



Rapport d'étude

Cogénération bois SDCL / DALKIA

Plan de surveillance de la qualité de l'air – 2026

Période de mesure : du **15/01/2026** au **16/02/2026**

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



Référence :
IND_EXT_25_270

Version finale du :
25/06/2026

Auteur : Bruno BAUMANN, ingénieur 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 sollicite Atmo Nouvelle-Aquitaine depuis 2012, 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).

À ce titre, une nouvelle campagne de mesure a été réalisée entre janvier et février 2026. Les objectifs des mesures sont

- d'évaluer l'impact des émissions des activités de la centrale biomasse sur son environnement pour l'année 2026.
- de suivre l'évolution des concentrations des différents polluants par rapport aux années passées.

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, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), benzène, dioxyde d'azote (NO₂), dioxyde de soufre (SO₂) et particules grossières (PM₁₀).

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes :

- L'ensemble des mesures pour les substances recherchées est inférieur aux seuils réglementaires quand ceux-ci existent.
- Les concentrations observées cette année sont équivalents ou inférieurs aux années précédentes.
- Pour plusieurs polluants, les mesures correspondent au bruit de fond habituellement mesurable en milieu rural ou urbain sans influence industrielle.
- Lorsque les sites sont sous le vent de l'installation de cogénération, l'influence de cette dernière est peu ou pas perceptible sur les concentrations de polluants.



Avant-Propos

Titre : Cogénération bois SDCL / DALKIA - Plan de surveillance de la qualité de l'air - 2026

Reference : IND_EXT_25_270

Version : finale du 25/06/2026

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

Selon offre n° : IND_EXT_25_270 version 1 du 04/11/2025

Nombre de pages : 57 (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 1 an 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	5
2	Polluants suivis et méthodes de mesure	6
2.1	Mesures automatiques	6
2.2	Mesures par prélèvement suivi d'une analyse	6
3	Dispositif de mesure	7
4	Plan de prélèvement	9
5	Conditions environnementales	11
6	Présentation des résultats	14
6.1	Dioxines et furanes	14
6.1.1	Dioxines et furanes dans les retombées atmosphériques	14
6.1.2	Dioxines-furanes en air ambiant.....	15
6.2	Métaux lourds	17
6.2.1	Métaux dans les retombées atmosphériques	17
6.2.2	Métaux dans l'air ambiant	21
6.3	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	24
6.4	Benzène.....	26
6.5	Dioxyde d'azote (NO ₂).....	28
6.5.1	Mesure du NO ₂ par tubes passifs.....	28
6.5.2	Mesure du NO ₂ par analyseurs automatiques.....	29
6.6	Dioxyde de soufre (SO ₂).....	32
6.6.1	Mesure du SO ₂ par tubes passifs.....	32
6.6.2	Mesure du SO ₂ par analyseurs automatiques.....	32
6.7	Particules grossières PM ₁₀	34
7	Conclusion	37

Table des annexes

Annexe I : Fiches Polluants	40
Annexe II : Fiches Equipement	52
Annexe III : Référence	56

1 Introduction et contexte

SDCL/DALKIA sollicite Atmo Nouvelle-Aquitaine, depuis 2012, 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 et des sites identiques.

Les polluants mesurés sont les suivants :

- dioxines et furanes (PCDD/F),
- métaux lourds,
- hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP),
- benzène (C₆H₆),
- dioxyde d'azote (NO₂),
- dioxyde de soufre (SO₂),
- particules grossières (PM₁₀).

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.

Les objectifs des mesures sont les suivants :

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

2 Polluants suivis et méthodes de mesure

2.1 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	 ACCREDITATION COFRAC N° 1-6354* Portée disponible sur www.cofrac.fr
Concentration en dioxyde de soufre (SO₂)		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 (PM ₁₀ ; PM _{2,5})	

Tableau 1 : Listes des mesures automatiques

* 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.




2.2 Mesures par prélèvement suivi d'une analyse

Caractéristique mesurée	Matériel	Référence et / ou principe de la méthode de prélèvement	Référence et / ou principe de la méthode d'analyse
Concentration en B(a)P	Préleveur	NF EN 15549 - Méthode normalisée pour la mesure de la concentration du benzo[a]pyrène dans l'air ambiant	Méthode interne Mop C-4/42
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 Mop C-4/42
Concentration en métaux lourds (plomb, cadmium, arsenic et nickel)		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 dioxines et furanes chlorés		Méthode interne : Mesure sur filtre dans la fraction TSP de la matière particulaire en suspension et mousse pour les gaz	NF EN 1948-2 et NF EN 1948-3

Concentration en benzène		NF EN 14662-4 - Prélèvement par diffusion suivi d'une désorption thermique et d'une analyse par chromatographie en phase gazeuse	
Concentration en dioxyde d'azote (NO₂)		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 (SO₂)		Méthode interne : chimioadsorption sur cartouche en polyéthylène microporeux imbibé de triéthanolamine humide	Protocole analytique de ICSM et de PASSAM
Concentration du mercure gazeux		Méthode interne : adsorption du mercure gazeux sur tube actif d'hopcalite	AFS
Concentration en métaux lourds (plomb, cadmium, arsenic et nickel) et autres métaux	Jauge	NF EN 15841 - Méthode normalisée pour la détermination des dépôts d'arsenic de cadmium, de nickel et de plomb	NF X 43-014, NF EN 15841 et ISO 17294
Concentration en mercure		NF EN 15853 - Méthode normalisée pour la détermination des dépôts de mercure	NF X 43-014 et EN ISO 17852
Concentration dioxines et furanes chlorées		NF X 43-014 - Détermination des retombées atmosphériques totales	NF X 43-014 et EPA 1613

Tableau 2 : Listes des mesures par prélèvement

3 Dispositif de mesure

Polluant	Matrice	Matériel	Photo	Paramètres
Dioxines (PCDD) et furanes (PCDF)	Air ambiant (Concentration dans l'air)	Préleveur haut volume de type DA80		Coupure : particules totales en suspension. Débit : 15 m ³ /h Filtre : filtres quartz et mousses polyuréthane (PUF) Durée : 2 semaines
	Retombées atmosphériques	Jauges de dépôt		Matériaux : Verre Capacité : 20 litres Diamètre entonnoir : 25 cm
	biosurveillance des denrées alimentaires			
Métaux (hors Mercure)	Air ambiant (Concentration dans l'air)	Préleveur dynamique bas volume de type Leckel		Coupure : particules PM ₁₀ . Débit : 2.3 m ³ /h Filtre : filtres quartz Durée : 24h toutes les 48h











	Retombées atmosphériques	Jauges de dépôt		Matériaux : Plastique (PEHD) Capacité : 20 litres Diamètre entonnoir : 30 cm
Mercure	Air ambiant (Concentration dans l'air)	Tube actif avec pompe de prélèvement		Ref : Hydrar Débit : 12 litres/h Durée : 14 jours
	Retombées atmosphériques	Jauges de dépôt		Matériaux : Verre Capacité : 10 litres Diamètre entonnoir : 20 cm
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	Air ambiant (Concentration dans l'air)	Préleveur haut volume de type DA80		Coupure : particules PM10. Débit : 30 m ³ /h Filtre : filtres quartz Durée : 24h toutes les 48h durant 20 jours
Dioxyde d'azote (NO₂)	Air ambiant (Concentration dans l'air)	Tube passif de type Passam [®]		Référence : Tube passif NO ₂ Long Term - PASSAM Durée : 7 jours
Oxydes d'azote (NO_x)	Air ambiant (Concentration dans l'air)	Analyseur automatique dans laboratoire mobile		Pas de temps de 15 minutes
Dioxyde de soufre (SO₂)	Air ambiant (Concentration dans l'air)	Tube passif de type Radiello [®]		Référence : Radiello 166 Durée : 7 jours
Dioxyde de soufre (SO₂)	Air ambiant (Concentration dans l'air)	Analyseur automatique dans laboratoire mobile		Pas de temps de 15 minutes
Particules grossières (PM₁₀)	Air ambiant (Concentration dans l'air)	Analyseur automatique dans laboratoire mobile		Pas de temps de 15 minutes
Benzène	Air ambiant (Concentration dans l'air)	Tube passif de type Radiello [®]		Référence : Radiello 145 Durée : 7 jours

Tableau 3 : Liste du matériel utilisés

Des fiches descriptives plus complètes par matériel se trouvent en Annexe II.

4 Plan de prélèvement

Le plan d'échantillonnage a été adapté au regard des résultats obtenus depuis 2012. Ainsi, quatre sites de mesure (identiques aux années précédentes) ont été investigués. Les caractéristiques des différents sites sont rassemblées dans le Tableau 4. 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	Limoges - Madoumier	Durkheim	Rue des Sapins (témoin)	Landouge (témoin)
Coordonnée X (Lambert 93)	562 093	562 093	562 093	562 093
Coordonnée Y (Lambert 93)	6 527 796	6 527 796	6 527 796	6 527 796
Secteur d'exposition (vent provenant de) (+/-30°)	325-16° N	240-244° OSO	229-230° SO	105-107° ESE
Vents faibles (<1m/s) prise en compte dans l'exposition du site	OUI	OUI	NON	NON
Distance à l'installation (en m)	110	580	2 640	2 180
Typologie du site	Urbaine	Urbaine	Urbaine	Péri-urbaine

Tableau 4 : caractéristiques des sites de mesure

Les 4 sites de mesure sont représentés sur la Figure 1, ci-après. Le matériel de mesure ainsi que les dates où ont été réalisées les mesures sont présentées dans le Tableau 5.

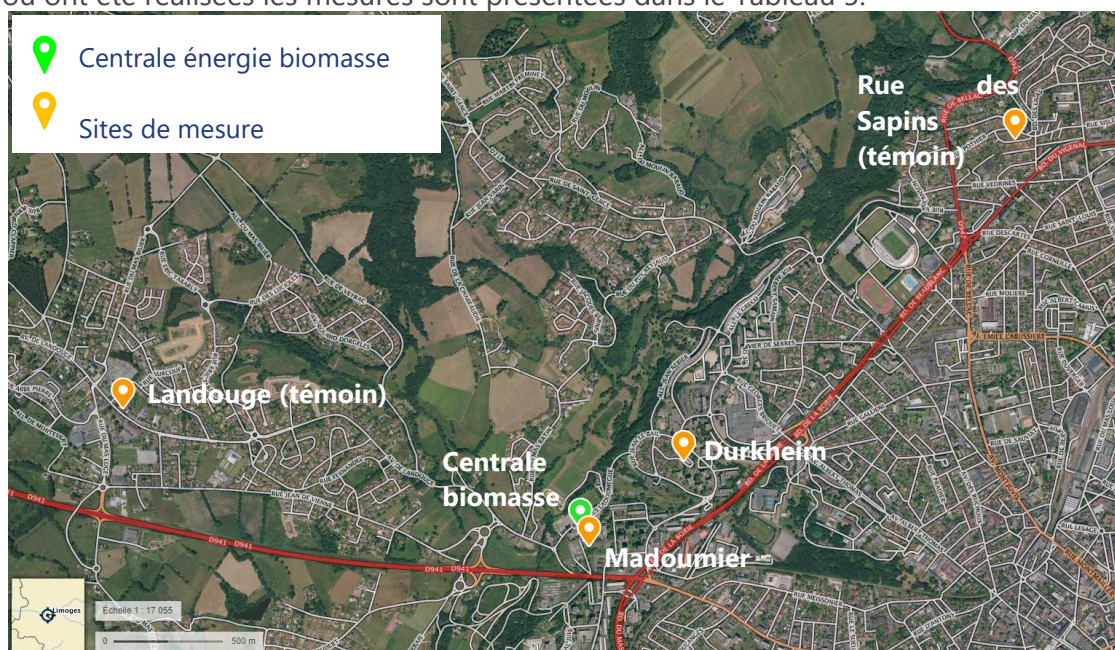


Figure 1 : carte de situation (Source : Géoportail)

Polluant	Matrice/méthode de prélèvement	Site	Date de prélèvement
Dioxines-furanes	Air ambiant (préleveur haut volume)	Madoumier	15/01 au 29/01/2026
		Durkheim	
	Retombées atmosphériques (jauges en verre)	Madoumier	15/01 au 12/02/2026
		Durkheim	
Rue des Sapins			
Métaux lourds (hors Mercure)	Air ambiant (préleveur haut volume)	Madoumier	15/01 au 22/01/2026
		Durkheim	
	Retombées atmosphériques (jauges en PEHD)	Madoumier	15/01 au 12/02/2026
		Durkheim	
Rue des Sapins			
Mercuré	Air ambiant (tube actif Hydrar) : mercure gazeux	Madoumier	15/01 au 29/01/2026
		Durkheim	
	Retombées atmosphériques (jauges en verre)	Madoumier	15/01 au 12/02/2026
		Durkheim	
Rue des Sapins			
HAP	Air ambiant (préleveurs bas volume)	Madoumier	29/01 au 20/02/2026
		Durkheim	
NO₂	Analyseurs automatiques	Madoumier	12/01 au 19/02/2026
		Durkheim	
	Tubes passifs (Gradko)	Madoumier	15/01 au 12/02/2026
	Landouge (témoin)		
SO₂	Analyseurs automatiques	Madoumier	12/01 au 19/02/2026
		Durkheim	
	Tubes passifs (Radiello 166)	Madoumier	15/01 au 12/02/2026
	Landouge (témoin)		
PM₁₀	Analyseurs automatiques	Madoumier	12/01 au 19/02/2026
		Durkheim	
Benzène	Tubes passifs (Radiello 145)	Madoumier	15/01 au 12/02/2026
		Durkheim	
		Landouge (témoin)	

Tableau 5 : dates et matériels de mesure lors de la campagne

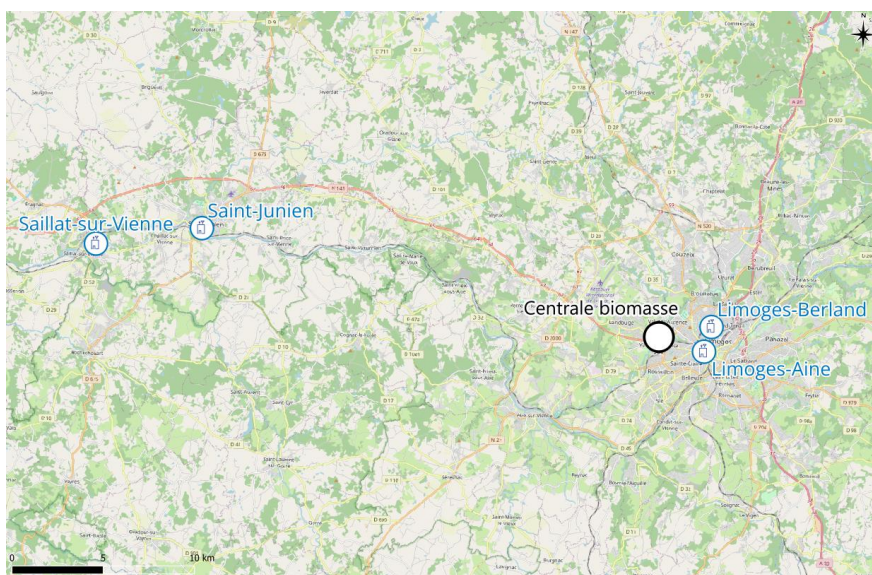


Figure 2 : carte des stations de mesures utilisées pour la comparaison des mesures NO₂, SO₂ et PM₁₀ (Source : OpenStreetMap)

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.

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 12/01 au 20/02/2026 et pour une période de référence de 3 ans du 20/02/2023 au 20/02/2026 afin de disposer d'un élément de comparaison avec les vents habituels.

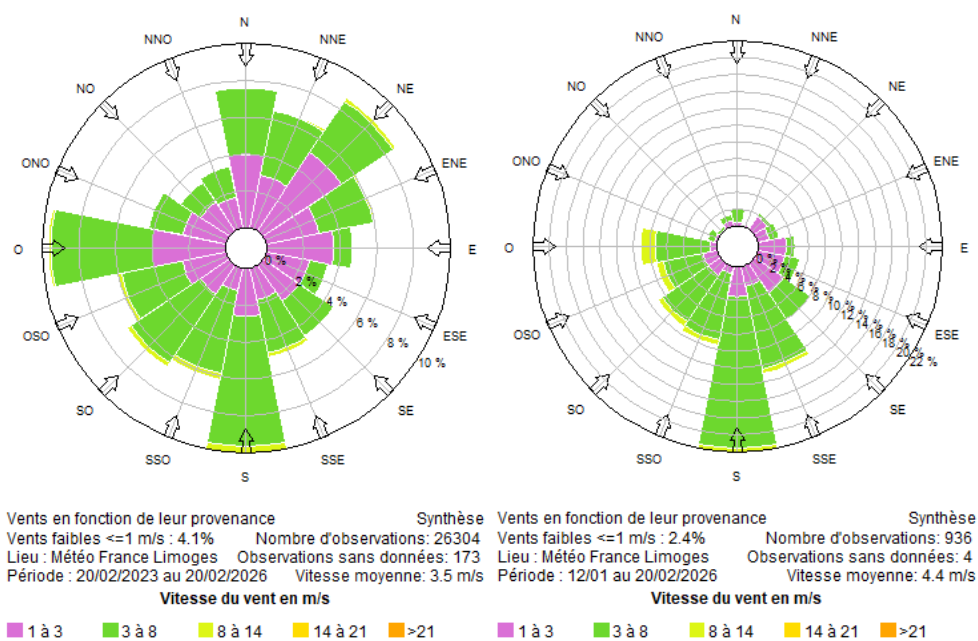


Figure 3 : rose des vents de la station Météo-France « Limoges » sur 3 ans (à gauche) et du 12/01 au 20/02/2026 (à droite)

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 car ils sont trop faibles pour que leur direction soit établie. Leur pourcentage est précisé dans la légende de la figure. Ces vents sont le signe d'une forte stabilité atmosphérique, limitant la dispersion des polluants et favorisant leur accumulation

Il est à noter que durant la campagne, les vents mesurés sont particulièrement forts (4,4m/s de moyenne sur la campagne par rapport à 3,5m/s sur 3 ans) et de sud (22% de sud par rapport à 10% sur 3 ans). Les vents de nord (d'ONO à ENE) sont sous-représentés pendant la période de mesure. Les vents faibles (<1m/s) sont du même ordre de grandeur bien que moins importants (2,4% sur la campagne par rapport à 4,1% sur 3 ans).

