé sur les deux sites « Madoumier » et « Durkheim », mais aussi sur les stations fixes « Aine » et « Berland ».

Profil moyen journalier



Le NO₂ est un polluant principalement émis par le trafic routier. Le profil moyen journalier du NO₂ présente deux augmentations des concentrations : le matin entre 6h et 10h UTC² puis le soir entre 16h et 20h UTC qui correspondent aux trajets « domicile-travail ». Ainsi le NO₂ sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » semble être influencé par le trafic routier environnant au même titre que les stations fixes « Aine » et « Berland ».

6.5. Dioxyde de soufre (SO₂)

Le SO₂ a été mesuré de 2 façons différentes.

- en continu, avec des analyseurs automatiques, sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » du 11/01 au 18/02/2025.
- au moyen de tubes à diffusion passive sur les sites « Madoumier » et « Landouge » pendant 4 semaines du 15/01 au 12/02/2025. Le site « Landouge » est considéré comme le « site témoin » en dehors de toute influence de la centrale, situé en fond péri-urbain.

6.5.1. Mesure du SO₂ par tubes passifs

Les prélèvements par tubes à diffusion passive donnent des résultats en moyenne hebdomadaire. Les éventuels pics de concentrations ne sont donc pas visibles avec cette méthode de mesure.

Sites	Concentrations SO ₂ (en µg/m ³)				Moyenne
	15 au 22/01/25	22 au 29/01/25	29/01 au 05/02/25	05 au 12/02/25	
Madoumier	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Landouge (témoin)	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Tableau 20 : concentrations hebdomadaires en SO₂ par tubes passifs
LQ : Limite de quantification du laboratoire

² pour avoir l'heure locale : +1 en hiver, +2 en été

Les concentrations en SO₂ relevées sur les deux sites « Madoumier » et « Landouge » (site témoin) sont toutes inférieures à la limite de quantification (1 µg/échantillon). Le polluant est donc absent ou présent en très faible quantité.

Le SO₂ est mesuré par tube à diffusion passive sur ces sites depuis 2012, ce qui permet d'avoir un historique conséquent (voir Figure 28).

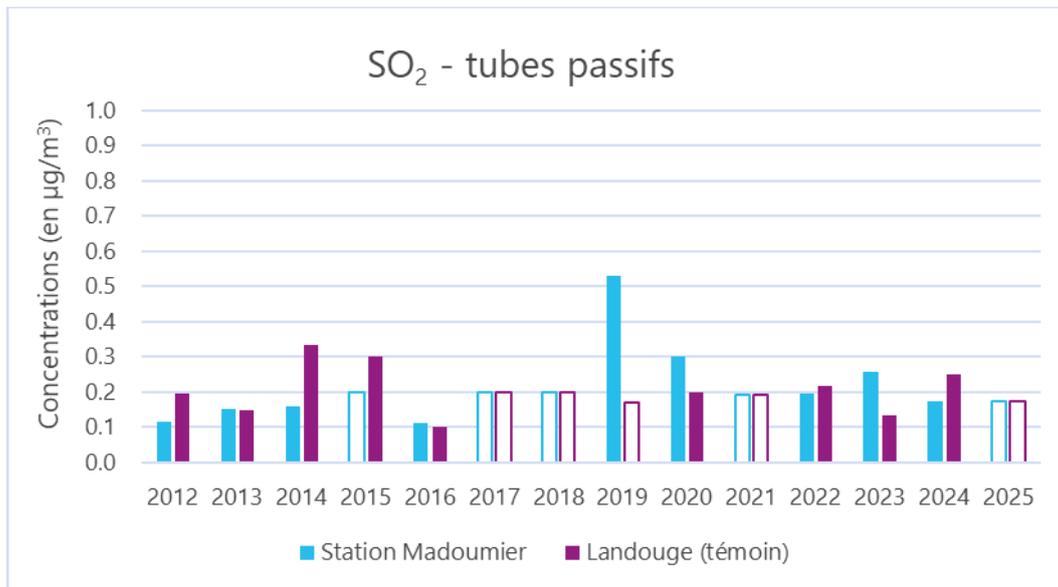


Figure 28 : évolution des concentrations en SO₂ depuis 2012

Les histogrammes « évidés » correspondent aux concentrations inférieures à la limite de quantification du laboratoire (LQ = valeur de l'histogramme)

Les concentrations sont négligeables sur l'ensemble des sites depuis 2012.

6.5.2. Mesure du SO₂ par analyseurs automatiques

Le SO₂ a également été mesuré en continu sur les sites « Madoumier » et « Durkheim ». Les différents résultats statistiques sur les mesures en continu de SO₂ sont rassemblés dans le tableau suivant.

Concentrations en SO ₂ (en µg/m³)	Concentrations (en µg/m³)			
	Madoumier	Durkheim	St Junien (urbaine fond)	Saillat-sur-Vienne (rurale industrielle)
Moyenne	0.0*	0.0	0.8	0.5
Nombre de dépassements du seuil limite horaire (350 µg/m³)	0	0	0	0

Tableau 21 : données de synthèse sur la campagne de mesure du SO₂

* Mise à zéro de la concentration au regard des règles de validation des données.

Les concentrations en SO₂ sont présentées sur les graphiques suivants.

