

Cogénération bois

SDCL / DALKIA

Plan de surveillance de la qualité de l'air - 2023

Période de mesure : 01/02 au 08/03/2023

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

Référence : IND_EXT_22_368
Version finale du : 05/07/2023

Auteur(s) : Emilie PALKA, ingénieure d'études
Vérification du rapport : Rémi FEUILLADE, directeur délégué production & exploitation
Validation du rapport : Rémi FEUILLADE, directeur délégué production & exploitation

Avant-Propos

Titre : Cogénération bois SDCL / DALKIA - Plan de surveillance de la qualité de l'air - 2023

Reference : IND_EXT_22_368

Version : finale du 05/07/2023

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

Selon offre n° : IND_EXT_22_368 version 1 du 27/10/2022 et IND_EXT_22_367 & IND_EXT_22_368 – Avenant n°1 du 27/03/2023 modifiant les dates de rendu du rapport

Nombre de pages : 57 (couverture comprise)

Conditions d'utilisation

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

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

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

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

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

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

Validation numérique du rapport, le

Sommaire

1. Introduction et contexte	13
2. Polluants suivis et méthodes de mesure	13
2.1. Dioxines (PCDD) et furanes (PCDF)	13
2.2. Métaux lourds.....	14
2.3. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	16
2.4. Dioxyde d'azote (NO ₂)	17
2.5. Dioxyde de soufre (SO ₂)	18
2.6. Particules en suspension (PM ₁₀)	19
2.7. Composés Organiques Volatils (COV)	20
2.8. Méthodes de mesure.....	21
2.8.1. Méthodes utilisées.....	21
2.8.2. Tubes passifs pour la mesure du NO ₂ , SO ₂ et des BTEX.....	23
2.8.3. Analyseurs automatiques pour la mesure des NO _x , PM ₁₀ et SO ₂	23
2.8.4. Préleveurs dynamiques bas volume pour la mesure des HAP.....	23
2.8.5. Préleveurs dynamiques haut volume pour la mesure des PCDD/F et métaux lourds (hors mercure) dans l'air ambiant.....	23
2.8.6. Tubes actifs Hydrar pour la mesure du mercure dans l'air ambiant.....	23
2.8.7. Jauges de dépôt pour la mesure des retombées des PCDD/F métaux lourds	24
3. Dispositif de mesures	24
4. Conditions environnementales	26
5. Présentation des résultats de prélèvements et analyses	29
5.1. Dioxines et furanes	29
5.1.1. Dioxines-furanes dans les retombées atmosphériques.....	29
5.1.2. Dioxines-furanes en air ambiant.....	31
5.2. Métaux lourds.....	33
5.2.1. Métaux dans les retombées atmosphériques.....	33
5.2.2. Métaux dans l'air ambiant	35
5.3. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	38
5.4. Dioxyde d'azote (NO ₂)	41
5.4.1. Mesure du NO ₂ par tubes passifs.....	41
5.4.2. Mesure du NO ₂ par analyseurs automatiques	42
5.5. Dioxyde de soufre (SO ₂)	44
5.5.1. Mesure du SO ₂ par tubes passifs.....	44
5.5.2. Mesure du SO ₂ par analyseurs automatiques	45
5.6. Particules en suspension PM ₁₀	46
5.7. Benzène.....	48
6. Conclusion	50