Par conséquent l'exposition du site de Madoumier aux émissions de la centrale sont très faibles cette année : de 0 à 11%. Le site de Durkheim a une exposition plus importante comprise entre 2 et 79 % (cf. Tableau 6 à 11).

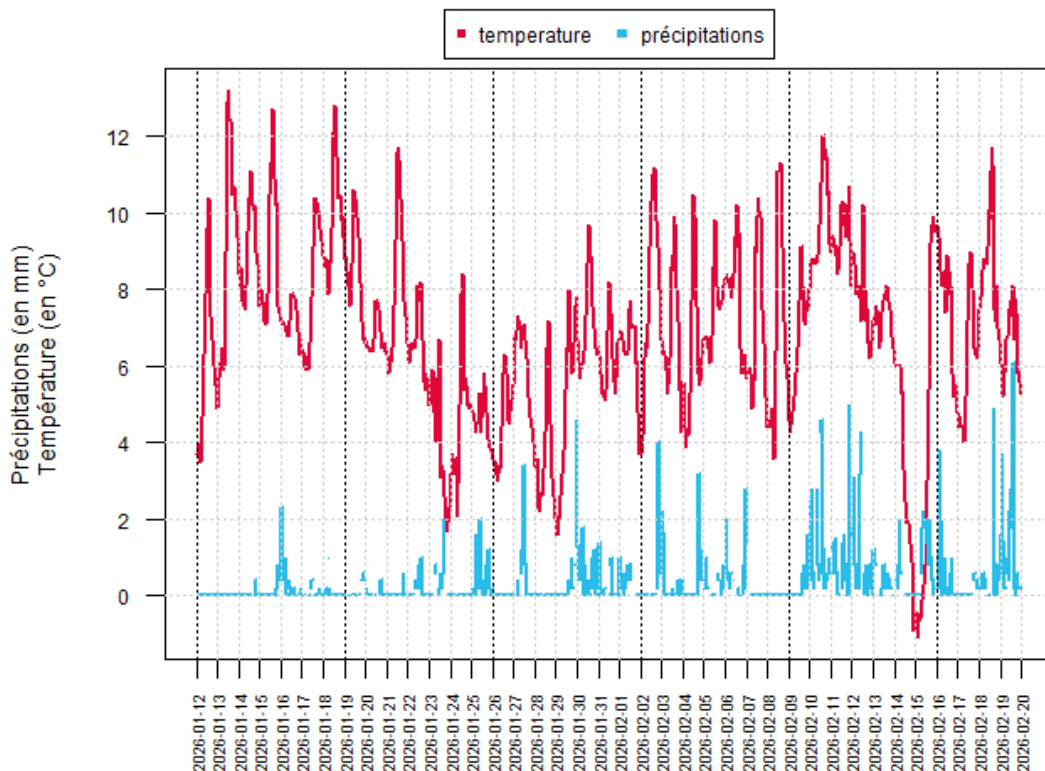


Figure 4 : évolution des précipitations et de la température à Limoges (12/01 au 20/02/2026)

La température moyenne est de 6,9°C avec une minimale à -1,1°C.

247 mm d'eau sont tombés, en cumulé, sur les 38 jours. Cela a notamment un impact sur les prélèvements dans les retombées atmosphériques avec les jauges, avec un record depuis 2020 (la limite de quantification est augmentée avec le volume de remplissage des jauges).

Précipitation max dans les jauges (en mm)

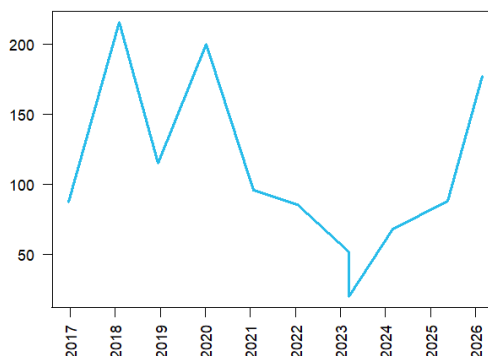


Figure 5 : évolution des précipitations maximales durant les prélèvements avec les jauges

Les tableaux suivants reprennent, pour chaque période de prélèvement, les expositions des 2 sites (hors témoins), ainsi que les données météorologiques (température et précipitations) :

Site	Ensemble de la période de prélèvement Du 12/01 au 19/02/2026		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	8.6%	247	6.9
Durkheim	30.1%		

Tableau 6 : Taux d'exposition des sites de mesure par rapport à la centrale de cogénération

Site	Prélèvements de dioxines/furanes et mercure en air ambiant Du 15 au 29/01/2026		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	8.1	43	6.4
Durkheim	17.1		

Tableau 7 : détails des taux d'exposition des sites par rapport à la centrale de cogénération durant les prélèvements de PCCD/F et Hg en air ambiant

Site	Prélèvements de métaux en air ambiant Du 15 au 22/01/2026		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	5.4	16	8.2
Durkheim	4.9		

Tableau 8 : détails des taux d'exposition des sites par rapport à la centrale de cogénération durant les prélèvements de métaux en air ambiant

Sur la période du :		Prélèvements de HAP en air ambiant			
		Exposition (en %)		Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
		Madoumier	Durkheim		
30/01/2026	31/01/2026	2.1	60.4	19	6.8
01/02/2026	02/02/2026				
03/02/2026	04/02/2026	0	27.1	10	7.2
05/02/2026	06/02/2026				
07/02/2026	08/02/2026	2.8	2.8	7	6.8
09/02/2026	10/02/2026				
11/02/2026	12/02/2026	20.8	39.6	30	8.4
13/02/2026	14/02/2026				
15/02/2026	16/02/2026	4.2	62.5	19	5
17/02/2026	18/02/2026				

Tableau 9 : détails des taux d'exposition des sites par rapport à la centrale de cogénération durant les prélèvements de HAP en air ambiant

Site	Prélèvements dans les retombés atmosphériques PCDD/F et métaux Du 15/01 au 12/02/2026		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	5.7	173	6.9
Durkheim	27.7		

Tableau 10 : détails des taux d'exposition des sites par rapport à la centrale de cogénération durant les prélèvements dans les retombés atmosphériques

Sur la période du :		Prélèvements par tubes passifs (NO ₂ , SO ₂ , Benzène)			
		Exposition (en %)		Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
		Madoumier	Durkheim		
15/01/2026	22/01/2026	5.4	5.4	16	8.2
22/01/2026	29/01/2026	10.7	28.4	27	4.7
29/01/2026	05/02/2026	0.6	37	54	6.8
05/02/2026	12/02/2026	6	40.5	80	8.0

Tableau 11 : détails des taux d'exposition des sites par rapport à la centrale de cogénération durant les prélèvements par tubes passifs

6 Présentation des résultats

6.1 Dioxines et furanes

6.1.1 Dioxines et furanes dans les retombées atmosphériques

Seuls les 17 congénères les plus toxiques sont analysés. Afin d'obtenir une valeur de leur toxicité cumulée, un indice de toxicité spécifique à chaque molécule (cf. Annexe I : calcul de toxicité) vient pondérer chacune des concentrations. La somme de ces concentrations ainsi pondérées permet d'obtenir un indicateur de toxicité équivalente appelé **ITEQ**. Les valeurs sous la limite de quantification (LQ) (habituellement considérée comme égale à 1/2 LQ) sont considérées dans cette étude comme égale à LQ d'où une expression du résultat en pg ITEQ **max**/m²/j.

En l'absence de seuil réglementaire, les résultats de ces mesures ne peuvent être comparés qu'à d'autres mesures réalisées, comme celle mentionnées en Annexe I dans la partie « Niveaux mesurés utilisables à titre indicatif » et à l'historique des mesures.

Site	En 2026			Depuis novembre 2017		
	Nombre de congénères quantifiés	Exposition des sites	Concentration mesurée*	Concentration moyenne*	Concentration médiane*	Expo moy.
Madoumier	4	5.7%	1.08	0.91	0.90	23.8%
Durkheim	5	27.7%	1.08	0.89	0.99	22.5%
Rue des Sapins	4	témoin	1.09	0.85	0.91	témoin

Tableau 12 : récapitulatif des mesures de dioxines et furanes en air ambiant
* Les concentrations sont données en équivalent toxique (pg-ITEQ max/m²/j)

Les valeurs mesurées sur les sites à proximité de l'installation sont du même ordre de grandeur que celles mesurées sur le site témoin. A titre indicatif, ces valeurs sont inférieures au bruit de fond rural (médiane à 1,6 pg -ITEQ/m²/j) décrit dans l'étude de l'INERIS de 2012 (voir Annexe I).

Concentration en somme ITEQ dans les retombées atmosphériques

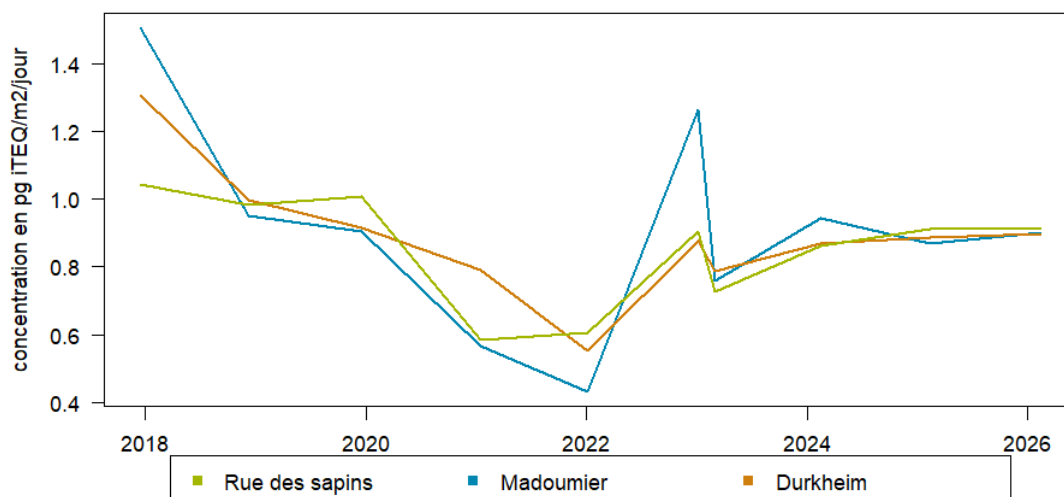


Figure 6 : Concentrations mesurées (cumul des 17 congénères avec facteur de toxicité ITEQ) dans le temps depuis 2017

Peu d'évolution est observée dans le temps. La légère tendance à l'augmentation entre 2022 et 2026 peut-être rapprochée de l'augmentation du volume d'eau récupéré et par conséquent de l'augmentation de la limite de quantification de certains congénères.

Concentration en somme ITEQ dans les retombées atmosphériques

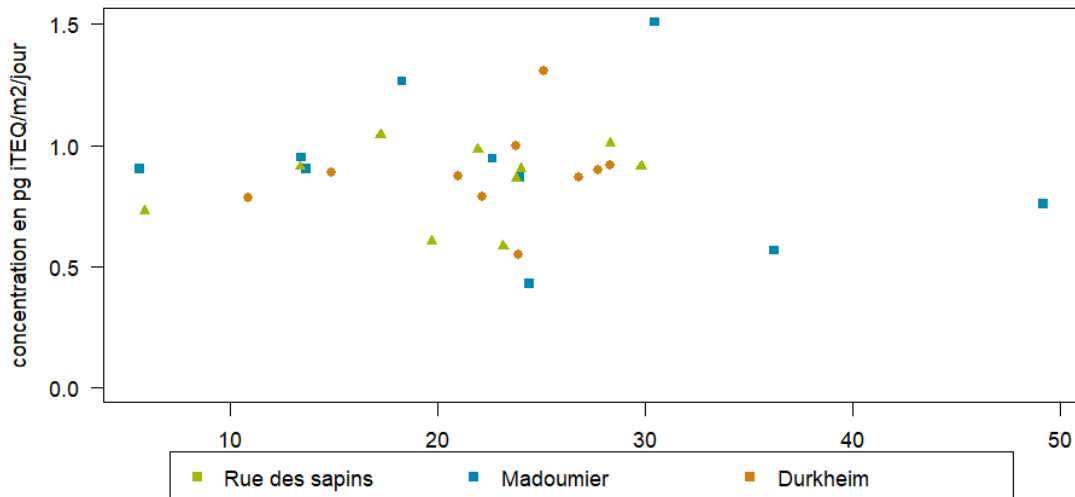


Figure 7 : Concentrations mesurées en fonction de l'exposition du site de mesure (sous le vent de l'installation) depuis 2017

L'analyse des mesures des 10 dernières années ne montre pas d'augmentation évidente des concentrations quand l'exposition du site de prélèvement à la centrale de cogénération augmente.

6.1.2 Dioxines-furanes en air ambiant

Remarque : Avant 2025, les mesures de dioxines-furanes dans l'air ambiant étaient réalisées 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 (TSP), 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.

Comme pour les retombées atmosphériques, seuls les 17 congénères les plus toxiques sont analysés. Un indice de toxicité spécifique à chaque molécule (cf. Annexe I : calcul de toxicité) leur est appliqué afin d'obtenir une valeur de leur toxicité cumulée en pondérant chaque concentration nette.

Site	En 2026		En 2025	
	Exposition des sites	Concentration mesurée (en fg-I-TEQ max/m ³)	Exposition des sites	Concentration mesurée (en fg-I-TEQ max/m ³)
Madoumier	8.1%	4.92	17.1%	9.36
Durkheim	17.1%	4.62	18.6%	13.8

Tableau 13 : récapitulatif des mesures dioxines et furanes en air ambiant

Concentration en somme ITEQ dans l'air ambiant

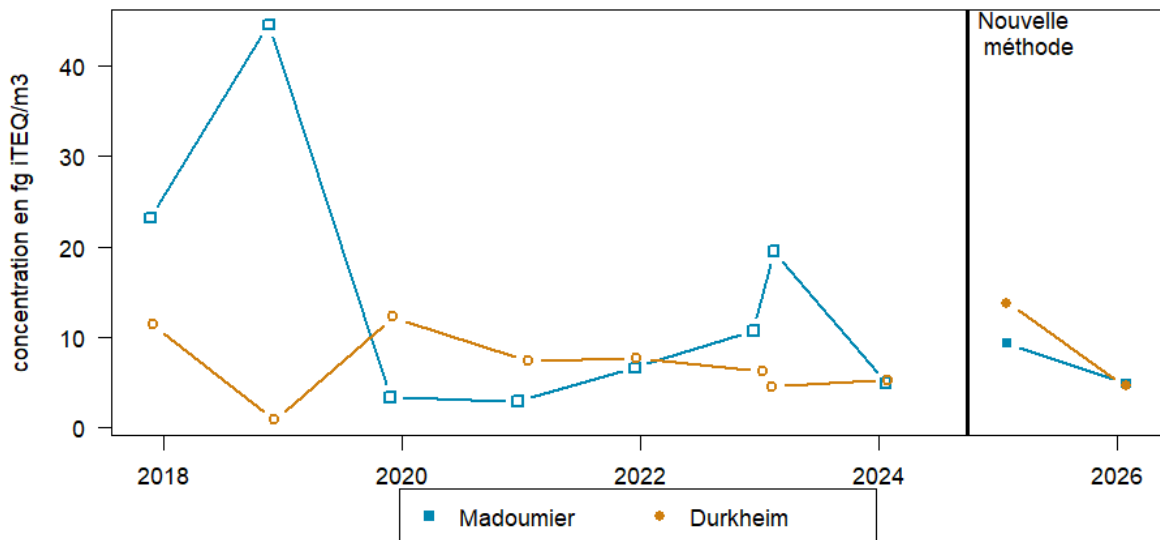


Figure 8 : Concentrations mesurées en dioxines et furanes dans l'air ambiant depuis 2017 selon 2 méthodes différentes

Les mesures sur le site de « Durkheim » sont du même ordre de grandeur que celles de « Madoumier » malgré une exposition 2 fois plus importante.