Concentrations horaires

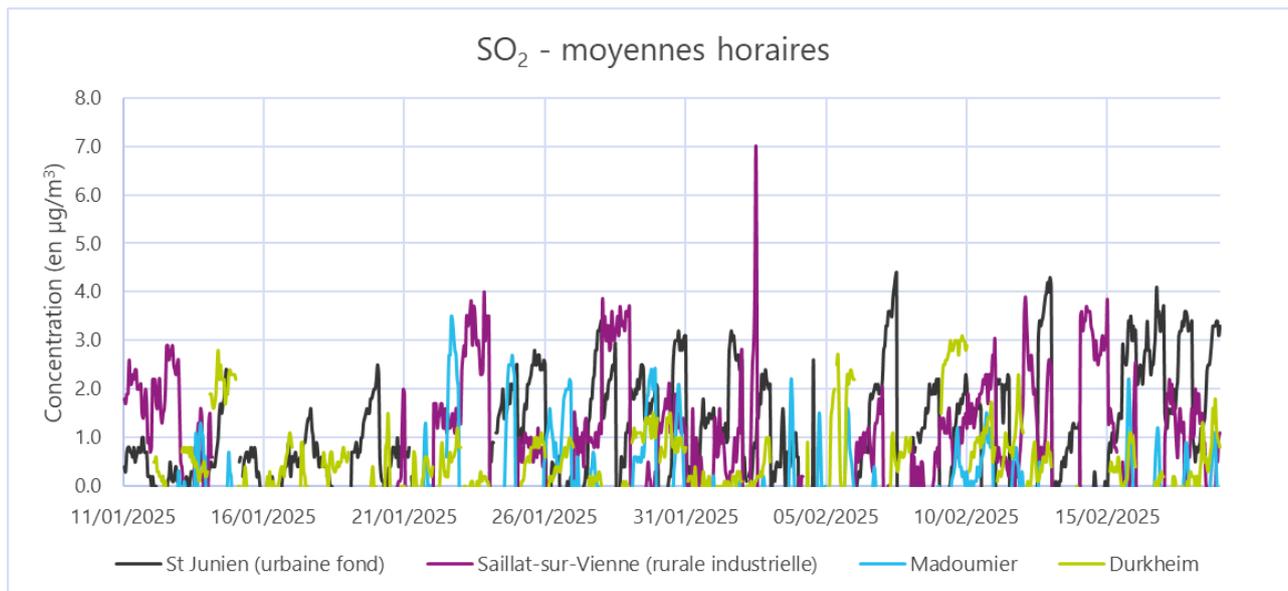


Figure 29 : évolution des concentrations en SO₂ pendant la période de mesure (moyennes horaires)

Les concentrations horaires sont très largement inférieures au seuil limite horaire de 350 µg/m³ pendant la durée de la campagne. Des augmentations ponctuelles de la concentration en SO₂ ont pu être enregistrées sur « Madoumier » et « Durkheim », les niveaux restants du même ordre de grandeur que les augmentations ayant pu survenir sur les deux stations de référence.

Concentrations journalières

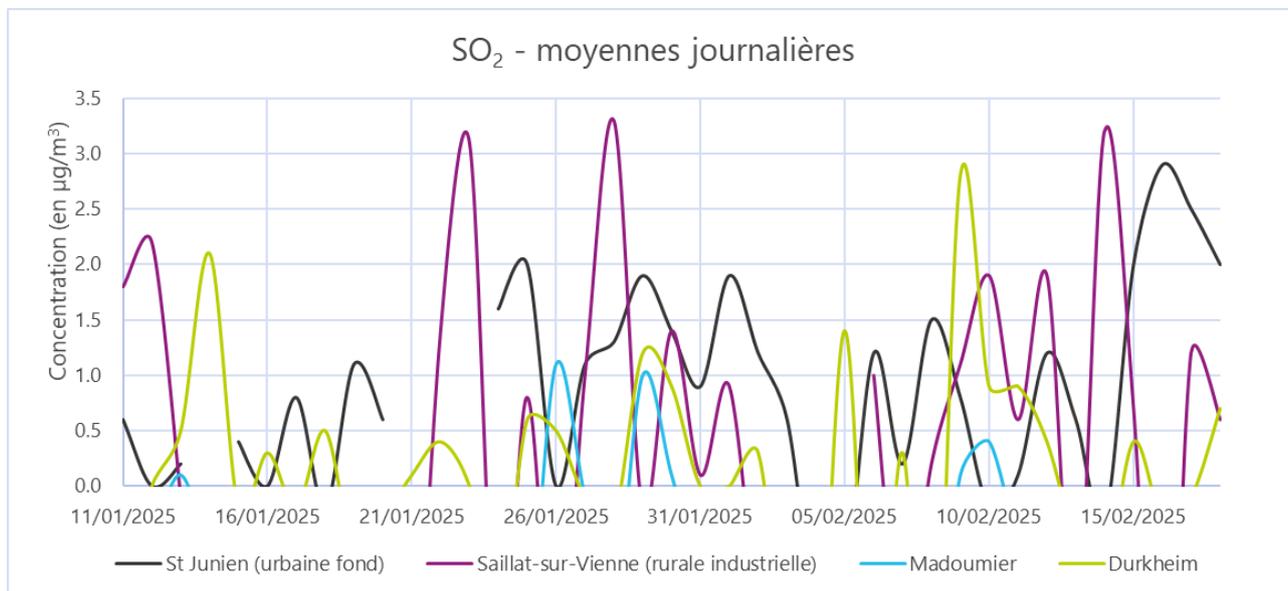


Figure 30 : évolution des concentrations en SO₂ pendant la période de mesure (moyennes journalières)

Les concentrations journalières sont très largement inférieures au seuil limite journalier de 125 µg/m³. Elles sont également inférieures au seuil journalier recommandé par l'OMS de 40 µg/m³.

Concentrations annuelles

A titre indicatif, les concentrations moyennes en SO₂ sur les deux sites sont très largement inférieures à l'objectif de qualité qui est de 50 µg/m³ en moyenne annuelle.

Les concentrations en SO₂ sur le site « Madoumier » et « Durkheim » sont globalement faibles et inférieures aux niveaux relevés sur les stations fixes de Saint-Junien et de Saillat-sur-Vienne.

A partir des données horaires de SO₂ et des données météorologiques (station de Météo-France de Limoges), des roses de pollution moyenne sur la période sont générées (cf. Figure 31). Elles permettent de localiser les différences de concentrations du polluant en fonction de la direction et de la force du vent.