Annexes

Annexe 1 : Dioxines – Furanes 53

Table des figures

Figure 1 : tube passif (type Radiello)	23
Figure 2 : préleveur haut volume	23
Figure 3 : jauge de prélèvement des retombées atmosphériques (en verre).....	24
Figure 4 : carte de situation (Source : Géoportail).....	25
Figure 5 : rose des vents de la station Météo-France « Limoges » entre le 01/02 et le 08/03/2023.....	26
Figure 6 : évolution des précipitations et de la température à Limoges (01/02 au 08/03/2023).....	26
Figure 7 : répartition entre dioxines et furanes dans les retombées en I-TEQ.....	30
Figure 8 : évolution des concentrations en I-TEQ des dioxines-furanes dans les retombées	30
Figure 9 : concentrations des dioxines-furanes en équivalent toxique en air ambiant.....	32
Figure 10 : évolution des concentrations en I-TEQ des dioxines-furanes dans l'air ambiant	32
Figure 11 : concentrations en métaux dans les retombées	34
Figure 12 : évolution des concentrations en cuivre (Cu) dans les retombées.....	34
Figure 13 : évolution des concentrations en manganèse (Mn) dans les retombées	34
Figure 14 : évolution des concentrations en zinc (Zn) dans les retombées	35
Figure 15 : concentrations en métaux dans l'air ambiant	36
Figure 16 : évolution des concentrations en cuivre (Cu) en air ambiant.....	36
Figure 17 : évolution des concentrations en manganèse (Mn) en air ambiant	37
Figure 18 : évolution des concentrations en zinc (Zn) en air ambiant	37
Figure 19 : évolution des concentrations en étain (Sn) en air ambiant	37
Figure 20 : concentrations moyennes sur la période d'échantillonnage des HAP en air ambiant	39
Figure 21 : détail des concentrations en HAP en air ambiant sur le site « Madoumier » (au regard de l'exposition)	39
Figure 22 : détail des concentrations en HAP en air ambiant sur le site « Durkheim » (au regard de l'exposition)	40
Figure 23 : évolution des concentrations en B(a)P en air ambiant depuis 2012	40
Figure 24 : évolution des concentrations moyennes en NO ₂ au cours des 4 semaines de mesures	41
Figure 25 : évolution des concentrations en NO ₂ depuis 2012.....	42
Figure 26 : concentrations en NO ₂ (moyennes horaires).....	42
Figure 27 : concentrations en NO ₂ (moyennes journalières)	43
Figure 28 : profil moyen journalier du NO ₂ (pendant la période de mesures)	43
Figure 29 : évolution des concentrations moyennes en SO ₂ au cours des 4 semaines de mesures	44
Figure 30 : évolution des concentrations en SO ₂ depuis 2012.....	45
Figure 31 : évolution des concentrations en SO ₂ pendant la période de mesures (moyennes horaires)	45
Figure 32 : évolution des concentrations en SO ₂ pendant la période de mesures (moyennes journalières)	46
Figure 33 : évolution des concentrations en PM10 au cours de la campagne de mesures (moyennes journalières)	47
Figure 34 : profil moyen journalier des PM10 pendant la période de mesures	47
Figure 35 : évolution des concentrations moyennes en benzène au cours des 4 semaines de mesures	48
Figure 36 : évolution des concentrations en benzène depuis 2012.....	49

Tables des tableaux

Tableau 1 : valeurs de référence pour les dépôts en moyenne annuelle (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)	15
Tableau 2 : valeurs réglementaires pour les métaux en air ambiant	16
Tableau 3 : synthèse des moyennes annuelles pour les métaux en air ambiant dans le Limousin	16
Tableau 4 : synthèse des moyennes annuelles pour le B(a)P dans le Limousin	17
Tableau 5 : synthèse des résultats pour le NO_2 dans le Limousin	18
Tableau 6 : synthèse des résultats du SO_2 en Limousin	19
Tableau 7 : synthèse des résultats en PM_{10} en Limousin	20
Tableau 8 : synthèse des résultats en benzène en Limousin	21
Tableau 9 : matériel et méthodes de mesure	22
Tableau 10 : sites de mesure	24
Tableau 11 : dates et matériels de mesure de la campagne	25
Tableau 12 : Taux d'exposition des 5 sites de mesures à la centrale de cogénération	27
Tableau 13 : détails des taux d'exposition des sites à la centrale de cogénération durant les prélèvements actifs de dioxines-furanes et métaux en air ambiant	27
Tableau 14 : détails des taux d'exposition des sites à la centrale de cogénération durant les prélèvements actifs de HAP	27
Tableau 15 : Taux d'exposition des 5 sites de mesures à la centrale de cogénération	28
Tableau 16 : détails des taux d'exposition des sites à la centrale de cogénération durant les prélèvements de dioxines-furanes et métaux dans les retombées atmosphériques et de NO_2 , SO_2 et benzène par tubes passifs	28
Tableau 17 : concentrations en équivalent toxique des 17 congénères dans les retombées	29
Tableau 18 : concentrations en équivalent toxique des 17 congénères en air ambiant	31
Tableau 19 : concentrations en métaux dans les retombées (< LQ = inférieur aux limites de quantification)	33
Tableau 20 : concentrations en métaux dans l'air ambiant	35
Tableau 21 : contamination des filtres blanc terrain – métaux lourds	38
Tableau 22 : concentrations moyennes sur la période d'échantillonnage des HAP en air ambiant	38
Tableau 23 : concentrations hebdomadaires en NO_2 par tubes passifs	41
Tableau 24 : concentrations moyennes NO_2 – analyseurs automatiques	42
Tableau 25 : concentrations hebdomadaires en SO_2 par tubes passifs	44
Tableau 26 : données de synthèse sur la campagne de mesure des SO_2	45
Tableau 27 : données de synthèse sur la campagne de mesure des PM_{10}	46
Tableau 28 : concentrations en benzène mesurées sur les tubes à diffusion passive	48