Conclusion Dioxines et furanes :

Faibles concentrations observées depuis plusieurs années.

Faible impact du niveau d'exposition des sites.

A titre indicatif, concentrations observées équivalentes aux concentrations retrouvées en milieu rural sans influence.

6.2 Métaux lourds

6.2.1 Métaux dans les retombées atmosphériques

16 métaux sont analysés. Sans valeur réglementaire en France, les valeurs de référence allemandes et suisses sont mentionnées pour information :

Métal	Concentration (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)			Valeur de référence allemande et suisse ^{[3][4]} (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)
	Madoumier (5.7% d'expo.)	Durkheim (27.7% d'expo.)	Rue des Sapins (témoin)	
As – Arsenic	0.6	0.7	0.6	4
Cd - Cadmium	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>	2
Co – Cobalt	<i>0.2*</i>	<i>0.2*</i>	<i>0.2*</i>	-
Cr – Chrome	0.7	0.8	0.5	-
Cu – Cuivre	7.1	6.7	3.9	-
Hg - Mercure	<i>0.05*</i>	<i>0.05*</i>	<i>0.06*</i>	1
Mn – Manganèse	7.5	6.2	<i>0.2</i>	-
Ni – Nickel	0.5	0.5	<i>0.2*</i>	15
Pb – Plomb	0.5	2.3	0.5	100
Sb – Antimoine	<i>0.2*</i>	<i>0.2*</i>	<i>0.2*</i>	-
Se – Sélénium	<i>0.4*</i>	<i>0.4*</i>	<i>0.4*</i>	-
Sn – Etain	<i>0.2*</i>	<i>0.2*</i>	0.6	-
Te – Tellure	<i>0.2*</i>	<i>0.2*</i>	<i>0.2*</i>	-
Tl – Thallium	<i>0.2*</i>	<i>0.2*</i>	<i>0.2*</i>	2
V – Vanadium	<i>0.2*</i>	<i>0.2*</i>	<i>0.2*</i>	-
Zn – Zinc	10.5	17.0	8.2	400

Tableau 14 : concentrations en métaux dans les retombées atmosphériques
 (valeurs en gris et en italique* : concentrations inférieures au seuil de quantification analytique)

Cette année les concentrations en plomb et en zinc semblent plus marquées sur le site de Durkheim que sur les 2 autres sites moins exposés. Ces valeurs restent nettement inférieures aux valeurs de référence étrangères.

Concentration en Pb dans les retombées atmosphériques

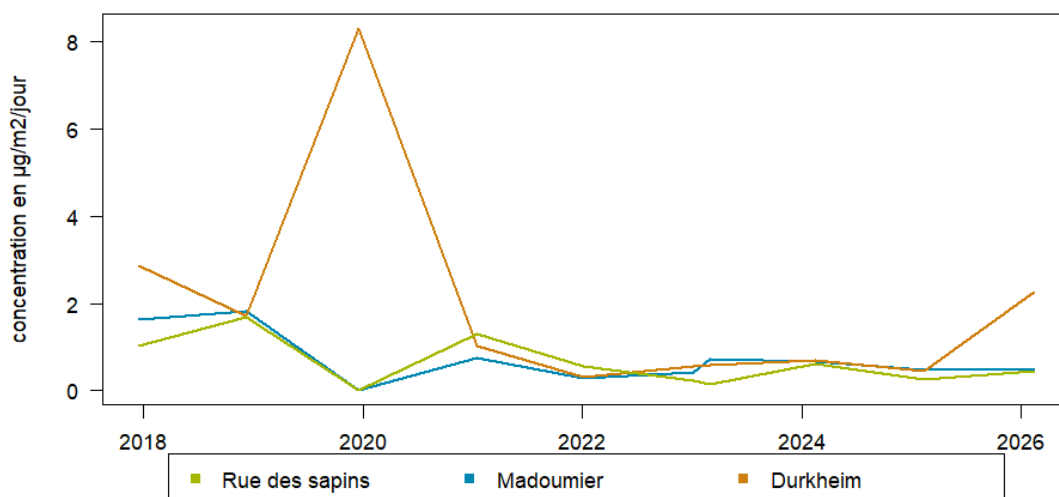


Figure 9 : Evolution des concentrations mesurées en Pb dans les retombées atmosphériques depuis 2017

Concentration en Pb dans les retombées atmosphériques

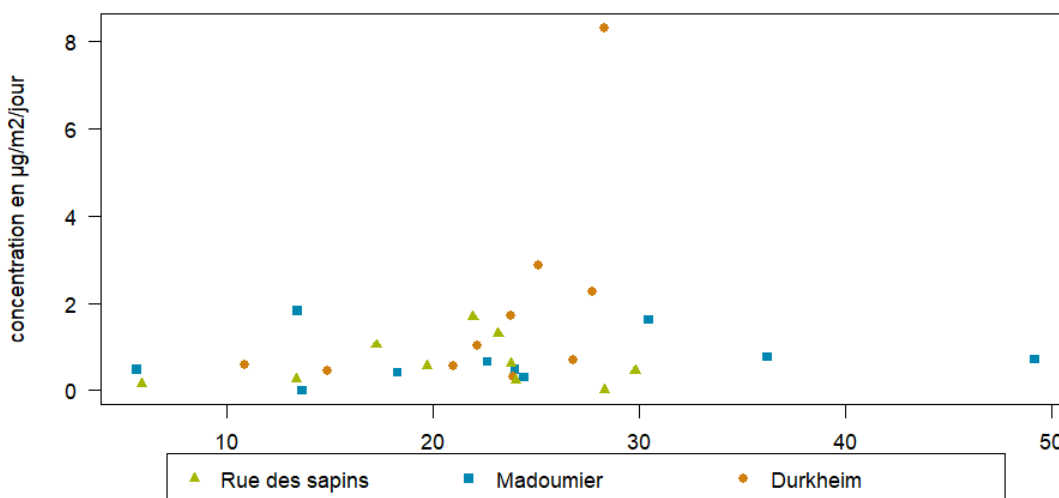


Figure 10 : Relation entre les concentrations en Pb dans les retombées et les expositions du site (sous le vent de l'installation) depuis 2017

Les concentrations mesurées en plomb à Madoumier et rue des sapins ne sont pas dépendantes de l'exposition. Pour le site de Durkheim, les concentrations les plus importantes semblent être observées quand le site se trouve sous le vent de l'installation mais sortent peu du niveau ambiant représenté par le site témoin (rue des sapins) à l'exception de la mesure de 2019. Ces valeurs restent nettement inférieures à la valeur de $100 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ mentionnée dans la réglementation allemande et suisse.

Concentration en Zn dans les retombées atmosphériques

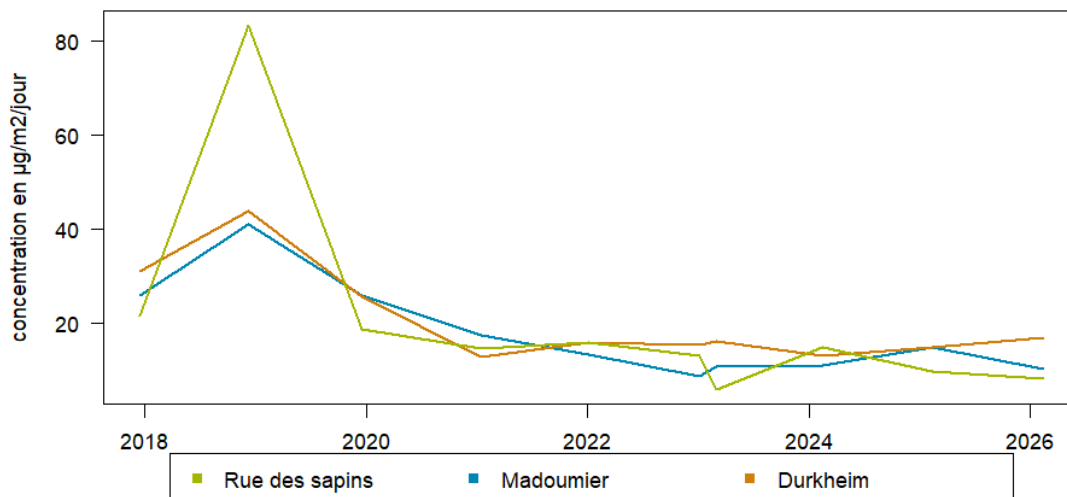


Figure 11 : Evolution des concentrations mesurées en Zn dans les retombées atmosphériques depuis 2017

Concentration en Zn dans les retombées atmosphériques

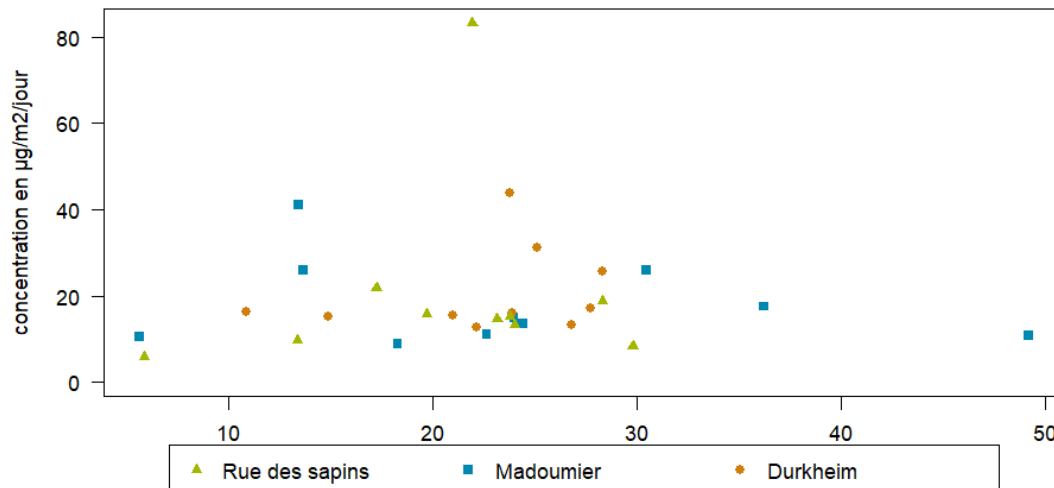
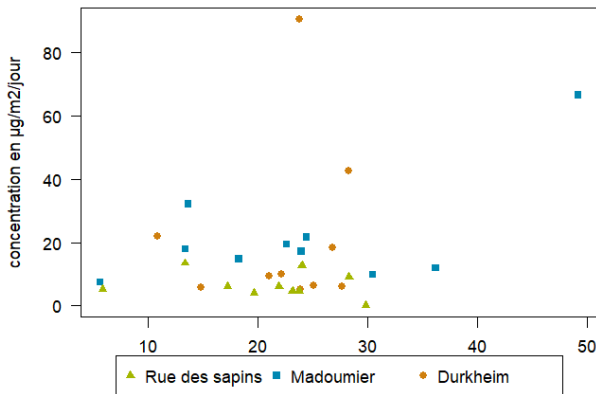


Figure 12 : Relation entre les concentrations en Zn dans les retombées et les expositions du site (sous le vent de l'installation) depuis 2017

Les concentrations mesurées en zinc à Madoumier et rue des sapins ne sont pas dépendantes de l'exposition. Pour le site de Durkheim, les concentrations restent majoritairement du même ordre de grandeur que le site témoin (rue des sapins). Les valeurs les plus fortes le sont également sur les 2 autres sites (donc non liées à l'exposition du site de Durkheim).

Pour le manganèse et le nickel, quelques mesures sortent du bruit de fond sans qu'un lien puisse être établi avec la centrale de cogénération.

Concentration en Mn dans les retombées atmosphériques



Concentration en Ni dans les retombées atmosphériques

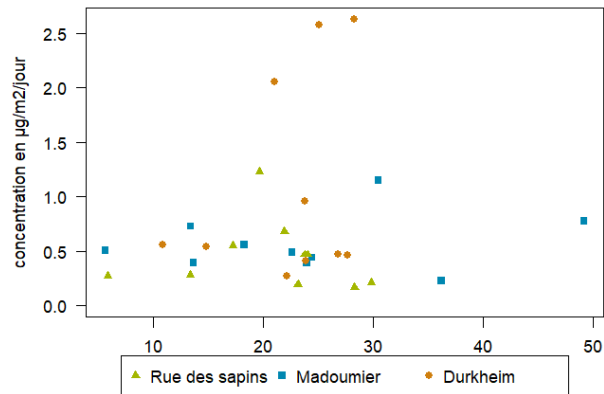
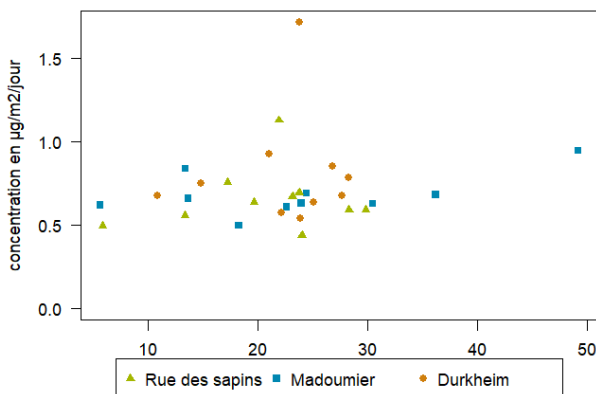


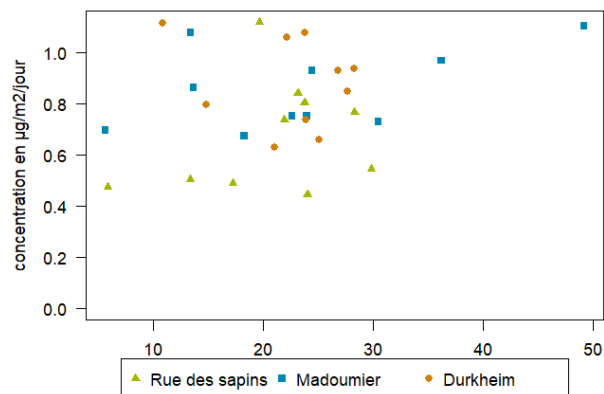
Figure 13 : Relation entre les concentrations en Mn et Ni dans les retombées et les expositions du site depuis 2017

Pour les métaux couramment quantifiés (As, Cr, Cu et V), les mesures semblent indépendantes de l'exposition à la centrale de cogénération et du même ordre de grandeur que le site témoin.

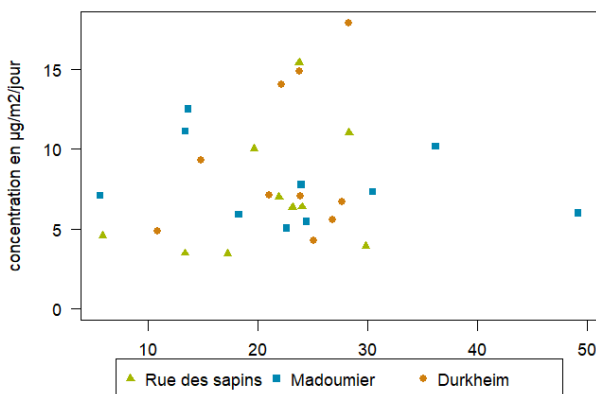
Concentration en As dans les retombées atmosphériques



Concentration en Cr dans les retombées atmosphériques



Concentration en Cu dans les retombées atmosphériques



Concentration en V dans les retombées atmosphériques

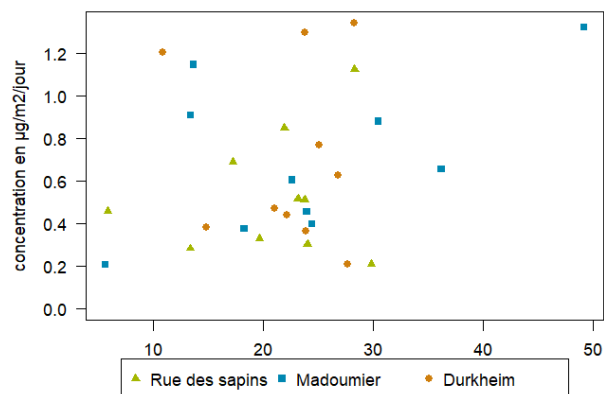


Figure 14 : Relation entre les concentrations en As, Cr, Cu, et V dans les retombées et les expositions du site depuis 2017

Les autres métaux sont trop peu souvent quantifiés (concentrations sous la limite de quantification) pour qu'une exploitation de leurs données en fonction de l'exposition des prélèvements à la centrale de cogénération soit pertinente.