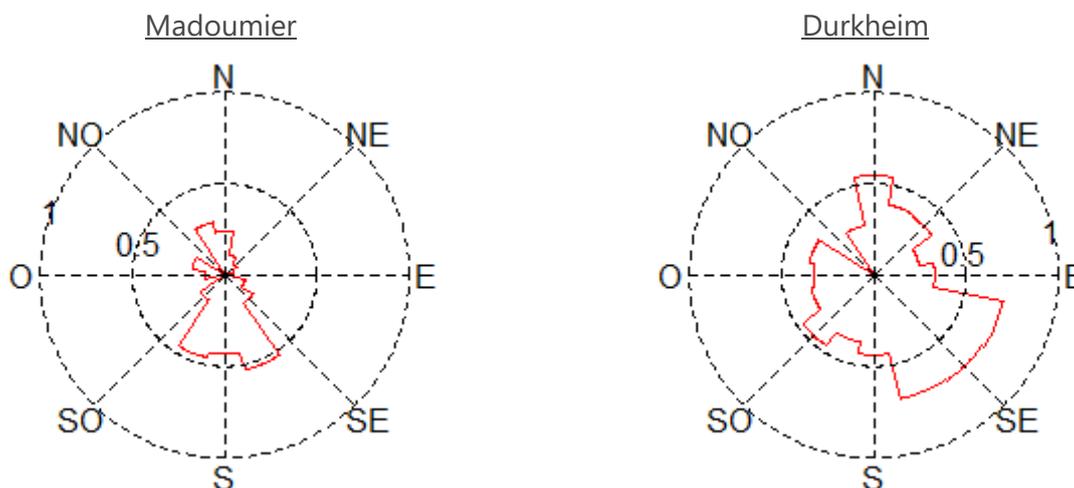


Figure 31 : roses de pollution moyennes (concentration en µg/m³)

Le SO₂ est apporté en majorité par des vents de sud sur « Madoumier » et des vents de sud-est sur « Durkheim ». La SDCL ne correspondant pas à ces directions (cf. Figure 5), il est apporté par d'autres sources. La part de SO₂ apportée par des vents en provenance de la SDCL est faible.

6.6. Particules grossières PM₁₀

Les PM₁₀ ont été mesurés en continu, avec des analyseurs automatiques sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » (du 11/01 au 18/02/2025). Les valeurs moyennes des mesures en continu de PM₁₀ sont présentées dans le tableau suivant.

Concentrations en PM ₁₀ (en µg/m ³)	Concentrations (en µg/m ³)			
	Madoumier	Durkheim	Limoges pl. d'Aine (urbaine trafic)	Limoges Berland (urbaine de fond)
Moyenne	14	15	13	12
Nombre de dépassements de 50 µg/m ³ en moyenne journalière	0	0	0	0

Tableau 22 : données de synthèse sur la campagne de mesure des PM₁₀

Les concentrations en PM₁₀ sont présentées sur les graphiques suivants.

Concentrations journalières

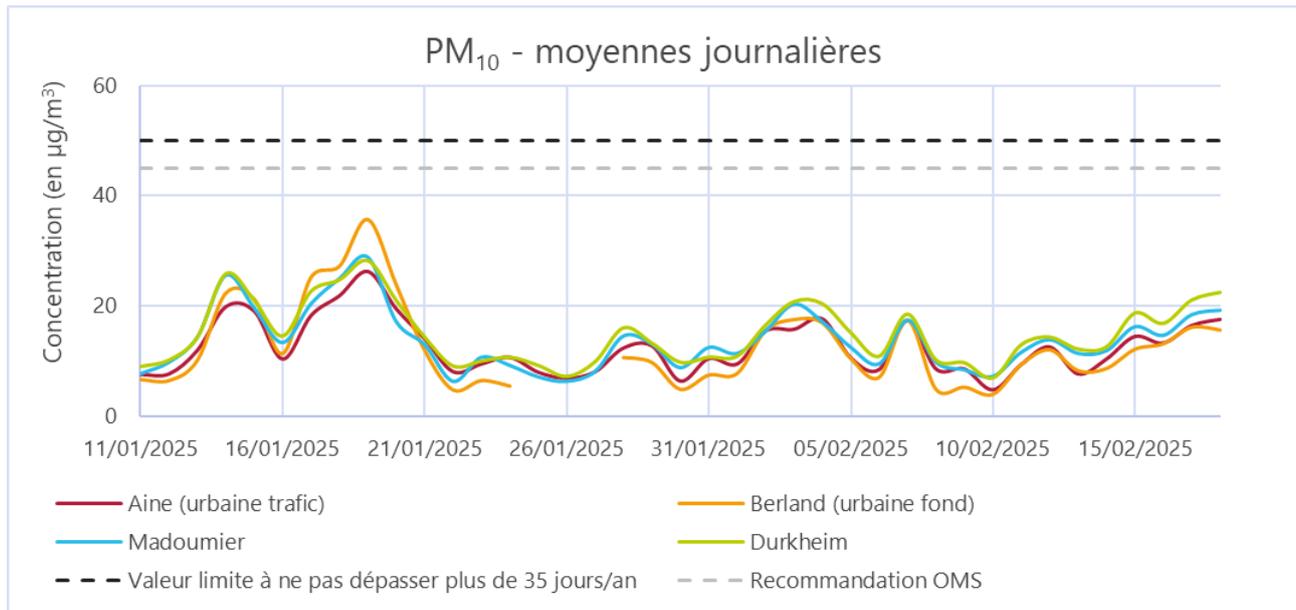


Figure 32 : évolution des concentrations en PM₁₀ au cours de la campagne de mesure (moyennes journalières)

Pendant la campagne de mesure, les concentrations moyennes en PM₁₀ sont du même ordre de grandeur entre les sites « Madoumier » et « Durkheim ». Elles sont également du même ordre de grandeur que les niveaux observés sur la station fixe de fond urbain « Berland » et sur la station trafic « Aine ». L'évolution des concentrations au cours du temps est très similaire entre les différents sites de mesure.

Les concentrations moyennes journalières en PM₁₀ sont inférieures au seuil limite journalier de 50 µg/m³, à ne pas dépasser plus de 35 jours par an. Elles sont également inférieures au seuil journalier recommandé par l'OMS de 45 µg/m³.