Lexique

Unités de mesures :

fg :	femtogramme (1 millionième de milliardième de gramme, $1 \text{ fg} = 10^{-15} \text{ g}$)
I-TEQ :	Indicateur équivalent toxique
μg :	microgramme (1 millionième de gramme, $1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{ g}$)
$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$:	microgramme par mètre carré et par jour
$\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$:	milligramme par mètre carré et par jour
ng :	nanogramme (1 milliardième de gramme, $1 \text{ ng} = 10^{-9} \text{ g}$)
m^3 :	mètre cube (d'air)
m^3/h :	mètre cube par heure (débit volumique)
pg :	picogramme (1 millième de milliardième de gramme, $1 \text{ pg} = 10^{-12} \text{ g}$)
ppm :	partie par million
ppb :	partie par milliard
1 ppm	1000 ppb

Dioxines (PCDD) et furanes (PCDF) :

2,3,7,8-TCDD :	2,3,7,8-TétraChloroDibenzoDioxine
1,2,3,7,8-PeCDD :	1,2,3,7,8-PentaChloroDibenzoDioxine
1,2,3,4,7,8-HxCDD :	1,2,3,4,7,8-HexaChloroDibenzoDioxine
1,2,3,7,8,9-HxCDD :	1,2,3,7,8,9-HexaChloroDibenzoDioxine
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD :	1,2,3,4,6,7,8-HeptaChloroDibenzoDioxine
OCDD :	1,2,3,4,6,7,8,9-OctaChloroDibenzoDioxine
2,3,7,8-TCDF :	2,3,7,8-TétraChloroDibenzoFurane
1,2,3,7,8-PeCDF :	1,2,3,7,8-PentaChloroDibenzoFurane
2,3,4,7,8-PeCDF :	2,3,4,7,8-PentaChloroDibenzoFurane
1,2,3,4,7,8-HxCDF :	1,2,3,4,7,8-HexaChloroDibenzoFurane
1,2,3,6,7,8-HxCDF :	1,2,3,6,7,8-HexaChloroDibenzoFurane
1,2,3,7,8,9-HxCDF :	1,2,3,7,8,9-HexaChloroDibenzoFurane
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF :	1,2,3,4,6,7,8-HeptaChloroDibenzoFurane
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF :	1,2,3,4,7,8,9-HeptaChloroDibenzoFurane
OCDF :	1,2,3,4,6,7,8,9-OctaChloroDibenzoFurane

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) :

B(a)A :	Benzo(a)Anthracène
B(a)P :	Benzo(a)Pyrène
B(b)F :	Benzo(b)Fluoranthène
B(g,h,i)P :	Benzo(g,h,i)Pérylène
B(j)F :	Benzo(j)Fluoranthène
B(k)F :	Benzo(k)Fluoranthène
dB(a,h)A :	Dibenzo(a,h)Anthracène
HAPH :	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques Halogénés
IP :	Indéno(1,2,3-cd)Pyrène

Métaux :

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

Autres polluants :

BTEX :	Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes
COV :	Composés Organiques Volatils
NO :	Monoxyde d'azote
NO ₂ :	Dioxyde d'azote
NO _x :	Oxydes d'azote
PM :	Particules en suspension (Particulate Matter)
PM _{2.5} :	Particules grossières dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 2.5 µm
PM ₁₀ :	Particules fines dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 µm
POP :	Polluant Organique Persistant
SO ₂ :	Dioxyde de soufre

Abréviations :

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

Définitions :

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

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

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

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

Seuil d'information et de recommandations : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaire l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.

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

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

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

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

Valeur cible : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné. Cette valeur est fixée afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

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

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

Résumé

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

A ce titre, une nouvelle campagne de mesures a été réalisée entre février et mars 2023. L'objectif des mesures est d'évaluer l'impact des émissions des activités de la centrale biomasse sur son environnement pour l'année 2023, de suivre l'évolution des concentrations des différents polluants par rapport aux années passées.

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes :

Dioxines et furanes

Retombées atmosphériques

- Les concentrations en dioxines-furanes dans les retombées atmosphériques sont du même ordre de grandeur que les années précédentes et restent faibles.