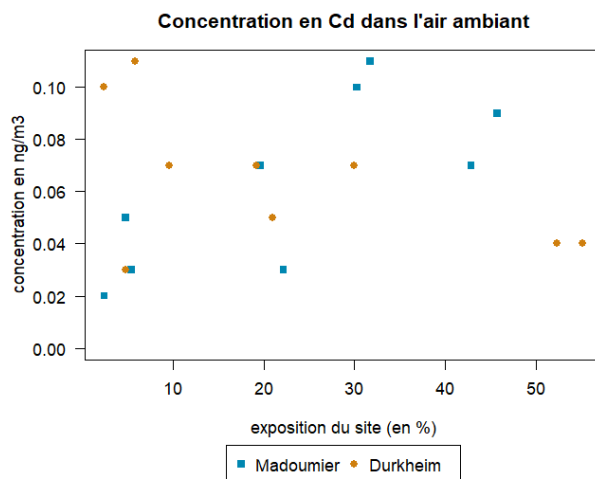
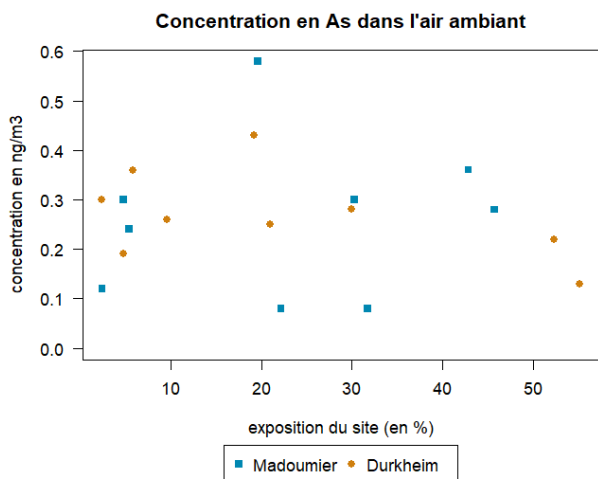
6.2.2 Métaux dans l'air ambiant

16 métaux sont analysés. Des valeurs réglementaires existent pour certains d'entre eux et sont mentionnées dans le tableau ci-dessous :

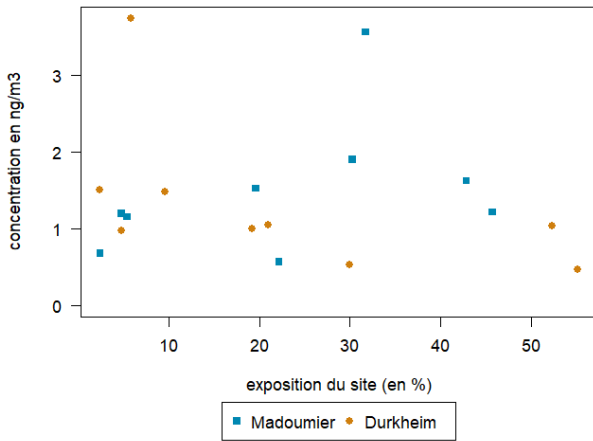
Métal	Concentration 2026 (en ng/m ³)		Concentration moyennes depuis novembre 2017 (en ng/m ³)		Valeur réglementaire (en ng/m ³) ^[5]
	Madoumier (5.4% d'expo.)	Durkheim (4.9% d'expo.)	Madoumier (%<LQ)	Durkheim (%<LQ)	
As – Arsenic	0.2	0.2	0.3 (11%)	0.3 (0%)	6 (valeur cible)
Cd - Cadmium	0.03*	0.03*	0.06 (11%)	0.06 (11%)	5 (valeur cible)
Co – Cobalt	0.2*	0.2*	0.07 (78%)	0.06 (89%)	-
Cr – Chrome	1.2	1.0	1.5 (0%)	1.3 (0%)	-
Cu – Cuivre	4.5	3.1	8.5 (0%)	6.5 (0%)	-
Hg - Mercure	1.6*	1.6*	2.2 (60%)	1.1 (80%)	-
Mn – Manganèse	2.6	1.6	3.0 (0%)	2.6 (0%)	-
Ni – Nickel	0.4	0.2*	0.4 (0%)	0.3 (11%)	20 (valeur cible)
Pb – Plomb	0.8	0.7	1.1 (11%)	1.2 (0%)	250 (objectif de qualité) 500 (valeur limite)
Sb – Antimoine	1.1	0.2*	0.6 (0%)	0.4 (11%)	-
Se – Sélénium	0.3*	0.3*	0.3 (56%)	0.3 (44%)	-
Sn – Etain	1.2	0.8	1.8 (0%)	1.3 (0%)	-
Te – Tellure	0.2*	0.2*	0.05 (100%)	0.05 (100%)	-
Tl – Thallium	0.2*	0.2*	0.05 (100%)	0.05 (100%)	-
V – Vanadium	0.2*	0.2*	0.2 (22%)	0.2 (22%)	-
Zn – Zinc	9.4	5.4	9.1 (0%)	9.3 (0%)	-

Tableau 15 : concentrations en métaux dans l'air ambiant
(valeurs en gris et en italique* : concentrations inférieures au seuil de quantification analytique)

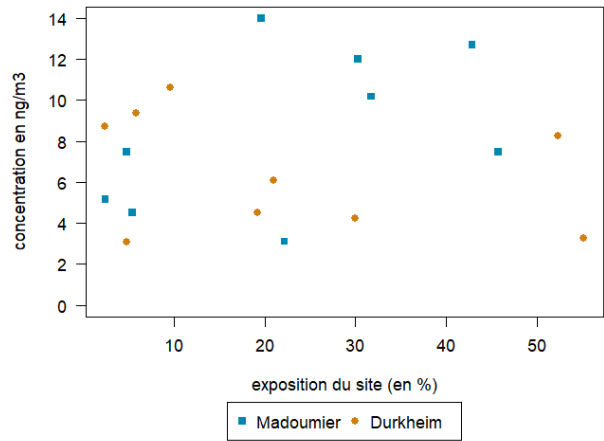
Les concentrations sont très faibles tout comme l'exposition des sites de prélèvement. L'historique des mesures montre que l'exposition a très peu d'impact sur les concentrations mesurées quel que soit le métal.



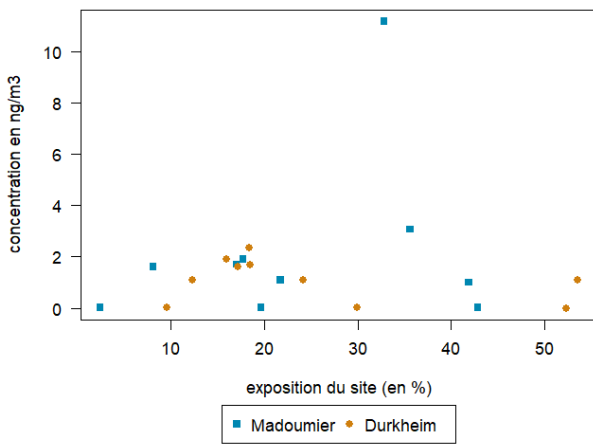
Concentration en Cr dans l'air ambiant



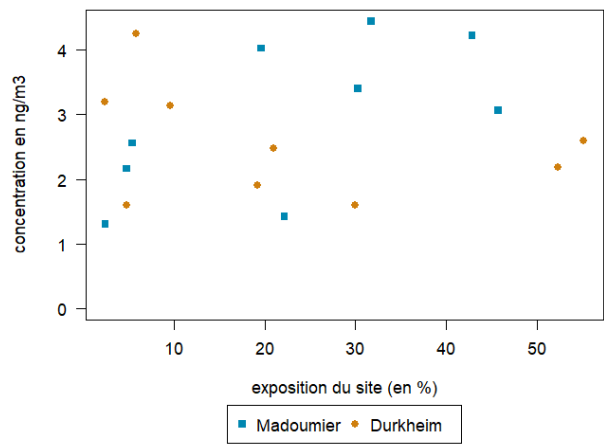
Concentration en Cu dans l'air ambiant



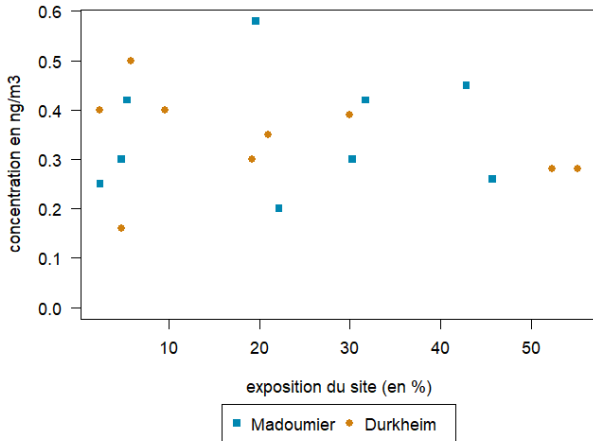
Concentration en Hg dans l'air ambiant



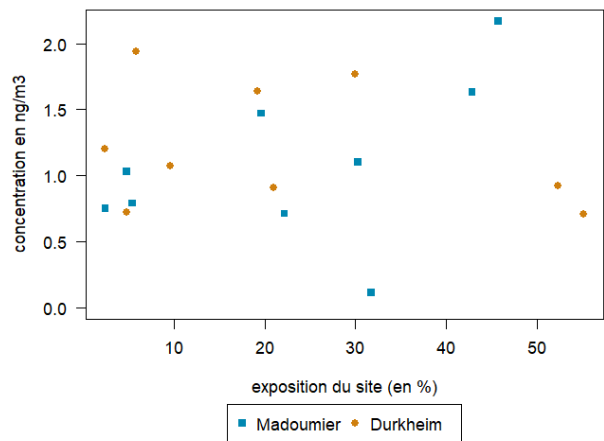
Concentration en Mn dans l'air ambiant



Concentration en Ni dans l'air ambiant



Concentration en Pb dans l'air ambiant



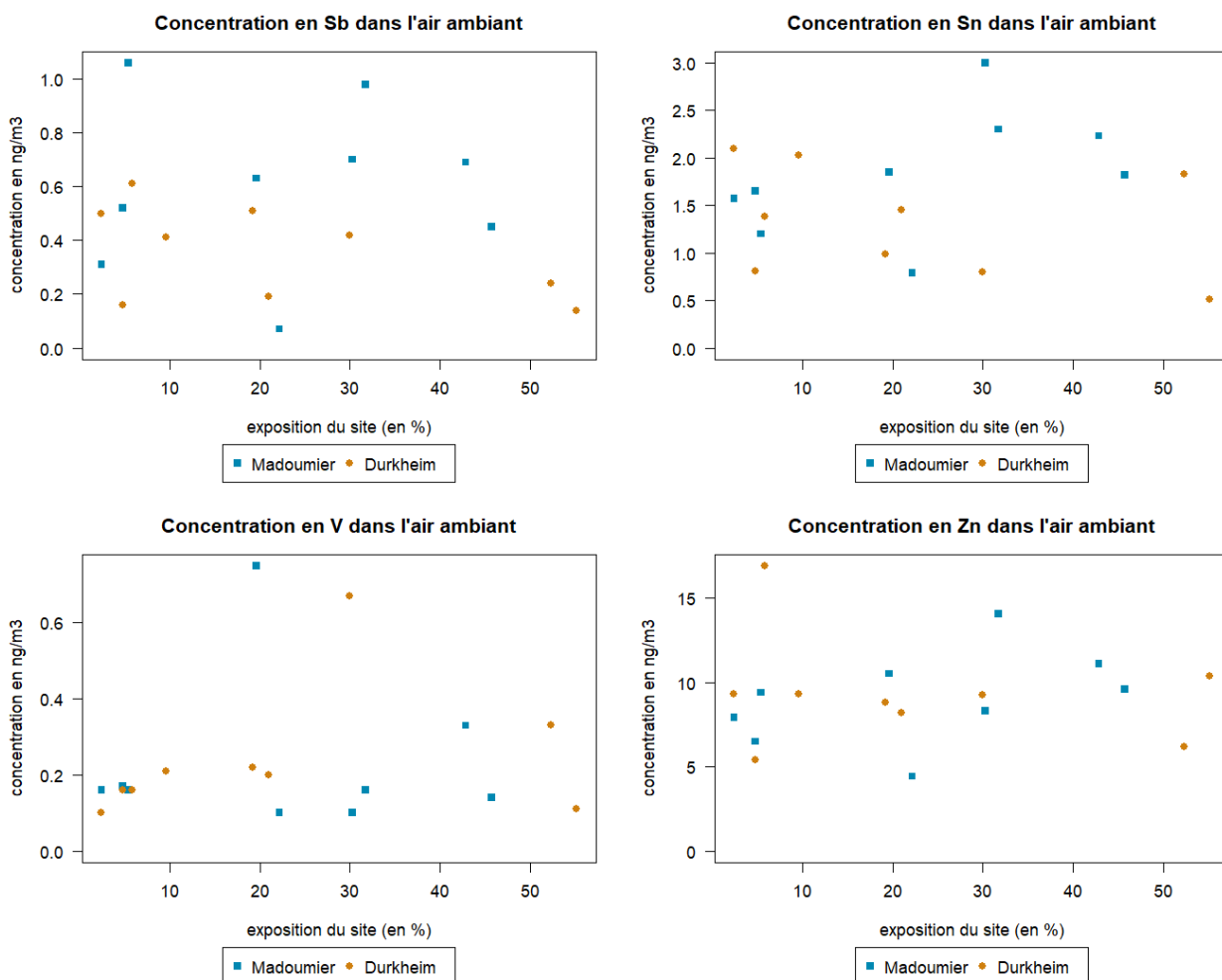


Figure 15 : Relation entre les concentrations en As, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, V et Zn dans l'air et les expositions du site depuis 2017

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 de « Madoumier » pour le zinc d'environ 424 ng (cf. Tableau 16). Il est courant de retrouver de légères traces de métaux sur les filtres neufs. La concentration relevée à « Madoumier » pour le zinc est donc potentiellement surestimée d'autant.

Site	Contamination du blanc terrain en % de la valeur du filtre exposé
	Zn – Zinc
Madoumier	12 % (424 ng)

Tableau 16 : contamination des filtres blanc terrain – métaux lourds



Conclusion Métaux :

Concentrations dans l'air nettement inférieures aux seuils réglementaires, s'ils existent, et peu lié à l'exposition aux vents.
Concentrations dans les retombées atmosphériques, sous les seuils indicatifs des réglementations allemande et suisse.

6.3 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

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

HAP	Concentration 2026 (en ng/m ³)		Concentration depuis 2018 (en ng/m ³)		Valeur de référence ^[5] (en ng/m ³)
	Madoumier	Durkheim	Madoumier	Durkheim	
Anthracène	0.1	0.1	0.1	0.1	-
Benzo(a)anthracène	0.1	0.0	0.2	0.2	-
Benzo(b)fluorantène	0.2	0.2	0.4	0.4	-
Benzo(j)fluorantène	0.1	0.1	0.3	0.2	-
Benzo(k)fluorantène	0.1	0.1	0.2	0.2	-
Benzo(g,h,i)perylène	0.2	0.1	0.3	0.3	-
Benzo(a)pyrène	0.1	0.1	0.3	0.3	1 (valeur cible)
Chrysène	0.1	0.1	0.3	0.3	-
Dibenzo(a,h)anthracène	0.0	0.0	0.0	0.0	-
Fluoranthène	0.1	0.1	0.2	0.2	-
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0.2	0.2	0.2	0.2	-
Phénanthrène	0.0	0.0	0.0	0.1	-
Pyrène	<i>0.0*</i>	<i>0.0*</i>	0.2	0.2	-

Tableau 17 : 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)

Seul le Benzo(a)Pyrène dispose d'un seuil réglementaire (valeur cible).

Concentration en BaP dans l'air ambiant

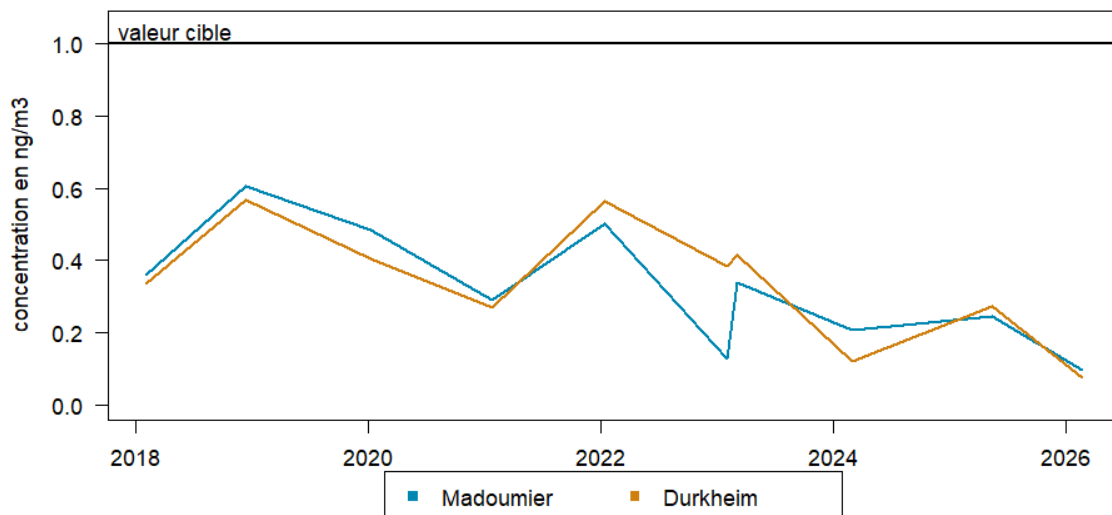


Figure 16 : Evolution temporelle des concentrations moyennes sur chaque campagne en BaP dans l'air depuis 2017

Une tendance à la baisse des concentrations moyennes mesurées est observée depuis plusieurs années.