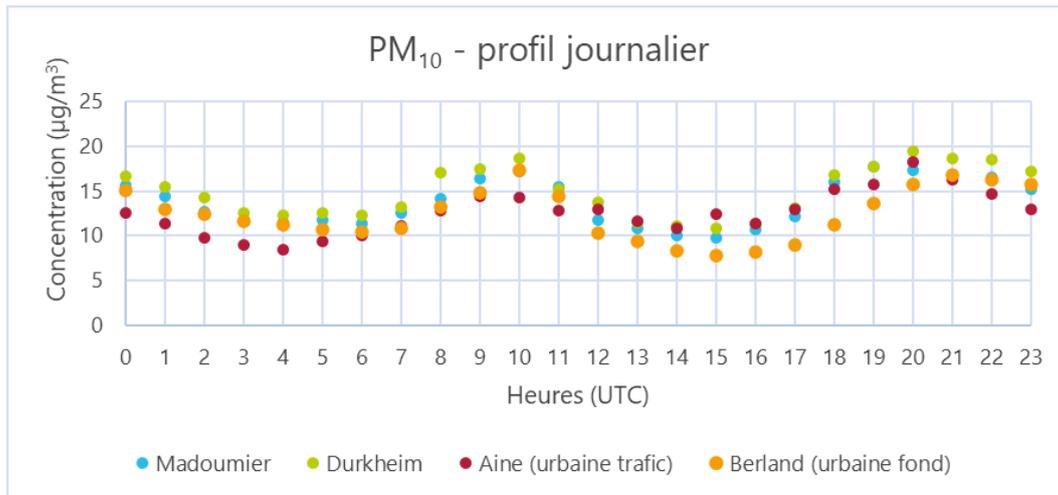
Concentrations annuelles

A titre indicatif, les concentrations moyennes en PM₁₀ sont inférieures à la valeur limite annuelle de 40 µg/m³.

Le seuil annuel recommandé par l'OMS de 15 µg/m³ est respecté sur les sites « Madoumier » et « Durkheim ».

Le profil moyen journalier des concentrations en PM₁₀ pendant la période de mesure est représenté dans la figure suivante.

Profil moyen journalier



A cette période de l'année, les PM₁₀ sont principalement émises par le chauffage résidentiel (notamment le chauffage au bois) et le trafic routier. Comme pour le NO₂, le profil moyen journalier des PM₁₀ présente deux augmentations des concentrations : la première le matin à partir de 7h UTC puis une seconde augmentation le soir vers 18h UTC qui correspondent aux trajets « domicile-travail ». Les valeurs augmentent ensuite progressivement le soir lors de la mise en route des moyens de chauffage notamment au bois.

Les émissions en PM₁₀ de la centrale de cogénération bois ne peuvent être clairement différenciées de l'influence des autres activités (chauffage résidentiel et trafic) pendant cette période de mesures.

6.7. Benzène

Le benzène a été mesuré au moyen de tubes à diffusion passive sur les sites les plus proches de la centrale pendant 4 semaines du 15/01 au 12/02/2025.

Les prélèvements par tubes à diffusion passive donnent des résultats en moyenne hebdomadaire. Les éventuels pics de concentrations ne sont donc pas visibles avec cette méthode de mesure.

Sites	Concentrations benzène (en µg/m ³)				Moyenne
	15 au 22/01/25	22 au 29/01/25	29/01 au 05/02/25	05 au 12/02/25	
Madoumier	1	1	1	0	1
Durkheim	1	1	1	1	1
Landouge (témoin)	1	0	1	1	1
Bordeaux- Gautier (urbaine trafic)	0 (2023) [11]				
Guéret (urbaine fond)	1 (2023) [11]				

Tableau 23 : concentrations en benzène mesurées sur les tubes à diffusion passive

Les concentrations en benzène mesurées sur les différents sites pendant ces 4 semaines sont du même ordre de grandeur que celles mesurées en « routine » au niveau de la station urbaine de fond de Guéret et inférieures à celles de la station urbaine trafic « Bordeaux - Gautier » (en 2023).

A titre indicatif, les concentrations moyennes sur les 4 semaines de mesure sont inférieures au seuil limite annuel ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) et à l'objectif de qualité annuel ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle).

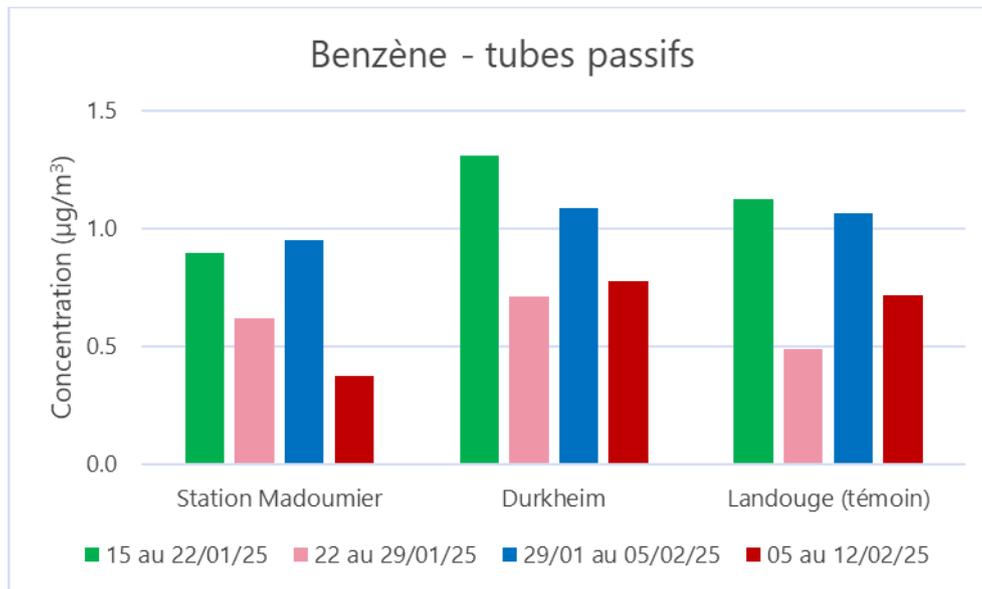


Figure 34 : évolution des concentrations moyennes en benzène au cours des 4 semaines de mesure

Les concentrations sont globalement stables au cours de la période de mesure. Les concentrations mesurées sur les deux sites « Madoumier » et « Durkheim » sont du même ordre de grandeur que celles relevées sur le site témoin de « Landouge ».