Air ambiant

- Les concentrations en 2,3,4,7,8-PeCDF sont plus élevées sur le site « Madoumier ». Ce site a été sous des vents en provenance de la direction de l'usine pendant 14 % du temps, elle est donc possiblement à l'origine de cette surconcentration. Les concentrations sont faibles sur les deux sites pour les autres congénères.
- Pour le site « Durkheim », les concentrations sont similaires à celles mesurées en 2022. Pour le site « Madoumier », les concentrations sont plus élevées qu'en 2022 mais restent bien inférieures aux concentrations les plus élevées mesurées en 2012, 2013 et 2018.

Métaux lourds

Retombées atmosphériques

- *A titre indicatif*, pour les métaux qui possèdent une valeur de référence, les concentrations relevées sont largement inférieures aux valeurs existantes.
- Les concentrations en zinc et en cuivre sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » sont supérieures à celles mesurées sur le site de référence « rue des Sapins ». Le site « Madoumier » a été exposé pendant 26% du temps aux vents provenant de la direction de l'usine, le site « Durkheim » 11%. L'usine est donc possiblement à l'origine de cette surconcentration. Pour les autres métaux mesurés, les concentrations sont similaires au site de référence « rue des Sapins ».
- Pour le manganèse, les concentrations sont plus élevées que les années précédentes sur les sites « Madoumier » et « Durkheim », mais restent bien inférieures aux concentrations maximales mesurées par le passé (573 µg/m²/j sur le site « Madoumier » en 2016 et 91 µg/m²/j sur le site « Durkheim » en 2018).
- Pour le zinc, les concentrations sont conformes à celles des années précédentes.

Air ambiant

- *A titre indicatif*, pour les métaux qui possèdent une valeur de référence, les concentrations mesurées dans les retombées sont largement inférieures à celles-ci.
- Pour ces quatre composés, on observe des concentrations plus élevées que les années précédentes sur le site « Madoumier » (sous les vents provenant de la direction de l'usine pendant 26% du temps), mais qui restent du même ordre de grandeur que des niveaux déjà mesurés par le passé. L'usine est possiblement à l'origine de cette surconcentration. Les concentrations sur le site « Durkheim » (sous les vents provenant de la direction de l'usine pendant 11% du temps), sont inférieures à celles des années précédentes.

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Air ambiant

- Sur les deux sites « Madoumier » et « Durkheim », aucune corrélation n'est visible entre l'exposition du site et la concentration, ce qui ne permet pas de traduire un impact de la chaufferie sur les HAP.
- *A titre indicatif*, les concentrations pour le B(a)P, seul HAP réglementé, sont inférieures à la valeur cible. Celles-ci sont du même ordre de grandeur que les années précédentes.

Dioxyde d'azote (NO₂)

Tubes passifs

- Les concentrations en NO₂ mesurées à la station « Madoumier » sont légèrement supérieures à celles mesurées sur le site de fond « Landouge », traduisant l'impact d'une source de combustion à proximité.
- *A titre indicatif*, les concentrations moyennes en NO₂ sont largement inférieures au seuil limite annuel (40 µg/m³).
- Les concentrations sur les deux sites, « Madoumier » et « Landouge », sont globalement stables depuis 2012.

Mesures automatiques

- Les concentrations moyennes en NO₂ sont équivalentes sur les deux sites « Durkheim » et « Madoumier ». Ces concentrations sont proches bien qu'un peu inférieures à celles des niveaux de fond urbain mesurés sur la station « Berland » à Limoges. Les concentrations mesurées sur « Madoumier » et « Durkheim » sont en revanche bien inférieures aux valeurs de la station trafic « Aine » de Limoges.
- Les concentrations moyennes horaires en NO₂ sont très largement inférieures au seuil limite horaire (200 µg/m³).
- La recommandation de l'OMS en moyenne journalière a été dépassée pendant 10 jours sur le site « Madoumier » et 12 jours sur le site « Durkheim ». Ce seuil a aussi été dépassé sur les stations de référence : 26 jours sur la station « Aine » et 17 jours sur la station « Berland », ce qui témoigne d'une pollution de fond.
- *A titre indicatif*, les concentrations moyennes en NO₂ sur l'ensemble de la durée de la campagne sont largement inférieures au seuil limite annuel (40 µg/m³).
- Le seuil annuel recommandé par l'OMS a été dépassé sur les deux sites « Madoumier » et « Durkheim », mais aussi sur les stations fixes « Aine » et « Berland ».

Dioxyde de soufre (SO₂)

Tubes passifs

- Les concentrations en SO₂ relevées sur les deux sites « Madoumier » et « Landouge » (site témoin) sont très proches et globalement faibles. Les concentrations sont négligeables sur l'ensemble des sites depuis 2012.