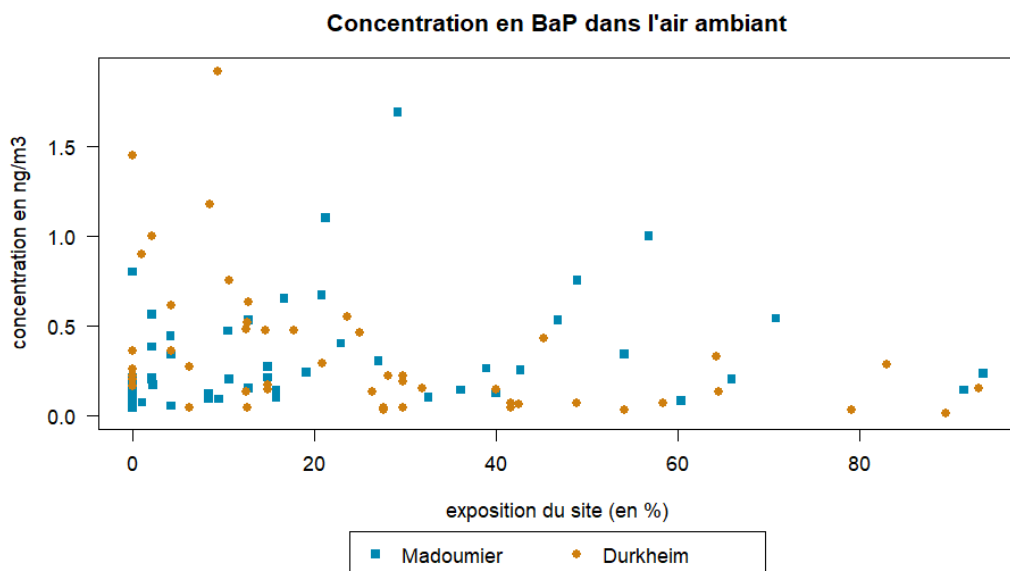


Figure 17 : Relation entre les concentrations en BaP dans l'air de chaque prélèvement et les expositions du site depuis 2017

Les concentrations mesurées les plus fortes sont majoritairement observées quand le site de prélèvement est peu exposé (<20%). Cela peut s'expliquer si d'autres sources sont présentes et majoritaires comme le chauffage résidentiel.

Analyse des blancs terrains

Deux blancs terrains ont été réalisés sur « Madoumier » et « Durkheim ». Le phénanthrène et le fluoranthène ont été détectés sur les 2 sites (cf. Tableau 17). Les résultats sont donc potentiellement surestimés d'autant.

Site	Contamination du blanc terrain en % de la valeur du filtre exposé	
	Phénanthrène	Fluoranthène
Madoumier	25 % (8.4 ng)	8 % (7.6 ng)
Durkheim	13 % (3.9 ng)	5 % (3.6 ng)

Tableau 18 : contamination des blancs en masse



Conclusion HAP :

Concentrations en BaP inférieures à la valeur cible, avec une tendance à la baisse sur plusieurs années.

Concentrations mesurées les plus élevées lors de faibles expositions du site de prélèvement en lien avec d'autres sources probables.

6.4 Benzène

Les résultats des 4 prélèvements sur les 3 sites sont résumés dans le tableau suivant.

Site	Concentrations benzène (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
	15 au 22/01/26	22 au 29/01/26	29/01 au 05/02/26	05 au 12/02/26	Moyenne 2026	Moyenne depuis 2018
Madoumier	-	1	1	0	1	1
Durkheim	1	1	1	0	1	1
Landouge (témoin)	1	1	1	0	1	1

Tableau 19 : concentrations en Benzène en air ambiant

A titre informatif, ces valeurs sont inférieures à la valeur limite pour la protection de la santé humaine^[5] de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une année civile et à l'objectif qualité^[5] de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ également sur une année civile.

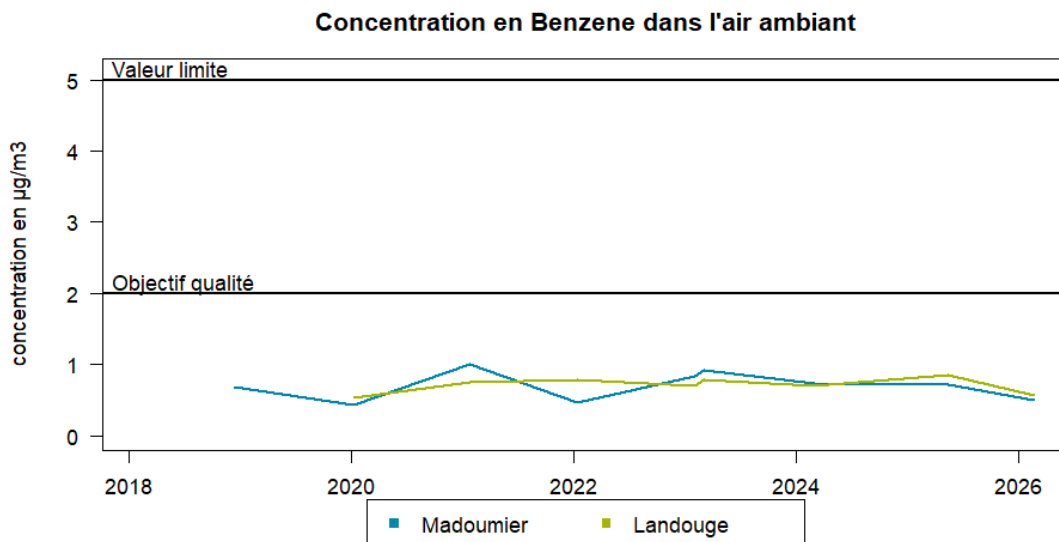


Figure 18 : Evolution temporelle des concentrations moyennes sur chaque campagne en benzène dans l'air depuis octobre 2018

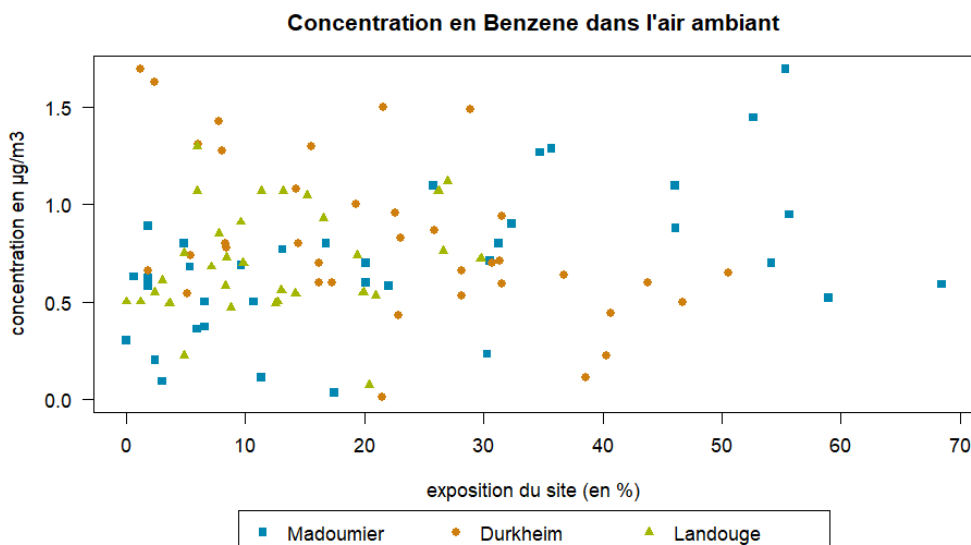



Figure 19 : Relation entre les concentrations en benzène dans l'air de chaque prélèvement et les expositions du site depuis octobre 2018



Les concentrations de benzène ont une légère tendance à augmenter avec l'exposition pour le site de « Madoumier » et à l'inverse à diminuer avec l'exposition pour le site de « Durkheim », ce qui peut indiquer d'autres sources présentes et majoritaires à proximité de ce site comme le chauffage résidentiel.

Les concentrations moyennes mesurées sont inférieures à la moyenne des concentrations annuelles urbaines mesurées en Nouvelle-Aquitaine sur les sites de « Nicolas » (à Gueret) et « Gautier » (à Bordeaux) entre 2022 et 2025 ($1 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Conclusion benzène :

Concentrations en benzène inférieures à la valeur cible.

Niveaux en benzène inférieurs aux niveaux moyens retrouvés en environnement urbain, périurbain, industriel ou trafic.

6.5 Dioxyde d'azote (NO₂)

6.5.1 Mesure du NO₂ par tubes passifs

Les résultats des 4 prélèvements sur les 2 sites sont résumés dans le tableau suivant.

Site	Concentration NO ₂ (en µg/m ³)					
	15 au 22/01/26	22 au 29/01/26	29/01 au 05/02/26	05 au 12/02/26	Moyenne 2026	Moyenne depuis 2018
Madoumier	15	14	12	10	13	14
Landouge (témoin)	7	9	6	6	7	11

Tableau 20 : concentrations hebdomadaires en NO₂ par tubes passifs

A titre informatif, l'objectif qualité et la valeur limite pour la protection de la santé humaine en moyenne sur une année civile sont définies à 40 µg/m³. Les valeurs mesurées sont inférieures à ce seuil.

Concentration en NO₂ dans l'air ambiant

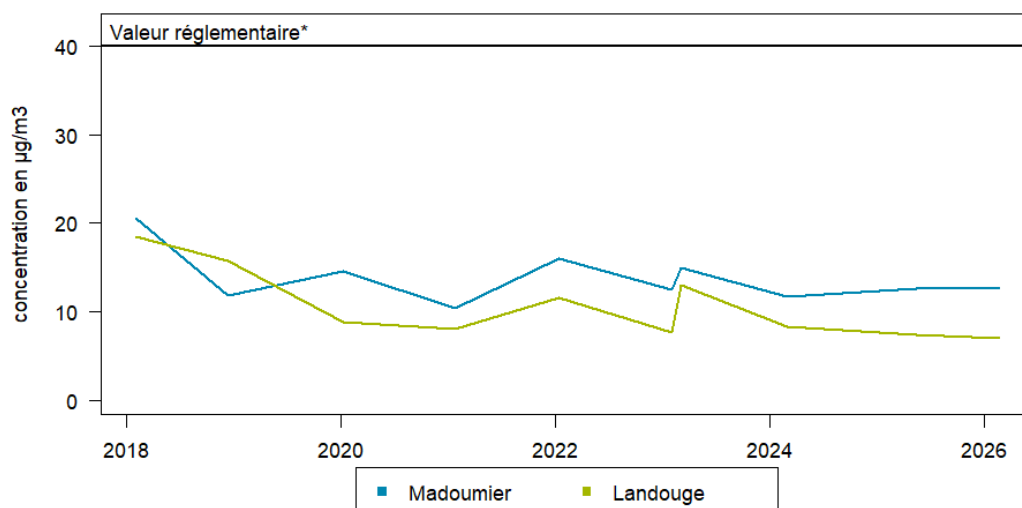


Figure 20 : Evolution temporelle des concentrations moyennes sur chaque campagne en NO₂ dans l'air depuis 2017

* Valeur réglementaire : objectif qualité et valeur limite pour la protection de la santé humaine (moyenne annuelle)

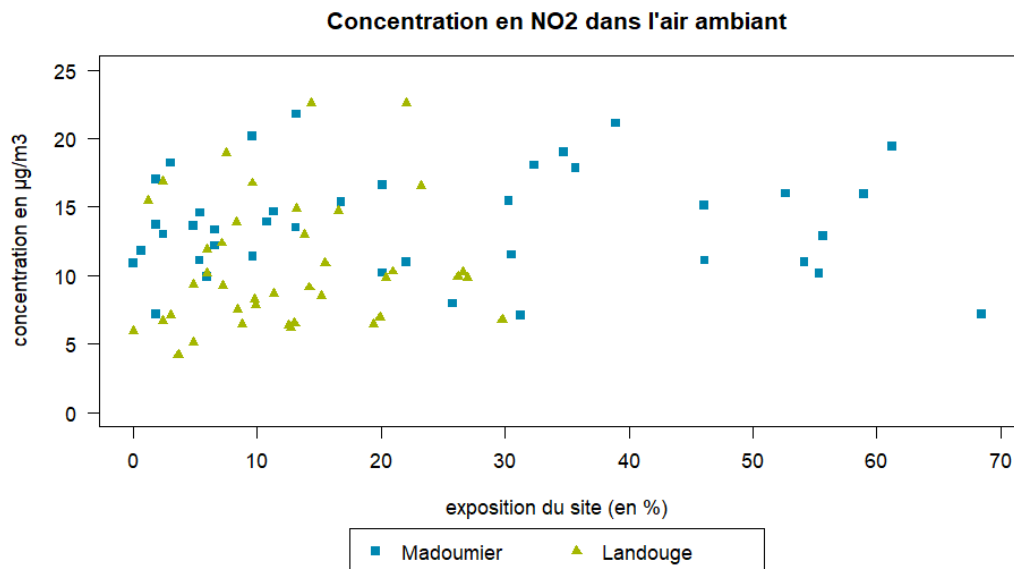


Figure 21 : Relation entre les concentrations en NO₂ dans l'air de chaque prélèvement et les expositions du site depuis 2017

Il apparait clairement que les concentrations en NO₂ mesurées ne sont pas dépendantes de l'exposition du site aux émissions de l'installation (pas d'augmentation des concentrations avec l'exposition du site).

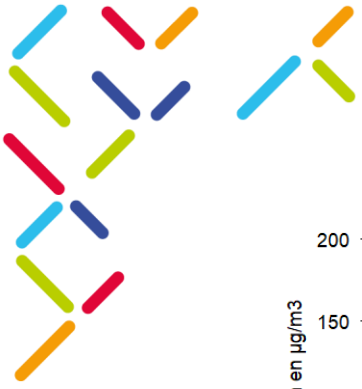
6.5.2 Mesure du NO₂ par analyseurs automatiques

Afin de pouvoir interpréter les résultats des mesures réalisées sur les sites de « Madoumier » et « Durkheim », 2 stations de mesure fixes de référence ont été utilisées sur Limoges : le site d'Aine (qui est d'implantation urbaine sous influence trafic) et le site de Berland (qui est d'implantation urbaine sous influence de fond).

La concentration moyenne observée sur « Madoumier » par analyseur automatique est cohérente avec la concentration mesurée sur tube passif.

Concentration en NO ₂ (en µg/m ³)	Madoumier (exposition)	Durkheim (exposition)	Limoges Aine (station urbaine trafic)	Limoges Berland (station urbaine de fond)
Moyenne	11 (9%)	13 (30%)	26	15
Nombre de dépassements du seuil limite horaire (200 µg/m³)	0	0	0	0
Moyenne des concentrations mesurées quand le site de mesure « Madoumier » est sous le vent de la centrale de cogénération	12 (100%)	-	25	22
Moyenne des concentrations mesurées quand le site de mesure « Durkheim » est sous le vent de la centrale de cogénération	-	11 (100%)	17	14

Tableau 21 : concentrations moyennes en NO₂ – analyseurs automatiques



Evolution temporelle des mesures NO2

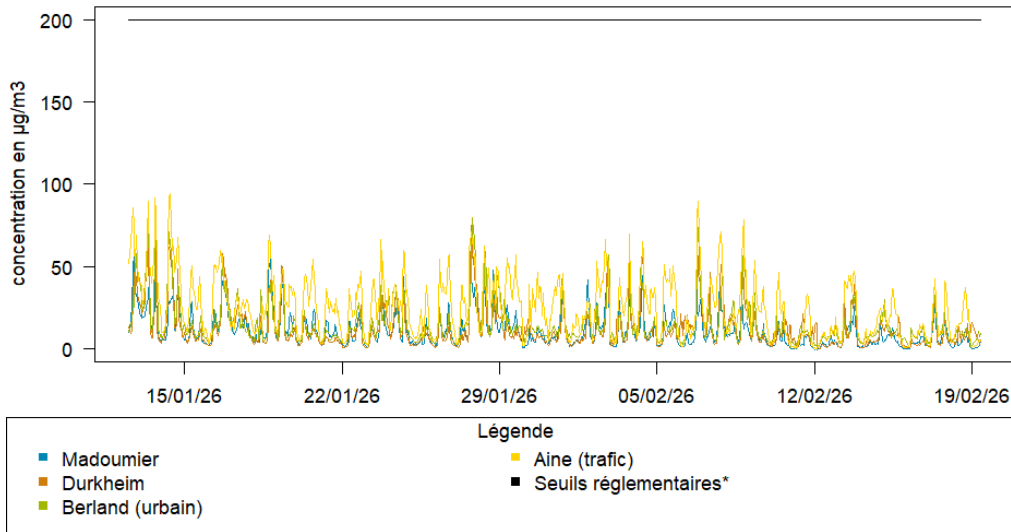


Figure 22 : Evolution horaire des concentrations de NO₂ sur les 2 sites et 2 stations fixes de référence

* seuil d'information et de recommandations et Valeurs limites pour la protection de la santé humaine (à ne pas dépasser + de 18/an)

Les concentrations mesurées sont nettement inférieures aux seuils réglementaires horaires^[5].