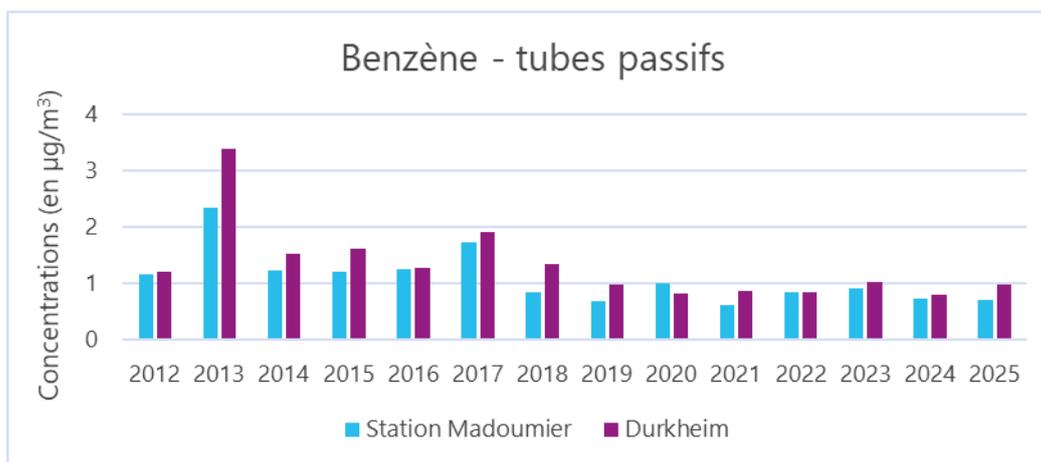


Figure 35 : évolution des concentrations en benzène depuis 2012

Les concentrations en benzène les plus élevées ont été observées en 2013 sur ces 2 sites de mesure. Depuis 2014 les concentrations en benzène sur ces 2 sites de mesure sont stables.

7. Conclusion

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes :

Dioxines et furanes

Retombées atmosphériques

- Les concentrations sont faibles et du même ordre de grandeur que celles mesurées sur le site témoin (« Rue des Sapins ») situé en dehors de l'influence de la chaufferie. Ainsi, pendant la période de mesure, les activités de la chaufferie n'ont pas eu d'impact sur les retombées de dioxines et furanes.
- Les concentrations sont conformes aux niveaux mesurés les années précédentes.

Air ambiant

- Les concentrations en équivalents toxiques des 17 congénères sont faibles sur les 2 sites « Madoumier » et « Durkheim ». A noter que les activités de chauffage au bois résidentiel ont pu constituer une source de dioxines-furanes dans l'air.
- Les résultats relevés autour la SDCL en 2025 sont similaires à ce qui a pu être mesuré sur les UVE de Poitiers et La Rochelle en 2023 et 2024.

Métaux lourds

Retombées atmosphériques

- *A titre indicatif*, pour les métaux qui possèdent une valeur de référence, les concentrations relevées sont largement inférieures aux seuils existants.
- Les espèces majoritaires sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » sont le manganèse (Mn), le zinc (Zn) et le cuivre (Cu).
- Les concentrations en cuivre sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » sont légèrement supérieures à celles mesurées sur le site de référence « rue des Sapins ». Le site « Madoumier » a été exposé pendant 12 % du temps aux vents provenant de la direction de la SDCL, le site « Durkheim » 21 %. L'installation est donc possiblement à l'origine de cette surconcentration. Pour les autres métaux mesurés, les concentrations sont du même ordre de grandeur ou inférieures au site témoin « rue des Sapins ».
- Pour le cuivre, le manganèse et le zinc, les concentrations sont conformes aux niveaux les plus faibles relevés depuis 2012 sur les sites « Madoumier » et « Durkheim ».

Air ambiant

- *A titre indicatif*, pour les métaux soumis à des seuils réglementaires, les concentrations mesurées en air ambiant sont largement inférieures à ceux-ci.
- Les espèces majoritaires sur les deux sites sont le zinc (Zn) et le cuivre (Cu). Les autres métaux sont présents en très faibles concentrations.
- Pour le cuivre et le zinc, les concentrations sont conformes aux niveaux relevés depuis 2012 sur les sites « Madoumier » et « Durkheim ».

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Air ambiant

- Les concentrations sont globalement faibles sur les sites « Madoumier » et « Durkheim ».
- Sur le site « Durkheim », aucune corrélation n'est visible entre l'exposition du site et la concentration. Sur le site « Madoumier », le plus proche de la SDCL, les concentrations sont plus élevées pendant la 2ème semaine de mesure, lorsque l'exposition était plus importante (38%) traduisant un apport de HAP provenant de la chaufferie. Elles restent faibles néanmoins.
- *A titre indicatif*, les concentrations pour le B(a)P, seul HAP réglementé, sont inférieures à la valeur cible. Celles-ci sont du même ordre de grandeur que les années précédentes.

Dioxyde d'azote (NO₂)

Tubes passifs

- Les concentrations en NO₂ mesurées à la station « Madoumier » sont légèrement supérieures à celles mesurées sur le site témoin « Landouge », traduisant l'impact d'une source de combustion à proximité.
- *A titre indicatif*, les concentrations moyennes en NO₂ sont largement inférieures au seuil limite annuel (40 µg/m³).
- Une tendance à la baisse est observée pour les concentrations en NO₂ sur les 2 sites, depuis 2017. Il s'agit d'un phénomène observé sur la majorité des agglomérations, s'expliquant par le renouvellement du parc automobile (nouvelles normes de fabrication pour des véhicules moins polluants) et le développement des mobilités douces et du télétravail.