Mesures automatiques

- Les concentrations en SO₂ sur le site « Madoumier » sont du même ordre de grandeur que la station fixe de Saint-Junien (urbain sous influence de fond). Celles sur le site « Durkheim » sont un peu plus élevées.
- Les concentrations horaires sont très largement inférieures au seuil limite horaire de 350 µg/m³ pendant la durée de la campagne.
- Les concentrations journalières sont très largement inférieures au seuil limite journalier de 125 µg/m³. Elles sont également inférieures au seuil journalier recommandé par l'OMS de 40 µg/m³.
- *A titre indicatif*, les concentrations moyennes en SO₂ sur les deux sites sont très largement inférieures à l'objectif de qualité (50 µg/m³ en moyenne annuelle).

Particules en suspension (PM₁₀)

Mesures automatiques

- Pendant la campagne de mesures, les concentrations moyennes en PM₁₀ sont du même ordre de grandeur entre les sites « Madoumier » et « Durkheim ». Elles sont également du même ordre de grandeur que les niveaux observés sur la station fixe de fond urbain « Berland » et sur la station trafic « Aine ».
- Les concentrations moyennes journalières en PM₁₀ sont inférieures au seuil limite journalier (50 µg/m³). Elles sont également inférieures au seuil journalier recommandé par l'OMS (45 µg/m³).

- *A titre indicatif*, les concentrations moyennes en PM₁₀ sont inférieures au seuil limite annuel (40 µg/m³). Le seuil annuel recommandé par l'OMS de 15 µg/m³ a été dépassé sur les sites « Madoumier » et « Durkheim », mais aussi sur les stations de référence, ce qui témoigne d'une pollution de fond.

Benzène

Tubes passifs

- Les concentrations en benzène mesurées sur les différents sites pendant quatre semaines sont du même ordre de grandeur que celles mesurées en « routine » au niveau de la station « Berland » (station de fond urbain) en 2021.
- *A titre indicatif*, les concentrations moyennes sont inférieures au seuil limite réglementaire (5 µg/m³ en moyenne annuelle) et à l'objectif de qualité annuel (qui est de 2 µg/m³ en moyenne annuelle).
- Les concentrations en benzène les plus élevées ont été observées en 2013 sur les deux sites « Madoumier » et « Durkheim ». Depuis 2014 les concentrations en benzène sur ces deux sites de mesures sont stables.

1. Introduction et contexte

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

Initiée en 2012 avec la modélisation des retombées de panache autour de la centrale (ETD/2012/12) et une première campagne de mesures réalisée au mois de novembre 2012 (ETD/2012/15), 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 mesures réalisées chaque année sur une période identique.

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

A ce titre, une nouvelle campagne de mesures a été réalisée en 2023.

L'objectif des mesures est :

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

Il est important de rappeler le contexte géographique de la centrale de cogénération. En effet, la centrale est située dans un environnement péri-urbain. 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 significativement dissociée de l'impact de la centrale biomasse dans la suite de ce rapport.

2. Polluants suivis et méthodes de mesure

2.1. Dioxines (PCDD) et furanes (PCDF)

Définition

Le terme « dioxine » regroupe deux grandes familles, les PolyChloroDibenzoDioxines (PCDD) et les PolyChloroDibenzoFuranes (PCDF), faisant tous les deux parties de la classe des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques Halogénés (HAPH). Leurs structures moléculaires très proches contiennent des atomes de carbone (C), de chlore (Cl) et d'oxygène (O), combinés autour de cycles aromatiques (Cf Annexe 1 : Dioxines et Furanes).

Origines

Les dioxines et furanes sont essentiellement issus des processus de combustion industriels à haute température et faisant intervenir les éléments chimiques appropriés (chlore, carbone, oxygène). C'est le cas notamment pour les activités de sidérurgie, métallurgie et les incinérateurs.

Effets sur la santé

Il existe 75 congénères de PCDD et 135 congénères de PCDF dont la toxicité dépend fortement du degré de chloration. Les dioxines et furanes sont émis essentiellement par voie aérienne et retombent sous forme de

dépôts atmosphériques. Les dioxines peuvent remonter dans la chaîne alimentaire en s'accumulant dans les graisses animales (œufs, lait, ...). Les dioxines et furanes peuvent provoquer à des doses variables des diminutions de la capacité de reproduction, un déséquilibre dans la répartition des sexes, des chloracnés, des cancers (le CIRC de l'OMS a classé la 2,3,7,8-TCDD, dite « de Seveso », comme substance cancérigène pour l'homme).