Evolution temporelle des mesures NO2

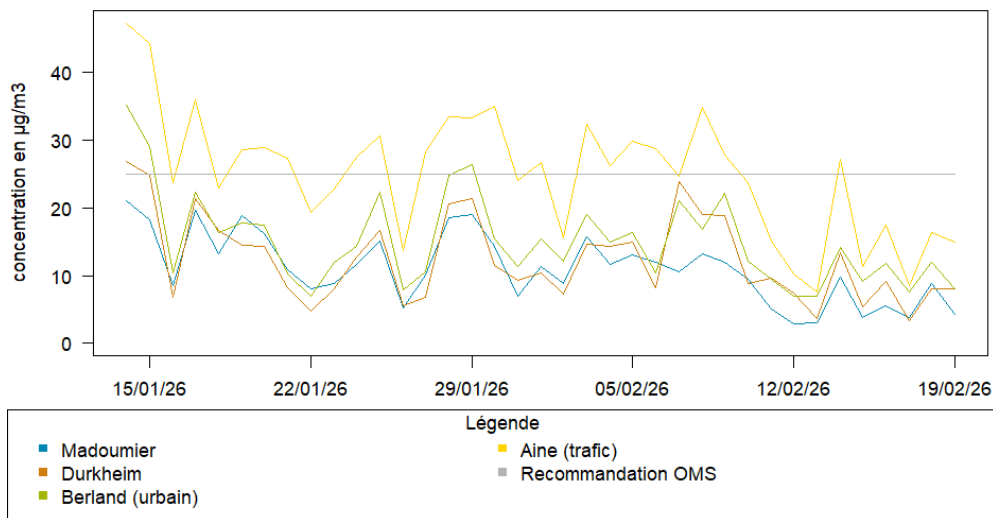


Figure 23 : Evolution des concentrations journalières de NO₂ sur les 2 sites et 2 stations fixes de référence

Un dépassement de la recommandation OMS^[6] de 25 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours /an est observé pour Durkheim (la journée du 13/01/2026).



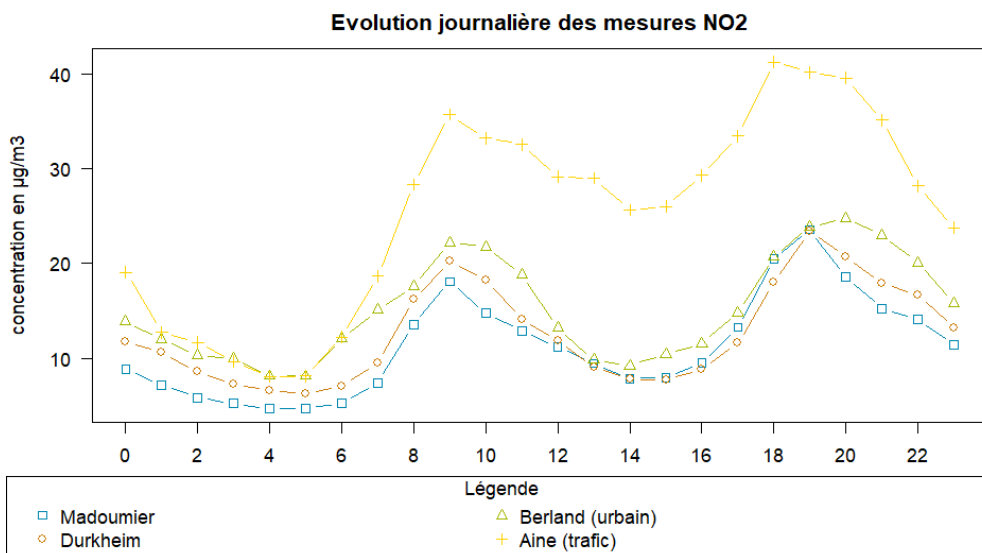


Figure 24 : Concentrations moyennes de NO₂ sur les 2 sites +2 stations fixes de référence en fonction de l'heure de la journée (heure locale)

La répartition des concentrations en NO₂ en fonction des heures de la journée est typique des émissions « trafic », avec un pic entre 7 et 9h du aux trajets domicile-travail et un 2nd pic entre 16 et 19h du aux trajets travail-domicile.

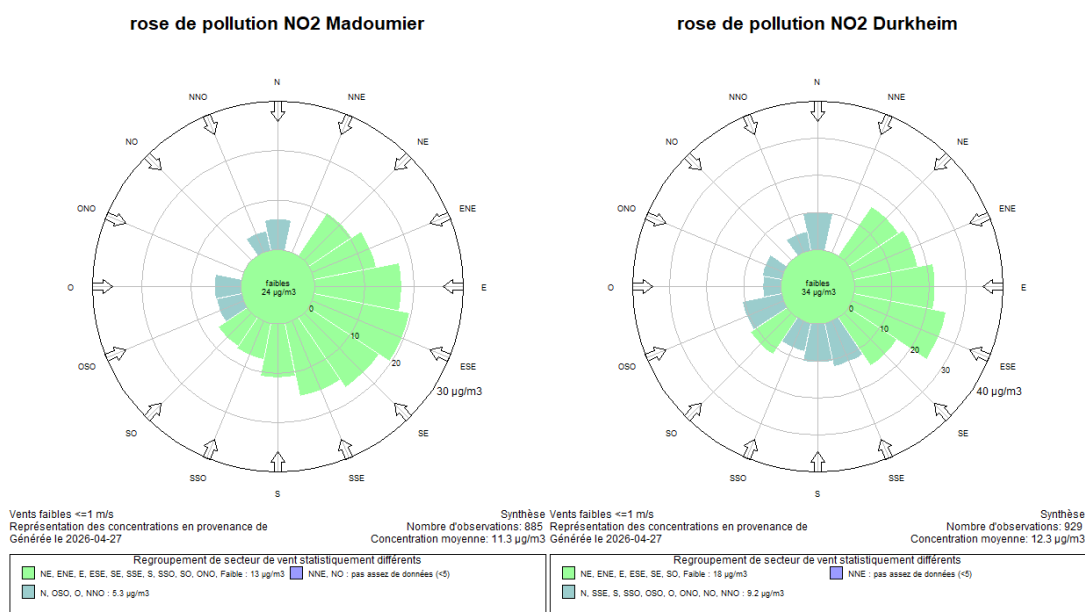


Figure 25 : Rose de pollution (concentration moyenne en fonction de la direction du vent) pour les mesures automatiques de NO₂

Pour les 2 sites, les concentrations semblent plus importantes quand les vents proviennent des axes routiers principaux. Le trafic routier étant la source majoritaire d'émissions d'oxydes d'azote.



Conclusion NO₂ :

- Des concentrations sous les seuils réglementaires.
- Un profil horaire typique des émissions trafic.
- Des concentrations plus importantes quand les sites de mesure sont sous les vents des axes routiers.

6.6 Dioxyde de soufre (SO₂)

6.6.1 Mesure du SO₂ par tubes passifs

Les résultats des 4 prélèvements sur les 2 sites sont résumés dans le tableau suivant.

Site	Concentration SO ₂ (en µg/m ³)					
	15 au 22/01/26	22 au 29/01/26	29/01 au 05/02/26	05 au 12/02/26	Moyenne 2026	Moyenne depuis 2018
Madoumier	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3 (57%<LQ)
Landouge (témoin)	<LQ	<LQ	0.3	0.2	0.2	0.3 (72%<LQ)

Tableau 22 : concentrations hebdomadaires en SO₂ par tubes passifs

A titre informatif, l'objectif qualité annuel^[5] est de 50 µg/m³, les concentrations mesurées sont nettement inférieures à ce seuil.

Concentration en SO₂ dans l'air ambiant

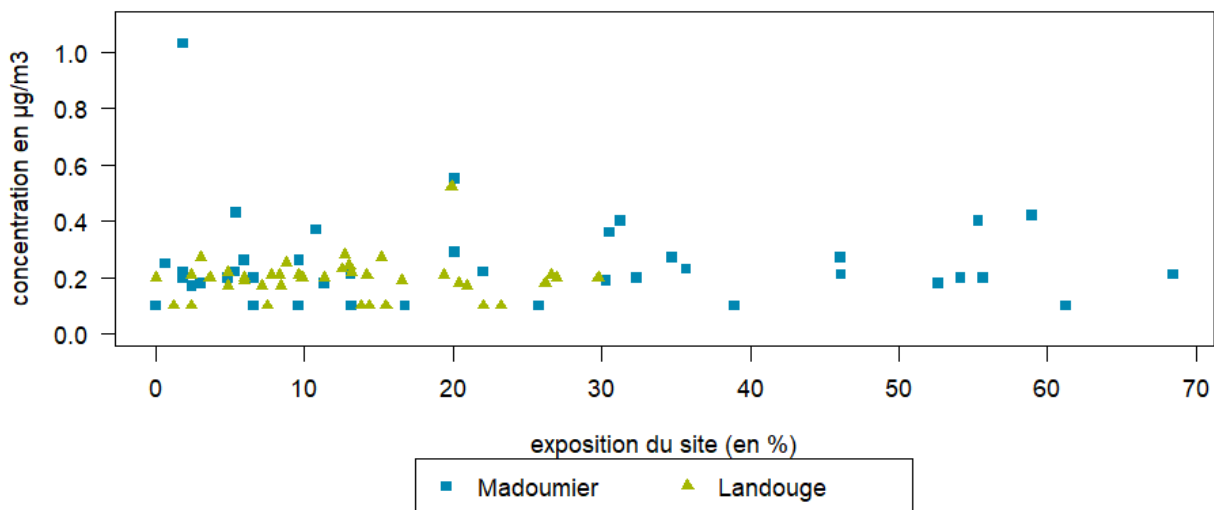


Figure 26 : Relation entre les concentrations en SO₂ dans l'air de chaque prélèvement et les expositions du site depuis 2017

Il apparaît que les concentrations en SO₂ mesurées ne sont pas dépendantes de l'exposition du site aux émissions de l'installation (pas d'augmentation des concentrations avec l'exposition).

6.6.2 Mesure du SO₂ par analyseurs automatiques

Afin de pouvoir interpréter les résultats des mesures réalisées sur les sites de « Madoumier » et « Durkheim », 2 stations de mesure fixes de référence ont été utilisées à proximité de Limoges : St Junien (qui est d'implantation urbaine sous influence de fond) et Saillat-sur-Vienne (qui est d'implantation rurale sous influence industrielle).

La concentration moyenne observée sur « Madoumier » est cohérente avec la concentration mesurée par tube passif.

Concentration en SO ₂ (en µg/m ³)	Madoumier (exposition)	Durkheim (exposition)	St Junien (urbaine fond)	Saillat-sur-Vienne (rurale industrielle)
Moyenne	0.3 (9%)	0.2 (30%)	0.0	0.1
Nombre de dépassements du seuil limite horaire (350 µg/m³)	0	0	0	0
Moyenne des concentrations mesurées quand le site de mesure « Madoumier » est sous le vent de la centrale de cogénération	1.1 (100%)	-	0.0	0.2
Moyenne des concentrations mesurées quand le site de mesure « Durkheim » est sous le vent de la centrale de cogénération	-	0.0* (100%)	0.0*	0.0*

Tableau 23 : données de synthèse sur la campagne de mesure du SO₂
* Mise à zéro de la concentration au regard des règles de validation des données.

Pour rappel les valeurs mesurées sont très majoritairement situées sous la limite de détection de l'appareil.

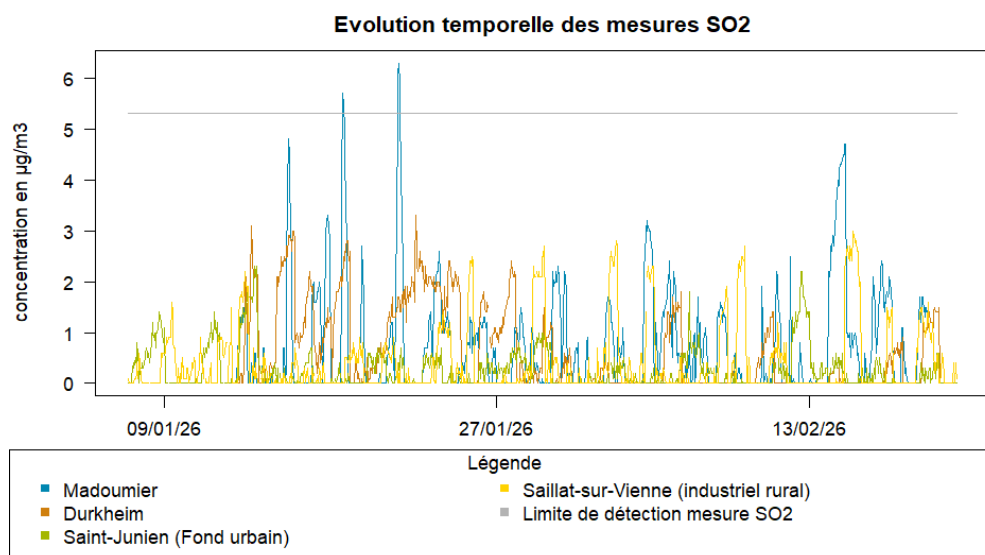


Figure 27 : Evolution horaire des concentrations de SO₂ sur les 2 sites
* Mise à zéro de la concentration au regard des règles de validation des données.

Les concentrations mesurées sont nettement inférieures aux seuils horaires réglementaires : valeur limite de protection de la santé humaine^[5] de 350 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24 fois dans l'année et seuil d'information et de recommandations^[5] à 300 µg/m³ en moyenne horaire. Etant donné les faibles concentrations mesurées, une interprétation des résultats avec une rose de pollution n'est pas pertinente.



Conclusion SO₂ :

Des concentrations sous les seuils réglementaires.

Des concentrations horaires sous la limite de détection de l'équipement.

6.7 Particules grossières PM₁₀

Afin de pouvoir interpréter les résultats des mesures réalisées sur les sites de « Madoumier » et « Durkheim », 2 stations de mesure fixes de référence ont été utilisées sur Limoges : la station d'Aine (qui est d'implantation urbaine sous influence trafic) et la station de Berland (qui est d'implantation urbaine sous influence de fond).

Concentration en PM ₁₀ (en µg/m ³)	Madoumier (exposition)	Durkheim (exposition)	Limoges pl. d'Aine (station urbaine trafic)	Limoges Berland (station urbaine de fond)
Moyenne	11 (9%)	10 (30%)	11	9
Nombre de dépassements de 50 µg/m³ en moyenne journalière	0	0	0	0
Moyenne des concentrations mesurées quand le site de mesure « Madoumier » est sous le vent de la centrale de cogénération	11 (100%)	-	9	9
Moyenne des concentrations mesurées quand le site de mesure « Durkheim » est sous le vent de la centrale de cogénération	-	12 (100%)	11	10

Tableau 24 : données de synthèse sur la campagne de mesure des PM₁₀

Evolution temporelle des mesures PM10

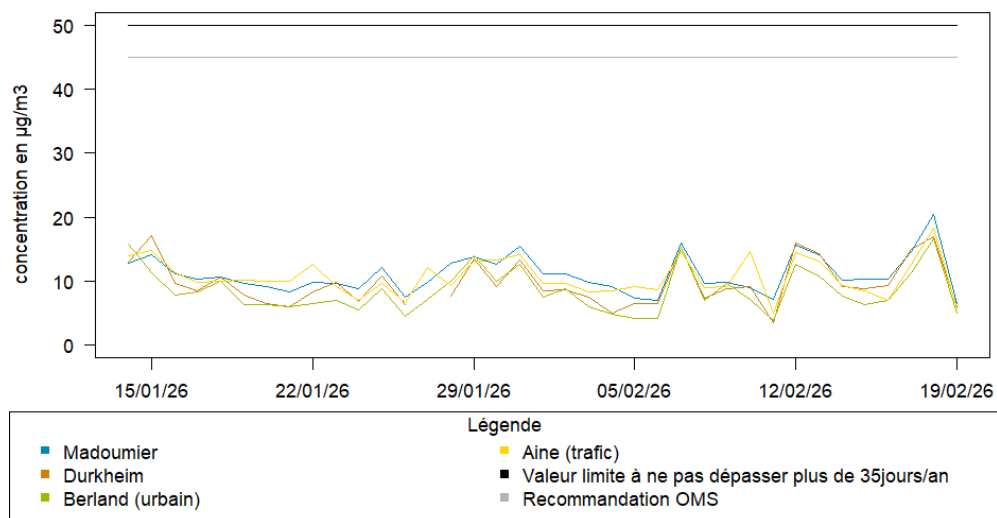


Figure 28 : Evolution des concentrations journalières de PM₁₀ sur les 2 sites + 2 stations fixes de référence

Les concentrations mesurées sont nettement inférieures au seuil journalier^[5] de 50 µg/m³.