Mesures automatiques

- L'évolution des concentrations au cours du temps est proche entre les deux stations de « Durkheim » et « Madoumier ». Ces concentrations sont proches bien que légèrement inférieures à celles des niveaux de fond urbain mesurés sur la station « Berland » à Limoges. Les concentrations mesurées sur « Madoumier » et « Durkheim » sont en revanche nettement inférieures aux valeurs de la station trafic « Aine » de Limoges.
- Les concentrations moyennes horaires en NO₂ sont très largement inférieures au seuil limite horaire (200 µg/m³).
- La recommandation de l'OMS en moyenne journalière a été dépassée pendant 8 jours sur le site « Durkheim » et 3 jours sur le site de « Madoumier ». Ce seuil a aussi été dépassé sur les stations de référence : 23 jours sur la station « Aine » et 10 jours sur la station « Berland », ce qui témoigne d'une pollution de fond, non liée à la SDCL.
- *A titre indicatif*, les concentrations moyennes en NO₂ sur l'ensemble de la durée de la campagne sont largement inférieures au seuil limite annuel (40 µg/m³).
- Le seuil annuel recommandé par l'OMS a été dépassé sur les deux sites « Madoumier » et « Durkheim », mais aussi sur les stations fixes « Aine » et « Berland ».
- Le NO₂ est un polluant principalement émis par le trafic routier. Le profil moyen journalier du NO₂ présente deux augmentations des concentrations : le matin entre 6h et 10h UTC³ puis le soir entre 16h et 20h UTC qui correspondent aux trajets « domicile-travail ». Ainsi, le NO₂ sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » semble être influencé par le trafic routier environnant au même titre que les stations fixes « Aine » et « Berland ».

³ pour avoir l'heure locale : +1 en hiver, +2 en été

Dioxyde de soufre (SO₂)

Tubes passifs

- Les concentrations en SO₂ relevées sur les deux sites « Madoumier » et « Landouge » (site témoin) sont toutes inférieures à la limite de quantification. Le polluant est donc absent ou présent en très faible quantité.
- Les concentrations sont négligeables sur l'ensemble des sites depuis 2012.

Mesures automatiques

- Les concentrations en SO₂ sur le site « Madoumier » et « Durkheim » sont globalement faibles et inférieures aux niveaux relevés sur les stations fixes de Saint-Junien (urbaine de fond) et de Saillat-sur-Vienne (rurale industrielle). Des augmentations ponctuelles de la concentration en SO₂ ont pu être enregistrées sur « Madoumier » et « Durkheim », les niveaux restants du même ordre de grandeur que les augmentations ayant pu survenir sur les deux stations de référence.
- Les concentrations horaires sont très largement inférieures au seuil limite horaire de 350 µg/m³ pendant la durée de la campagne.
- Les concentrations journalières sont très largement inférieures au seuil limite journalier de 125 µg/m³. Elles sont également inférieures au seuil journalier recommandé par l'OMS de 40 µg/m³.
- *A titre indicatif*, les concentrations moyennes en SO₂ sur les deux sites sont très largement inférieures à l'objectif de qualité (50 µg/m³ en moyenne annuelle).
- Le SO₂ est apporté en majorité par des vents de sud sur « Madoumier » et des vents de sud-est sur « Durkheim ». La SDCL ne correspondant pas à ces directions, il est donc apporté par d'autres sources. La part de SO₂ apportée par des vents en provenance de la SDCL est faible.

Particules grossières (PM₁₀)

Mesures automatiques

- Pendant la campagne de mesure, les concentrations moyennes en PM₁₀ sont du même ordre de grandeur entre les sites « Madoumier » et « Durkheim ». Elles sont également du même ordre de grandeur que les niveaux observés sur la station fixe de fond urbain « Berland » et sur la station trafic « Aine ». L'évolution des concentrations au cours du temps est très similaire entre les différents sites de mesure.
- Les concentrations moyennes journalières en PM₁₀ sont inférieures au seuil limite journalier (50 µg/m³). Elles sont également inférieures au seuil journalier recommandé par l'OMS (45 µg/m³).
- *A titre indicatif*, les concentrations moyennes en PM₁₀ sont inférieures au seuil limite annuel (40 µg/m³). Le seuil annuel recommandé par l'OMS de 15 µg/m³ a été respecté sur les sites « Madoumier » et « Durkheim ».
- L'impact du trafic routier et du chauffage au bois résidentiel est visible sur le profil journalier des PM₁₀.

Benzène

Tubes passifs

- Les concentrations en benzène mesurées sur les différents sites pendant ces 4 semaines sont du même ordre de grandeur que celles mesurées en « routine » au niveau de la station urbaine de fond de Guéret et inférieures à celles de la station urbaine trafic « Bordeaux - Gautier » (en 2023).

- 
- A titre indicatif, les concentrations moyennes sont inférieures au seuil limite annuel ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) et à l'objectif de qualité annuel (qui est de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle).
 - Les concentrations en benzène les plus élevées ont été observées en 2013 sur les deux sites « Madoumier » et « Durkheim ». Depuis 2014 les concentrations en benzène sur ces deux sites de mesures sont stables.



L'impact de la SDCL sur les concentrations en dioxyde d'azote, en dioxyde de soufre, en particules grossières et en benzène est faible par rapport aux autres sources de pollution sur le territoire (chauffage au bois résidentiel, trafic routier, ...). Une faible surconcentration en cuivre et en plusieurs HAP a pu être observée et pouvant être apportée par la SDCL. Les dioxines-furanes ayant pu être partiellement apportés par le chauffage au bois, il n'est pas possible de conclure sur l'impact de la SDCL au regard de ces polluants.