Effets sur l'environnement

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

Molécules analysées

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

Molécules	Abréviations
Dioxines Tétrachlorées	TCDD
Dioxines Pentachlorées	PeCDD
Dioxines Hexachlorées	HxCDD
Dioxines Heptachlorées	HpCDD
Dioxines Octachlorées	OCDD
Furanes Tétrachlorées	TCDF
Furanes Pentachlorées	PeCDF
Furanes Hexachlorées	HxCDF
Furanes Heptachlorées	HpCDF
Furanes Octachlorées	OCDF

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

Remarques concernant l'analyse

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

Réglementation concernant les dioxines et furanes

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

2.2. Métaux lourds

Définition

Les métaux ou éléments traces métalliques (ETM) correspondent aux éléments métalliques qui sont présents dans la croûte terrestre à des concentrations inférieures à 0.1%. Ils sont fréquemment désignés par le terme

« métaux lourds » en raison de la forte masse volumique de certains d'entre eux (supérieure à 4.5 g/cm³), ou bien « métaux toxiques » du fait de leur caractère toxique.

La plupart des métaux lourds ne sont que très faiblement volatiles et ne sont pas biodégradables. Ces deux principales caractéristiques confèrent aux métaux lourds une forte capacité d'accumulation dans tous les compartiments de la biosphère.

Origines

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

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

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

Effets sur la santé

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

Métaux analysés

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

Réglementation concernant les métaux dans les retombées

Les retombées atmosphériques de métaux ne sont concernées par aucune valeur réglementaire. Il existe cependant des valeurs de référence en Allemagne – définies par la loi pour le maintien de la pureté de l'air (TA Luft) du 24 juillet 2002 - et des valeurs réglementaires en Suisse - définies par l'ordonnance fédérale de la protection de l'air du 23 juin 2004. Le Tableau 1 présente ces valeurs.

Polluant	Allemagne	Suisse
Arsenic (As)	4	-
Nickel (Ni)	15	-
Mercure (Hg)	1	-
Thallium (Tl)	2	2
Zinc (Zn)	-	400
Cadmium (Cd)	2	2
Plomb (Pb)	100	100

Ces valeurs de référence sont applicables pour des moyennes annuelles. Dans le cadre de cette étude, les mesures sont réalisées à raison d'une campagne d'un mois, donc la comparaison avec les valeurs de référence est uniquement faite à titre indicatif.

Tableau 1 : valeurs de référence pour les dépôts en moyenne annuelle (en µg/m²/j)

Réglementation en vigueur concernant les métaux dans l'air ambiant

Polluant	Valeur limite	Objectif de qualité	Valeur cible
Plomb (Pb)	0.5 µg/m ³ = 500 ng/m ³	0.25 µg/m ³ = 250 ng/m ³	/
Arsenic (As)	/	/	6 ng/m ³
Cadmium (Cd)	/	/	5 ng/m ³
Nickel (Ni)	/	/	20 ng/m ³

Tableau 2 : valeurs réglementaires pour les métaux en air ambiant

Ces valeurs de référence sont applicables pour des moyennes annuelles (et sur le contenu total de la fraction PM₁₀). Dans le cadre de cette étude, les mesures sont réalisées à raison d'une campagne d'une semaine par site, donc la comparaison avec les valeurs de référence est uniquement faite à titre indicatif.

Bilan des données dans le Limousin

Métaux lourds	Polluants	Moyennes annuelles (en ng/m ³) (à raison de 13 semaines d'échantillonnage réparties dans l'année)									
		2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Palais sur Vienne (station péri-urbaine de fond)	As	-	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.6	0.6	0.5	0.7
	Cd	-	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	4.3	4.9	5.0
	Ni	-	0.3	0.3	1.2	0.5	0.4	1.0	3.5	3.2	7.2
	Pb	-	0.0	0.9	1.4	1.0	2.0	2.0	2.3	2.4	3.0
Guéret (Nicolas) (station urbaine de fond)	As	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3
	Cd	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2
	Ni	0.4	0.3	0.3	0.7	0.7	0.4	0.7	0.9	0.8	1.0
	Pb	0.0	0.0	1.3	1.1	2.0	2.0	1.0	2.7	1.4	3.2

Tableau 3 : synthèse des moyennes annuelles pour les métaux en air ambiant dans le Limousin

Sur la station du Palais-sur-Vienne, les teneurs moyennes en cadmium de 2013 à 2015 étaient proches de la valeur cible réglementaire en raison de l'impact d'activités industrielles à proximité de la station de mesure. La fermeture définitive de l'usine VALDI Le Palais (valorisation de déchets industriels) au début du mois de décembre 2015 a eu pour conséquence une diminution significative des concentrations en cadmium mesurées à cette station.