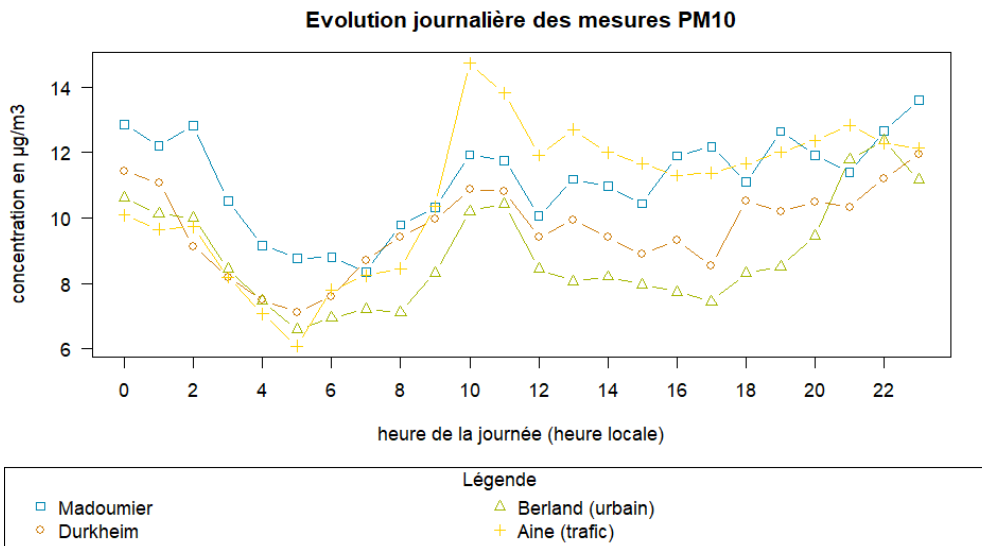


Figure 29 : Concentrations horaires moyennes de PM₁₀ sur les 2 sites +2 stations fixes de référence en fonction de l'heure de la journée

Le profil horaire des mesures sur « Durkheim » est assez classique avec comme pour le site de « Berland » une augmentation dans la matinée liée au trafic (domicile-travail) et un en soirée avec le retour (travail-domicile) et la mise en route des moyens de chauffage (et notamment au bois). Le profil du site de « Madoumier » ne redescend pas autant avec 3 petits pics durant l'après-midi.

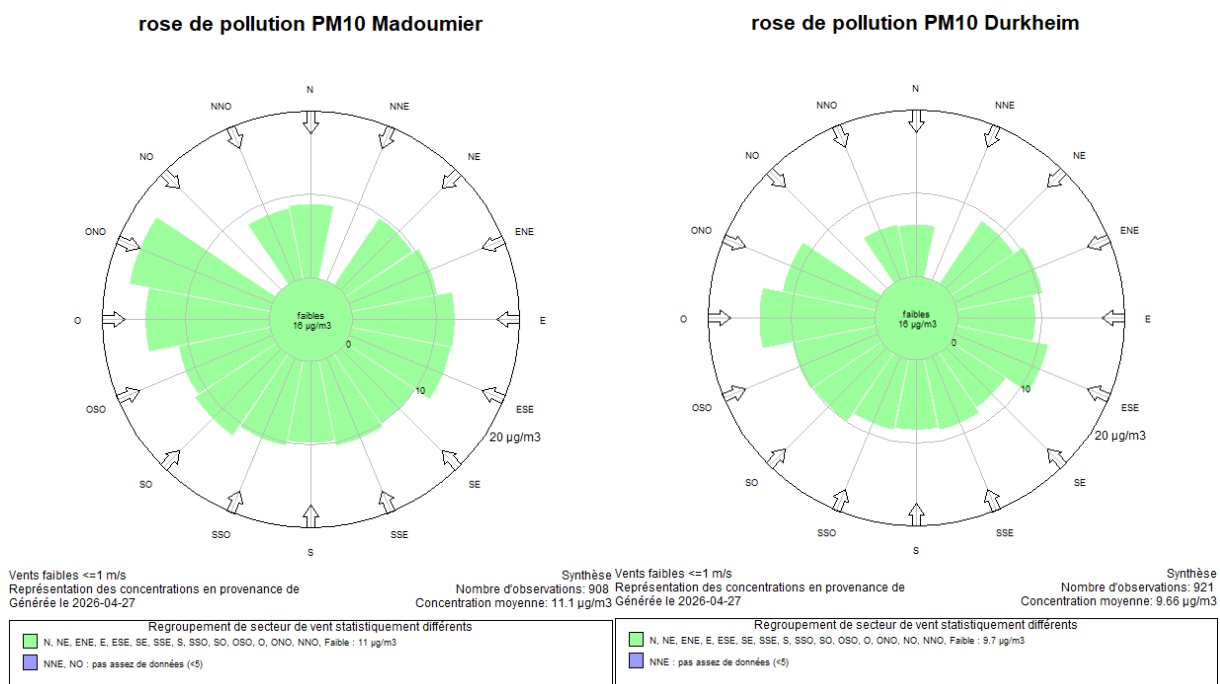


Figure 30 : Rose de pollution (concentration moyenne en fonction de la direction du vent) pour les mesures automatiques de PM₁₀

Les roses de pollution montrent une exposition plutôt homogène, signe de la multiplicité des sources de particules dans l'environnement, avec une légère surconcentration par vents d'ouest ou vents faibles (mais non statistiquement significative).



Conclusion PM₁₀ :

Des concentrations sous les seuils réglementaires.
Un impact de la direction du vent limité.

7 Conclusion

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes :

Dioxines et furanes

Retombées atmosphériques

- Des concentrations faibles, avec une majorité des congénères sous le seuil de quantification.
- Faible influence de l'exposition du site sur les concentrations observées.
- Une influence de la quantité d'eau collectée sur les seuils de quantification ayant un impact sur l'indice TEQ max.

Air ambiant

- Concentrations dans l'air de quelques fg/m³. Pas de valeurs de référence en air ambiant.

Métaux lourds

Retombées atmosphériques

- Des concentrations inférieures aux valeurs de référence.
- Du plomb et du zinc observés en quantité plus importante sur le site le plus exposé, mais restant nettement inférieurs aux valeurs de référence.
- Les concentrations sur le site de « Madoumier » sont peu ou pas liées à l'exposition du site de prélèvement à la centrale de cogénération.

Air ambiant

- Des concentrations nettement inférieures aux seuils réglementaires.
- Des concentrations peu ou pas liées à l'exposition des sites de prélèvement à la centrale de cogénération.

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Air ambiant

- Des concentrations en BaP inférieures à la valeur cible réglementaire.
- Des concentrations en BaP en baisse depuis plusieurs années.
- Des concentrations en BaP peu ou pas liées à l'exposition des sites de prélèvement à la centrale de cogénération.

Benzène

Tubes passifs


- Des concentrations en benzène inférieures à la valeur cible réglementaire.
- Des concentrations en benzène peu ou pas liées à l'exposition des sites de prélèvement à la centrale de cogénération.

Dioxyde d'azote (NO₂)

Tubes passifs

- Des concentrations en NO₂ inférieures aux valeurs réglementaires.



- 
- Des concentrations en NO₂ peu ou pas liées à l'exposition des sites de prélèvement à la centrale de cogénération.

Mesures automatiques

- Des concentrations en NO₂ essentiellement liées aux émissions du trafic routier.

Dioxyde de soufre (SO₂)

Tubes passifs

- Des concentrations en SO₂ inférieures aux valeurs réglementaires.

Mesures automatiques

- Des concentrations en SO₂ faibles inférieures ou égales à la limite de détection de l'appareil.

Particules grossières (PM₁₀)

Mesures automatiques

- Des concentrations en PM₁₀ sous les seuils réglementaires.
- Des concentrations peu dépendantes de la direction du vent et en lien avec la multiplicité des sources d'émissions de particules dans l'air.



L'influence de la SDCL sur les polluants recherchés semble limitée étant donné l'impact de l'exposition des sites aux émissions de la SDCL sur les concentrations mesurées. Les concentrations observées sont inférieures aux seuils réglementaires quand ils existent.

Lexique

POLLUANTS

→ B[a]P	benzo(a)pyrène
→ BTEX	benzène, toluène, éthyl-benzène, xylènes
→ C6H6	benzène
→ COV	composés organiques volatils
→ 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	Polychlorodibenzofuranes (« furanes »)
	2,3,7,8 TétraChloroDibenzoFurane
	1,2,3,7,8 PentaChloroDibenzoFurane
	2,3,4,7,8 PentaChloroDibenzoFurane
	1,2,3,4,7,8 HexaChloroDibenzoFurane
	1,2,3,6,7,8 HexaChloroDibenzoFurane
	2,3,4,6,7,8 HexaChloroDibenzoFurane
	1,2,3,7,8,9 HexaChloroDibenzoFurane
	1,2,3,4,6,7,8 HeptaChloroDibenzoFurane
	1,2,3,4,7,8,9 HeptaChloroDibenzoFurane
	OctoChloroDibenzoFurane
→ PCDD/F	Dioxines et furanes
→ PCB	Polychlorobiphényles

FRACTION DES PARTICULES

→ TSP	particules en suspension dans l'air
→ PM ₁₀	particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 µm
→ PM _{2,5}	particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 2,5 µm

UNITES DE MESURE

→ fg	femtogramme (= 1 milliardième de milliardième de gramme = 10 ⁻¹⁵ g)
→ pg	picogramme (= 1 milliardième de milliardième de gramme = 10 ⁻¹² 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

Annexes

Annexe I : Fiches Polluants

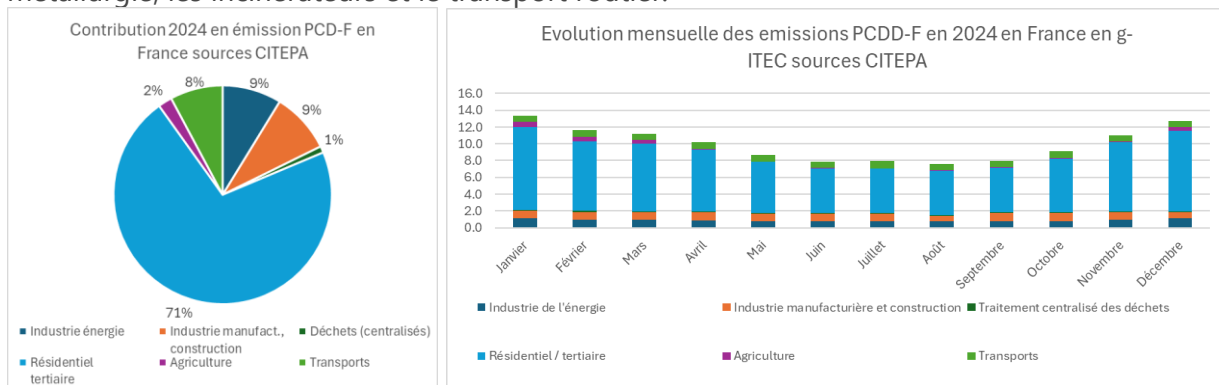
Fiche Polluant : Dioxines (PCDD) et furanes (PCDF)

Définition

Le terme « dioxines-furanes » regroupe deux grandes familles, les PolyChloroDibenzoDioxines (PCDD) et les PolyChloroDibenzoFuranes (PCDF), faisant toutes les deux parties de la classe des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques Halogénés (HAPH). Leurs structures moléculaires très proches consistent en 2 cycles benzéniques reliés entre eux par 1 (furanes) ou 2 (dioxines) atomes d'oxygène et auxquels sont liés des atomes de Chlore (Cl). Ils font partie des polluants organiques persistents (POP) du fait de leur tendance à s'accumuler dans les êtres vivants.

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 chauffage résidentiel, de l'industrie de la sidérurgie, de la métallurgie, les incinérateurs et le transport routier.



Effets sur la santé

Il existe 75 congénères de PCDD et 135 congénères de PCDF dont la toxicité dépend fortement du degré de chloration. 17 molécules sur les 210 sont particulièrement suivies en raison de leur grande toxicité.

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 cancérogène 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).

Substances analysées

Les analyses réalisées portent sur les 17 congénères (du tableau ci-après) particulièrement suivis en raison de leurs toxicités élevées. 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.

Les 17 congénères étudiés avec leur TEF correspondants :

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

Calcul de toxicité et de concentrations nettes

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.

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)

Dans l'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)

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 ITEQ 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 réglementaire n'existe au niveau français. Seuls des niveaux d'intervention ont été fixés dans le cadre de la biosurveillance des denrées alimentaires (0.5 ngTEQ (OMS 2005)/kg pour 12% d'humidité dans la culture de ray-grass) par le règlement UE 744/2012.

A titre indicatif, la réglementation allemande fixe une valeur réglementaire pour les dépôts atmosphériques pour les dioxines, furanes et PCB-dioxine-like à 9 pg TEQ (OMS 2005) /m²/j.

Niveaux mesurés utilisables à titre indicatif

Tableau 4 : Niveaux dépôts atmosphériques totaux de PCDD/F (BRGM, 2011)⁸

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

Remarque : Valeur établie à partir de concentrations données en TEQ sans distinction du TEF utilisé

Tableau 5 : Niveaux dépôts atmosphériques totaux de PCDD/F (Ineris, 2012)

Typologie	Dépôts atmosphériques en PCDD/F pg TEQ /m ² /j	
	Moyenne	Médiane
Bruit de fond rural	1,7	1,6
Bruit de fond urbain	3,0	2,0
A plus de 500 m sous le vent de l'UIOM	2,8	2,1
De 100 à 500 m sous le vent de l'UIOM	3,6	3,3
A moins de 100m sous le vent de l'UIOM	15,7	6,9

Remarque : Valeur établie à partir de concentrations données en TEQ_{OMS} et TEQ_{OTAN}

https://www.ineris.fr/sites/default/files/contribution/Documents/22_DIOXINES_ET_FURANES_%28PCDD_F%29%20v2.pdf

Pour aller plus loin :

<https://www.ineris.fr/fr/dioxines-furanes>

Fiche Polluant : Métaux

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 du caractère toxique de certains d'entre eux.

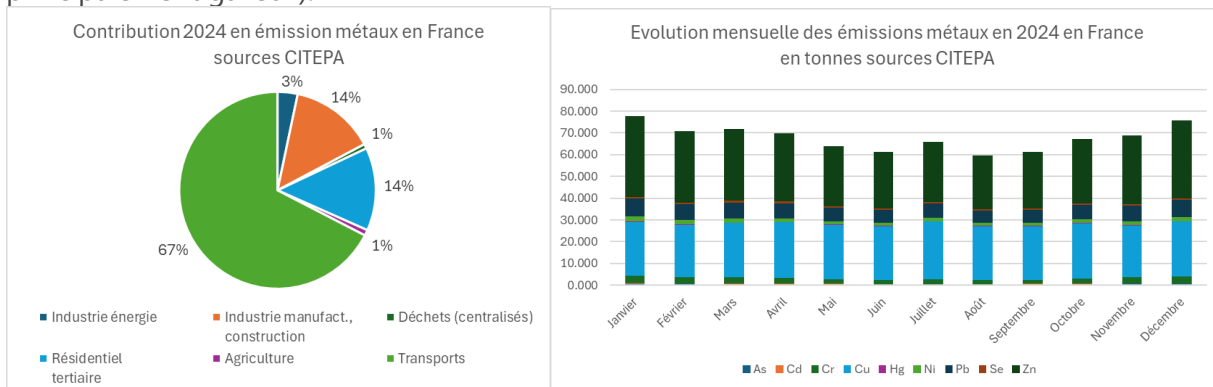
La plupart des métaux n'est que très faiblement volatile et non biodégradable. Ces deux principales caractéristiques confèrent aux métaux une forte capacité d'accumulation dans tous les compartiments de la biosphère.

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). Certains sont classés comme cancérigènes, mutagènes ou toxique pour la reproduction.

Effets sur l'environnement

Certains métaux peuvent s'accumuler par les organismes vivants. Ils peuvent perturber les équilibres biologiques. Ils peuvent contaminer des sols et des aliments. Ainsi, certains lichens et mousses sont utilisés comme bio-indicateurs pour surveiller la présence des métaux dans l'environnement.

Substances analysées

Arsenic (As)
Cadmium (Cd)
Cobalt (Co)
Chrome (Cr)
Cuivre (Cu)
Mercure (Hg)
Manganèse (Mn)

Nickel (Ni)
Antimoine (Sb)
Sélénium (Se)
Etain (Sn)
Tellure (Te)
Thallium (Tl)
Plomb (Pb)

Vanadium (V)
Zinc (Zn)

Réglementation^[5]

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 :

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

Les retombées atmosphériques de métaux ne sont concernées par aucune valeur seuil réglementaire française. Il existe cependant des valeurs de référence en Allemagne^[3] et en Suisse^[4]. Elles sont rappelées dans le tableau suivant :

Polluant	Seuil réglementaire allemand et suisse ^{[3][4]} (en 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

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 faite réalisée à titre indicatif.