Lexique

POLLUANTS

→ B[a]P	benzo(a)pyrène
→ B(a)A	benzo(a)Anthracène
→ B(a)P	benzo(a)Pyrène
→ B(b)F	benzo(b)Fluoranthène
→ B(g,h,i)P	benzo(g,h,i)Pérylène
→ B(j)F	benzo(j)Fluoranthène
→ B(k)F	benzo(k)Fluoranthène
→ dB(a,h)A	dibenzo(a,h)Anthracène
→ HAPH	hydrocarbures Aromatiques Polycycliques Halogénés
→ IP	indéno(1,2,3-cd)Pyrène
→ BTEX	benzène, toluène, éthyl-benzène, xylènes
→ C6H6	benzène
→ COV	composés organiques volatils
→ NO	monoxyde d'azote
→ NO ₂	dioxyde d'azote
→ NO _x	oxydes d'azote
→ PM	particules en suspension (Particulate Matter)
→ PM _{2,5}	particules fines (diamètre aérodynamique < 2.5 µm)
→ PM ₁₀	particules grossières (diamètre aérodynamique < 10 µm)
→ POP	polluant Organique Persistant
→ SO ₂	dioxyde de soufre
→ PCDD	polychlorodibenzo-p-dioxines (« dioxines »)
	2,3,7,8 TétrachlorodibenzoDioxine
	1,2,3,7,8 PentachlorodibenzoDioxine
	1,2,3,4,7,8 HexachlorodibenzoDioxine
	1,2,3,6,7,8 HexachlorodibenzoDioxine
	1,2,3,7,8,9 HexachlorodibenzoDioxine
	1,2,3,4,6,7,8 HeptachlorodibenzoDioxine
	OctochlorodibenzoDioxine
→ PCDF	polychlorodibenzofurannes (« furannes »)
	2,3,7,8 TétrachlorodibenzoFuranne
	1,2,3,7,8 PentachlorodibenzoFuranne
	2,3,4,7,8 PentachlorodibenzoFuranne
	1,2,3,4,7,8 HexachlorodibenzoFuranne
	1,2,3,6,7,8 HexachlorodibenzoFuranne
	2,3,4,6,7,8 HexachlorodibenzoFuranne
	1,2,3,7,8,9 HexachlorodibenzoFuranne
	1,2,3,4,6,7,8 HeptachlorodibenzoFuranne
	1,2,3,4,7,8,9 HeptachlorodibenzoFuranne
	OctochlorodibenzoFuranne
→ PCDD/F	
→ ETM	Eléments Traces Métalliques
	Arsenic
	Cadmium
	Cobalt
	Chrome
	Cuivre
	Mercuré
	Manganèse
	Nickel
	Plomb
	Antimoine
	Sélénium
	As
	Cd
	Co
	Cr
	Cu
	Hg
	Mn
	Ni
	Pb
	Sb
	Se

Sn
Te
Tl
V
Zn

Etain
Tellure
Thallium
Vanadium
Zinc

UNITÉS DE MESURE

→ fg	femtogramme (= 1 milliardième de milliardième de gramme = 10^{-15} g)
→ pg	picogramme (= 1 millième de milliardième de gramme = 10^{-12} g)
→ ng	nanogramme (= 1 milliardième de gramme, 1 ng = 10^{-9} g)
→ µg	microgramme (= 1 milliardième de gramme = 10^{-6} g)
→ m ³	mètre cube
→ I-TEQ	indicateur équivalent toxique (cf. autres définitions)
→ TEF	Toxic Equivalent Factor

ABREVIATIONS

→ OMS/WHO	Organisation Mondiale pour la Santé / World Health Organization
→ OTAN/NATO	Organisation du Traité de l'Atlantique Nord / North Atlantic Treaty Organization
→ CCE	Commission des Communautés Européennes
→ INERIS	Institut National de l'Environnement industriel et des RISques
→ COFRAC	COmité Français d'ACcréditation
→ CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
→ AASQA	Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air
→ FID	Ionisation de Flamme
→ GC	Chromatographie gazeuse
→ ICP	Plasma à couplage inductif
→ I-TEQ	Indice international d'équivalent toxique
→ LD	Limite de détection
→ LQ	Limite de Quantification
→ MS	Spectrométrie de masse
→ PEHD	Polyéthylène Haute Densité
→ SDCL	Société de Distribution de Chaleur de Limoges
→ TEF	Facteur d'équivalent toxique
→ UTC	Temps Universel Coordonné / Coordinated Universal Time
→ UV	Ultraviolet

DEFINITIONS

Lignes directrices OMS : présentent des recommandations d'ordre général concernant les valeurs seuils des principaux polluants de l'air qui posent des risques de santé. Ces lignes directrices sont applicables dans le monde entier et se fondent sur l'analyse par des experts de données scientifiques contemporaines récoltées dans toutes les régions de l'OMS.

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.

Rose des vents : une rose des vents est une figure représentant la fréquence des directions d'où vient le vent durant une période donnée, aux points cardinaux (nord, est, sud et ouest) et aux directions intermédiaires. Strictement en dessous de 1 m/s on parle de vents faibles. Ces vents ne sont pas pris en compte dans les roses des vents présentées dans ce rapport car leur direction n'est pas bien établie.

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.

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 nécessaire l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.



Station d'influence de fond : station de mesure fixe qui permet le suivi du niveau d'exposition de la majorité de la population aux phénomènes de pollution dits de « fond » dans les centres urbains, périurbains ou en milieu rural. Les mesures sont représentatives de l'air respiré par la majorité des habitants de ces zones.

Station d'influence industrielle : représente l'exposition maximale sur les zones soumises directement à une pollution d'origine industrielle.

Station d'influence trafic : représente l'exposition maximale sur les zones soumises à une forte circulation urbaine et routière.

Valeur limite : valeur à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser. Cette valeur est fixée 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. Cette valeur est fixée afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

Conversion entre l'heure locale et l'heure universelle (UTC) :

- D'octobre à avril (hiver) : heure locale = heure UTC + 1h
- D'avril à octobre (été) : heure locale = heure UTC + 2h.