Toutes les autres concentrations mesurées de 2013 à 2022 sont largement inférieures aux valeurs de référence réglementaires.

2.3. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Origines

Les HAP sont des composés organiques qui présentent au moins 2 cycles benzéniques condensés. Ils font partie des polluants organiques persistants (POP). Ils sont issus des combustions incomplètes d'hydrocarbures (essence), de charbon et de matières organiques (bois, ...). La principale source d'émission des HAP est anthropique (chauffage résidentiel, trafic automobile, ...). Ils peuvent se trouver dans l'environnement sous forme gazeuse ou particulaire.

Effets sur la santé

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

Effets sur l'environnement

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

Réglementation concernant les HAP dans l'air ambiant (décret 2010-1250 du 21 octobre 2010)

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

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

Bilan des concentrations de Benzo(a)Pyrène dans le Limousin

B(a)P	Moyennes annuelles (en ng/m ³) (à raison de 120 jours d'échantillonnage répartis dans l'année)								
	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Limoges (place d'Aine) (station urbaine trafic)					0.20	0.10	0.16	0.14	0.12
Limoges (Présidial) (station urbaine de fond)				0.10					
Saillat-sur-Vienne (Sylvamo) (station péri-urbaine industrielle)	0.09	0.07	0.07	0.10	0.10	0.10	0.06	0.05	0.09

Tableau 4 : synthèse des moyennes annuelles pour le B(a)P dans le Limousin

Il n'y a pas eu de mesures de B(a)P sur ces stations en 2022. L'ensemble des concentrations mesurées de 2013 à 2021 sont inférieures à la valeur réglementaire de 1 ng/m³.

2.4. Dioxyde d'azote (NO₂)

Origines

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

Effets sur la santé

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

Effets sur l'environnement

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

Valeurs de référence en vigueur concernant le NO₂

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

Bilan des données dans le Limousin

NO ₂	Maximum horaire relevé (en 2022)	Nb d'heures > 200 µg/m ³ (en 2022)	Moyennes annuelles en (µg/m ³)									
			2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Brive la Gaillarde (fond urbain)	118	0	11	11	11	13	14	16	17	16	15	16
Guéret (fond urbain)	116	0	10	9	8	13	12	12	16	15	15	17
Limoges (trafic)	132	0	22	21	21	27	26	28	28	30	34	34
Limoges (fond urbain)	120	0	14	14	13	16	16	18	20	21	20	21
Saillat sur Vienne (industriel)	44	0	5	5	6	6	6	10	8	9	11	9
St-Junien (fond urbain)	66	0	6	5	5	6	7	9	9	10	10	13
Tulle (fond urbain)	56	0	10	9	10	11	13	17	15	15	16	17

Tableau 5 : synthèse des résultats pour le NO₂ dans le Limousin

Toutes les autres concentrations mesurées dans le Limousin en 2022 sont inférieures aux valeurs limites réglementaires. En revanche, certaines stations ne respectent pas le seuil annuel recommandé par l'OMS. C'est le cas de Brive La Gaillarde, Limoges (trafic) et Limoges (fond urbain).

2.5. Dioxyde de soufre (SO₂)

Origines :

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

Effets sur la santé

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

Valeurs de référence en vigueur concernant le SO₂

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

Bilan des données dans le Limousin

SO ₂	Maximum horaire relevé (en 2022)	Nb d'heures > 350 µg/m ³ (en 2022)	Moyennes annuelles (en µg/m ³)									
			2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Saillat sur Vienne (industriel)	89	0	0	1	2	1	-	1	0	1	1	0
St-Junien (fond urbain)	8	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0

Tableau 6 : synthèse des résultats du SO₂ en Limousin

L'ensemble des concentrations mesurées de 2013 à 2022 est largement inférieur aux valeurs de référence.

2.6. Particules en suspension (PM₁₀)

Origines

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

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

Effets sur la santé

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

Effets sur l'environnement

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

Valeurs de référence en vigueur concernant les PM₁₀

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	50 µg/m ³ (en moyenne journalière) à ne pas dépasser plus de 35 jours par an 40 µg/m ³ en moyenne annuelle
Objectif de qualité	30 µg/m ³ en moyenne annuelle
Lignes Directrices de l'OMS 2021	45 µg/m ³ en moyenne journalière 15 µg/m ³ en moyenne annuelle