Niveaux mesurés utilisables à titre indicatif

Polluant	Mesures en air ambiant (ng/m ³)		Mesures dans les retombées atmosphériques (ng/m ² /j)	
	Fond urbain	Fond industriel	Fond rural	Fond urbain
Arsenic (As)	0.1	0.4	980	1 300
Cadmium (Cd)	0.2	-	500	600
Chrome (Cr)	3.6	1.3	2 600	3 800
Mercure (Hg)	1.6-4.1	1.2-4.4	110	130
Nickel (Ni)	1.7	6.2	2 600	4 000
Plomb (Pb)	-	4	2 000	26 000

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

Pour aller plus loin :

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

Fiche Polluant : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Définition

Les HAP sont des composés organiques qui présentent au moins 2 cycles benzéniques condensés. Ils font partie des polluants organiques persistants (POP). Ils peuvent se trouver dans l'environnement sous forme gazeuse ou particulaire. 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.

Origines

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, ...).

Effets sur la santé

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.

Substances analysées

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

En fonction du contexte il existe plusieurs listes d'HAP à suivre, dans le cadre de la surveillance industrielle 7 HAP sont préconisés par la directive 2004/107/CE : B[a]P, B[a]A, B[b]F, B[j]F, B[k]F, IP, D[ah]A.

Tableau 2 : Principaux groupes de HAP considérés et compartiments de mesure

HAP	US EPA (16 HAP)	DCE 2006/16 (8 HAP)	NF X 43-329 (8 HAP)	Directive 2004/107/CE (7 HAP)	Bornef (6 HAP)	Protocole d'Arhus (4 HAP)	Compartiments de mesure à privilégier
Naphtalène	X	X					Gaz
Acénaphthylène	X						Gaz
Acénaphthène	X						Gaz
Fluorène	X						Gaz et Particules
Phénanthrène	X						Gaz et Particules
Anthracène	X	X					Gaz et Particules
Fluoranthène	X	X	X		X		Gaz et Particules
Pyrène	X						Gaz et Particules
Benzo[a]anthracène	X		X	X			Particules
Chrysène	X						Particules
Benzo[a]pyrène	X	X	X	X	X	X	Particules
Benzo[b]fluoranthène	X	X	X	X	X	X	Particules
Benzo[k]fluoranthène	X	X	X	X	X	X	Particules
Benzo[j]fluoranthène				X			Particules
Indeno[1,2,3-cd]pyrène	X	X	X	X	X	X	Particules
Benzo[ghi]perylène	X	X	X		X		Particules
Dibenz[ah]anthracène	X		X	X			Particules

Encadrés en vert les 13 HAP mesurés dans cette étude



Réglementation^[5]

Seul le B(a)P est soumis à une valeur cible qui est de 1 ng/m³ en moyenne annuelle (décret 2010-1250 du 21 octobre 2010) [3].

Niveaux mesurés utilisables à titre indicatif

Tableau 4 : Valeurs de fond en benzo(a)pyrène mesurées en France métropolitaine

Environnements	Moyenne (µg/m ³)	Nombre de stations
Rural	0,2	10
Industriel	0,5	6

Pour aller plus loin :

<https://www.ineris.fr/fr/hydrocarbures-aromatiques-polycycliques-hap>

Fiche Polluant : Composés Organiques Volatils (COV)

Origines

Les COV sont multiples. Ils sont composés à base d'atomes de carbone et 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. Parmi les BTEX, seul le benzène est réglementé en air ambiant.

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, cancérigènes et toxique pour la reproduction (le benzène est classé comme cancérigène).

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

Seul le Benzène est soumis à une valeur cible qui est actuellement de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

Tableau 1 : Valeur limite du benzène dans l'air ambiant³

Type de valeur	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Période de référence
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	5	Moyenne Annuelle sur une année civile
Objectif Qualité	2	Moyenne Annuelle sur une année civile

Tableau 2 : Valeurs limites du benzène pour la protection de la santé humaine devant être atteintes au plus tard le 1^{er} janvier 2030

Type de valeur	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Période de référence
Valeur limite	3,4	Moyenne Annuelle sur une année civile

Niveaux mesurés utilisables à titre indicatif

Tableau 4 : Concentrations en benzène mesurées en France métropolitaine entre 2021 et 2023

Environnements (période couverte)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nombre de stations
Urbain	0,97	13
Périurbain	1	1
Industriel	1,2	14
Trafic	1,2	23

Pour aller plus loin :

<https://www.ineris.fr/fr/benzene>

Fiche Polluant : Oxydes d'azote (NO_x)

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 est 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^[5]

Tableau 1: Valeurs réglementaires de concentration de dioxyde d'azote dans l'air ambiant⁴

Type de valeur	Valeur en µg/m ³	Période de référence
Objectif de qualité	40	En moyenne annuelle civile
Seuil d'information et de recommandations	200	En moyenne horaire
Seuil d'alerte	400	En moyenne horaire, sur trois heures consécutives
	200	En moyenne horaire si la procédure d'information et de recommandation pour le NO ₂ a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	200	En moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile
	40	En moyenne annuelle civile

Tableau 2 : Valeurs limites du dioxyde d'azote (NO₂) pour la protection de la santé humaine devant être atteintes au plus tard le 1^{er} janvier 2030

Type de valeur	Valeur en µg/m ³	Période de référence
Valeurs limites	200	Moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 3 fois par année civile
	50	Moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile
	20	Moyenne Annuelle sur une année civile
Seuil d'alerte	200	Moyenne horaire (à mesurer en moyenne horaire sur 3 heures consécutives)
Seuil d'information	150	Moyenne horaire (à mesurer sur 1h)

Tableau 3 : Valeurs recommandées par l'OMS (2021) pour le dioxyde d'azote

Type de valeur	Valeur en µg/m ³	Période de référence
Niveaux recommandés	25	Moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 à 4 jours par an
	10	Moyenne annuelle

Niveaux mesurés utilisables à titre indicatif

Tableau 4 : Valeurs de fond de dioxyde d'azote mesurées en France métropolitaine (2021 - 2023)

Environnements	Moyenne (µg/m ³)	Nombre de stations
Urbain	13,7	176
Périurbain	11,5	50
Rural	4,1	26
Industriel	9,3	28
Trafic	26,1	100

Pour aller plus loin :

<https://www.ineris.fr/fr/dioxyde-azote>

Fiche Polluant : 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 fines 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^[5]

Tableau 1 : Valeurs réglementaires de concentration de dioxyde de soufre dans l'air ambiant

Type de valeur	Valeur en µg/m ³	Période de référence
Objectif de qualité	50	En moyenne annuelle civile
Seuil d'information et de recommandations	300	En moyenne horaire
Seuil d'alerte	500	En moyenne horaire, sur trois heures consécutives
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	350	En moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 24 fois par année civile
	125	En moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de trois fois par année civile
Niveau critique pour la protection de la végétation	20	En moyenne annuelle civile
	20	En moyenne sur la période du 1er octobre au 31 mars

Tableau 2 : Valeurs recommandées par l'OMS pour le dioxyde de soufre⁴

Concentration moyenne sur 24 heures	Concentration moyenne sur 10 minutes
40 µg/m ³	500 µg/m ³

Niveaux mesurés utilisables à titre indicatif

Tableau 3 : Valeurs de fond de dioxyde de soufre mesurées en France métropolitaine (2019 - 2021)

Environnements	Moyenne (µg/m ³)	Nombre de stations
Urbain	2	28
Périurbain	1,5	4
Rural	0,9	6
Industriel	2,2	63
Trafic	1,3	3

Pour aller plus loin :

<https://www.ineris.fr/fr/dioxyde-soufre>

Fiche Polluant : Particules en suspension 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.

Effets sur l'environnement

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

Réglementation^[5]

Pollution Chronique	
Nature des seuils	Valeurs réglementaires
Valeurs limites	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 fois par an 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur moyenne annuelle
Objectif de qualité	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle

Pollution ponctuelle	
Nature des seuils	Valeurs réglementaires
Seuil d'alerte	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur moyenne journalière
Seuil d'information & de recommandations	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur moyenne journalière
Valeurs limites	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 fois par an 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur moyenne annuelle

Valeurs réglementaires Françaises

Pollution chronique
Valeurs réglementaires
3 dépassements autorisés du seuil de 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière

Pollution ponctuelle
Valeurs réglementaires
15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle


Valeurs guides OMS

Niveaux mesurés utilisables à titre indicatif

Environnement-Influence	Moyenne en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Médiane en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	95 ^{ème} percentile en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nombre de stations
Rural – fond	11	9	26	2
Peri-urbain – fond	14	12	33	4
Urbain – fond	13	11	29	17
Industrielle	15	12	35	4
Trafic	16	14	36	10

Données 2023-2025 des stations Atmo Nouvelle-Aquitaine

Pour aller plus loin :



<https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/article/seuils-de-qualite-de-lair-la-reglementation-comme-outil-de-comparaison>

Annexe II : Fiches Equipement

Fiche Equipement : Analyseur automatique

Principe

Les analyseurs automatiques permettent de mesurer la concentration dans l'air à intervalle régulier (pas de temps de 15 minutes). Ils sont installés dans un laboratoire mobile.

Paramètres importants

La tête de prélèvement en cas de poussière permet de déterminer la granulométrie analysée (TSP, PM₁₀, PM_{2.5}).

Avantages et limites

Ce type d'équipement permet d'avoir un profil de l'exposition notamment un visuel sur les pics de concentration. De plus il est également possible de rapprocher ces mesures des données météo.

Cependant il nécessite une alimentation électrique stable, un temps d'installation plus conséquent, représente un cout d'investissement très important ainsi qu'une maintenance régulière.

Tous les polluants ne disposent pas d'un analyseur fiable et pouvant descendre dans la gamme de mesure souhaitée

Famille de polluants mesurables

PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂, CO



Figure 31 : laboratoire mobile

Fiche Equipement : Jauges de dépôt

Principe

Les jauges dites « Jauges Owen » sont constituées d'un récipient de collecte surmonté d'un entonnoir afin de collecter les retombés atmosphériques (sous forme solide ou liquide) pour une surface donnée.

Afin de limiter la surcontamination de l'échantillon par le ré-envol de poussières sur le lieu de prélèvement la jauge est positionné à environ 1m50 du sol à l'aide d'un trépied.

Paramètres importants

Le choix de l'entonnoir et le volume du récipient déterminent respectivement la surface et la capacité de la collecte

Le matériau du récipient est important pour limiter les contaminations. Il est choisi en fonction du polluant recherché.



Figure 32 : jauge de prélèvement des retombées atmosphériques (en verre)

Polluants	Matériaux de la jauge
Métaux sauf mercure	plastique (PEHD)
Mercure	Verre
HAP	Verre
PCDD/F, PBDD/F, PCB	Verre

Le temps de pose et la précipitation cumulée sont des données à collecter pour l'interprétation des résultats.

Avantages et limites

Ces jauges sont « faciles » à mettre en place, peuvent être réutilisées, présentent un cout modéré. Les mesures réalisées avec cet équipement sont représentatives de la période de pose.

Au vu des niveaux de pollution habituels, il est nécessaire de les poser sur une période d'au moins 4 semaines pour collecter suffisamment de polluant pour dépasser la limite de quantification.

Les valeurs sont lissées sur l'ensemble de la période (adapté aux émissions chroniques, prend en compte les pics d'émissions sans toutefois pouvoir les caractériser)
Il n'existe que peu de valeur de référence exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$.

Famille de polluants mesurables

Métaux, HAP, PCDD/F, PBDD/F, PCB

Fiche Equipement : Tube passif

Principe

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 33 : tube passif (type Radiello)

L'échantillonneur passif est exposé à l'air pour une durée définie. 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.

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, ...) et valider les résultats.

Paramètres importants

La référence du tube est choisie en fonction des substances recherchées.

Le temps de pose permet de calculer le débit équivalent grâce au débit d'échantillonnage par diffusion de la substance recherchée pour la référence de tube utilisée.

La température de l'air durant la période de prélèvement permet de corriger le débit d'échantillonnage défini en atmosphère normalisé soit à une température de 25°C.

Avantages et limites

Ces tubes passifs sont « faciles » à mettre en place et présentent un coût modéré.

Une gamme importante de polluants peut être mesurée grâce à ce type de tube.

Ce type de prélèvement permet d'avoir des concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comparable à des valeurs de référence ou des seuils réglementaires.

Au vu des niveaux de pollution habituels, il est nécessaire de les poser entre 1 et 2 semaines dans la majorité des cas.

Les valeurs sont lissées sur l'ensemble de la période (adapté aux émissions chroniques, prend en compte les pics d'émissions sans toutefois pouvoir les caractériser)

Famille de polluants mesurables

COV, composés odorants, mercaptans, H₂S, SO₂, NO₂, amines, aldéhydes, HCl, HF ...

Fiche Equipement : Préleveur dynamique haut volume

Principe

Les préleveurs dynamiques haut volume tel que les DA80 permettent de capter des particules présentes dans l'air en forçant de l'air ambiant à passer à travers un filtre. Une tête de prélèvement placée au niveau du point de captage permet de sélectionner la granulométrie des particules que l'on souhaite prélever (TSP principalement).

L'air passe ensuite au travers d'un filtre sur lesquels les particules sont captées. Le filtre sera adapté au polluant recherché.

Le débit utilisé pour un DA80 est couramment de 15m³/h.

Paramètres importants

Le filtre utilisé est dépendant du ou des polluant(s) que l'on souhaite retenir.

Avantages et limites

Ce type de prélèvement permet de descendre à de très faible concentration du fait de la quantité de matière captée sur le filtre grâce au haut volume prélevé. Ce type de prélèvement permet d'avoir des concentrations en µg/m³ comparable à des valeurs de référence ou des seuils réglementaires.

Des séquences d'une période définie peuvent être paramétrées comme un échantillon de 24h toutes les 48h.

Cependant il nécessite une alimentation électrique stable, représente un cout d'investissement important ainsi qu'une maintenance régulière.

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, ...) et valider les résultats.

Famille de polluants mesurables

PCDD/F, PBDD/F, PCB, HAP



Figure 34 : préleveur haut volume

Fiche Equipement : Préleveur dynamique bas volume

Principe

Les préleveurs dynamiques bas volume tel que les Leckel permettent de capter des particules présentes dans l'air en forçant de l'air ambiant à passer à travers un filtre. Une tête de prélèvement placée au niveau du point de captage permet de sélectionner la granulométrie des particules que l'on souhaite prélever (les particules totales en suspension (TSP), uniquement les particules grossières (PM10) ou uniquement les particules fines (PM2.5)).

Le débit d'un Leckel peut varier entre 1.0 et 2.3 m³/h en fonction de divers paramètres.

Paramètres importants

La tête de prélèvement détermine la coupure granulométrique. Cette donnée est indispensable pour l'interprétation des résultats.

Le filtre utilisé est dépendant du ou des polluant(s) que l'on souhaite retenir.

Le débit de captage est adapté à la tête de prélèvement utilisé (afin d'avoir la bonne coupure granulométrique).

Avantages et limites

Ce type de prélèvement permet d'avoir des concentrations en µg/m³ comparable à des valeurs de référence ou des seuils réglementaires. Des séquences d'une période définie peuvent être paramétrées comme un échantillon de 24h toutes les 48h.

Il nécessite une alimentation électrique stable, représente un cout d'investissement important ainsi qu'une maintenance régulière.



Figure 35 : préleveur bas volume

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, ...) et valider les résultats.

Famille de polluants mesurables

Métaux, HAP

Fiche Equipement : Prélèvement actif

Principe

Le principe est de faire passer de l'air ambiant à travers un tube absorbant ou une cartouche avec un filtre (souvent imprégné d'une substance facilitant le captage ou la stabilisation du polluant recherché).

Les débits mise en jeu sont de l'ordre de 12 litres/heure

Paramètres importants

Le support de prélèvement est choisi en fonction du polluant recherché et parfois de la concentration attendue ou de la valeur de référence.

Le temps de pose est déterminé en fonction de la concentration de référence et du support de prélèvement afin de ne pas le saturer ni avoir une limite de quantification supérieur à la valeur de référence.

Le débit du prélèvement pour calculer le volume prélevé.

Avantages et limites

Débit faible ne permettant pas toujours de descendre dans la gamme de mesure désirée.

Gestion de la perte de charge, pouvant rendre difficile des prélèvements longs (plusieurs jours)

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, ...) et valider les résultats.

Le temps de conservation des tubes ou cartouches imprégnées est relativement court.

Famille de polluants mesurables

Hg(g), HCN, H₂SO₄



Figure 36 Pompe de prélèvement

Annexe III : Référence

- [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] 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.
- [4] Conseil fédéral suisse, Ordonnance sur la protection de l'air (Opair) du 16 décembre 1985. 1985.
- [5] République Française, Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air.
- [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>



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