Bibliographie

- [1] Limair, « Modélisation des retombées atmosphériques de la Centrale Cogénération Biomasse - 2009 à 2011 », ETD/2012/12, 2012. Consulté le: 16 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/publications/modelisation-des-retombees-atmospheriques-de-la-centrale-cogeneration-biomasse-dalkia>
- [2] Limair, « Rapport de mesures et d'analyses - Cogénération bois - DALKIA - 2012 », ETD-2012-15, 2012. Consulté le: 21 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/publications/rapport-de-mesures-et-danalyses-cogeneration-bois-dalkia-du-29-octobre-au-26-novembre>
- [3] République Française, *Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air.*
- [4] Gouvernement fédéral allemand, *Guide technique allemand pour garantir un air pur (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes – Immissionsschutzgesetz).* 2002.
- [5] Conseil fédéral suisse, *Ordonnance sur la protection de l'air (Opair) du 16 décembre 1985.* 1985.
- [6] Organisation Mondiale de la Santé, *Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air - Particules (PM_{2,5} et PM₁₀), ozone, dioxyde d'azote, dioxyde de soufre et monoxyde de carbone - Résumé d'orientation.* 2021. Consulté le: 4 mars 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://iris.who.int/handle/10665/346555>
- [7] Atmo Nouvelle-Aquitaine, « Surveillance de la qualité de l'air - Unité de Valorisation Énergétique de Poitiers - 2024 », IND_EXT_23_088, mars 2025. Consulté le: 16 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/publications/surveillance-de-la-qualite-de-lair-unite-de-valorisation-energetique-de-poitiers-86-6>
- [8] Atmo Nouvelle-Aquitaine, « Surveillance de la qualité de l'air - Unité de Valorisation Énergétique de Poitiers - 2023 », IND_EXT_22_423, janv. 2024. Consulté le: 16 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/publications/surveillance-de-la-qualite-de-lair-unite-de-valorisation-energetique-de-poitiers-86-5>
- [9] Atmo Nouvelle-Aquitaine, « Surveillance de la qualité de l'air - Unité de Valorisation Énergétique de La Rochelle - 2024 », IND_EXT_23_087, oct. 2024. Consulté le: 16 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/publications/surveillance-de-la-qualite-de-lair-unite-de-valorisation-energetique-de-la-rochelle-3>
- [10] Atmo Nouvelle-Aquitaine, « Surveillance de la qualité de l'air - Unité de Valorisation Énergétique de La Rochelle - 2023 », IND_EXT_22_425, oct. 2023. Consulté le: 16 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/publications/surveillance-de-la-qualite-de-lair-unite-de-valorisation-energetique-de-la-rochelle-2>
- [11] Atmo Nouvelle-Aquitaine, « Qualité de l'air en Nouvelle-Aquitaine. Bilan annuel 2023. », juill. 2024. Consulté le: 16 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/publications/bilans-annuels-de-la-qualite-de-lair-en-nouvelle-aquitaine>

Annexes

Annexes 1 : Dioxines-furanes

Calcul de toxicité

Afin de comparer la toxicité des divers congénères, un indicateur synthétique est utilisé, le I-TEQ (International Toxic Equivalent Quantity), définissant la charge toxique globale liée aux dioxines. Chaque congénère se voit attribuer un coefficient de toxicité, le TEF (Toxic Equivalent Factor) définissant son activité par rapport à la dioxine la plus toxique (2,3,7,8-TCDD, ou dioxine de Seveso), la toxicité d'un mélange étant la somme des TEF de tous les composants du mélange.

$$TEF = \frac{\text{(potentialité toxique du composé individuel)}}{\text{(potentialité toxique de la 2,3,7,8 - TCDD)}}$$

$$I - TEQ = \sum TEF * [PCDD \text{ ou } PCDF]$$

Il existe deux systèmes d'équivalence toxique :

- **TEQ OTAN** : c'est le plus vieux système d'Equivalence Toxique International, mis au point par l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (OTAN), initialement établi en 1989 et réactualisé depuis. C'est le système utilisé pour les mesures dans l'air ambiant et les retombées atmosphériques.
- **TEQ OMS** (ou, en anglais, WHO-TEQ) : l'Organisation Mondiale de la Santé a suggéré que soient modifiées les valeurs des Facteurs d'Equivalences Toxiques. La proposition a débouché sur un nouveau système, utilisé entre autres pour les mesures dans les aliments. C'est le système utilisé pour la mesure dans les lichens, les légumes et le lait de vache.

Les 17 congénères étudiés avec leur TEF correspondants :

Congénères		TEF OTAN	TEF OMS 1998	TEF OMS 2005*
Dioxines	2,3,7,8-TCDD	1	1	1
	1,2,3,7,8-PeCDD	0.5	1	1
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.1	0.1
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.1	0.1
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.1	0.1
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.01	0.01
	OCDD	0.001	0.0001	0.0003
Furanes	2,3,7,8-TCDF	0.1	0.1	0.1
	1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	0.05	0.03
	2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	0.5	0.3
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.1	0.1
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1	0.1
	2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1	0.1
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.1	0.1
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.01	0.01
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.01	0.01
	OCDF	0.001	0.0001	0.0003

Concentrations nettes des dioxines-furanes dans les retombées atmosphériques

Les concentrations nettes de dioxines et furanes sont calculées selon la formule suivante :

$$C_{nette} = \frac{C_{éch} * 24}{h * S}$$

Avec :

C_{nette} : concentration nette en pg/m²/j

$C_{éch}$: concentration après analyse du prélèvement en pg/échantillon

h : nombre d'heures de collecte

S : surface de collecte en m² (pour les jauges en verre utilisées ici : 471 cm²)

Concentrations nettes des dioxines-furanes en air ambiant

Les concentrations volumiques sont exprimées suivant la formule :

$$C_{nette} = \frac{(C_{éch} - C_{blanc}) * 1000}{V}$$

Avec :

C_{nette} : concentration nette calculée en fg/m³

$C_{éch}$: concentration du prélèvement analysé en pg/échantillon

C_{blanc} : concentration du blanc en pg/échantillon

V : volume prélevé (en m³)



Retrouvez toutes

nos publications sur :

www.atmo-nouvelleaquitaine.org



Contacts

contact@atmo-na.org

Tél. : 09 84 200 100

Pôle Bordeaux (siège social)

ZA Chemin Long - 13 allée James Watt

33 692 Mérignac Cedex

Pôle La Rochelle (adresse postale-facturation)

ZI Périgny/La Rochelle - 12 rue Augustin Fresnel

17180 Périgny

Pôle Limoges

Parc Ester Technopole - 35 rue Soyouz

87 068 Limoges Cedex