Bilan des données dans le Limousin

PM10	Maximum journalier relevé (en 2022)	Nb de jours > 50 µg/m ³ (en 2022)	Moyennes annuelles (en µg/m ³)									
			2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Brive La Gaillarde (fond urbain)	51	1	16	16	12	15	-	18	15	19	21	16
Guéret (fond urbain)	51	1	12	10	11	12	12	14	13	16	15	17
Limoges (trafic)	57	1	16	14	12	16	12	11	14	17	16	18
Limoges (fond urbain)	61	2	13	14	12	13	14	11	14	15	13	17
Palais s/ Vienne (fond péri-urbain)	47	0	14	12	12	11	12	12	11	13	12	14
Saillat (industriel)	82	2	16	14	14	18	17	16	18	18	16	19
St-Junien (fond urbain)	50	0	11	13	13	14	13	15	14	17	17	19
Tulle (fond urbain)	-	-	-	11	12	13	12	11	15	18	16	14

Tableau 7 : synthèse des résultats en PM₁₀ en Limousin

Sur l'année 2022, aucune des stations n'a dépassé la valeur limite en moyenne annuelle de 40 µg/m³. La ligne directrice de l'OMS en moyenne annuelle a été dépassée sur les stations de Brive La Gaillarde, Limoges et Saillat-sur-Vienne.

2.7. 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 et cancérogènes (le benzène est classé comme cancérogène).

Effets sur l'environnement

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

Valeur de référence en vigueur concernant le benzène en air ambiant

Valeur limite	5 µg/m ³ en moyenne annuelle
Objectif de qualité	2 µg/m ³ en moyenne annuelle

Bilan des données dans le Limousin

Benzène	Moyennes annuelles (en µg/m ³) (à raison de 13 semaines d'échantillonnage réparties dans l'année)									
	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Limoges (place d'Aine) (station urbaine trafic)					1.1	1.1	1.4	1.3	1.3	1.3
Limoges (Berland) (station urbaine de fond)		0.8	0.9	0.7						
Guéret (Nicolas) (station urbaine de fond)	0.6	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.9	0.8	0.6	0.8


Tableau 8 : synthèse des résultats en benzène en Limousin

L'ensemble des concentrations mesurées de 2013 à 2022 est inférieur aux valeurs de référence.

2.8. Méthodes de mesure

2.8.1. Méthodes utilisées

Mesures automatiques

Caractéristique mesurée	Matériel	Référence et/ou principe de la méthode	Accréditation
Concentration en oxydes d'azote (NOx)	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 (SO ₂)		NF EN 14212 - Dosage du dioxyde de soufre par fluorescence UV	
Concentration en particules		NF EN 16450 - Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM ₁₀ ; PM _{2,5})	

Mesures par prélèvement suivi d'une analyse chimique

Caractéristique mesurée	Matériel	Référence et/ou principe de la méthode de prélèvement	Référence et / ou principe de la méthode d'analyse	
Concentration en métaux lourds (plomb, cadmium, arsenic et nickel)	Préleveur	NF EN 14902 - Méthode normalisée pour la mesure du plomb, du cadmium, de l'arsenic et du nickel dans la fraction MP10 de matière particulaire en suspension		
Concentration en dioxines-furanes		Méthode interne : Mesure sur filtre dans la fraction MP10 de la matière particulaire en suspension et mousse pour les gaz	NF EN 1948-2 et NF EN 1948-3, Extraction solide/liquide des supports de prélèvement, purification et dosage.	
Concentration en HAP		NF EN 15549- Méthode normalisée pour la mesure de la concentration du benzo[a]pyrène dans l'air ambiant XP CEN/TS 16645 - Méthode pour la mesure de benzo[a]anthracène, benzo[b]fluoranthène, benzo[j]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, dibenz[a,h]anthracène, indeno[1,2,3-cd]pyrène et benzo[ghi]perylène	Méthode interne selon NF EN 15549, chromatographie liquide haute performance	
Concentration en dioxydes d'azote (NO ₂)		NF EN 16339 - Méthode pour la détermination de la concentration du dioxyde d'azote au moyen d'échantillonneurs par diffusion		
Concentration en dioxyde de soufre (SO ₂)		Prélèvement par tube passif	Chromatographie ionique	
Concentration en benzène		NF EN 14662-4 - Prélèvement par diffusion suivi d'une désorption thermique et d'une analyse par chromatographie en phase gazeuse	NF EN ISO 16017-2 - Échantillonnage et analyse des composés organiques volatils par tube à adsorption/désorption thermique/chromatographie en phase gazeuse sur capillaire	
Concentration en 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 X43-014 - Détermination des retombées atmosphériques totales - Echantillonnage - Préparation des échantillons avant analyses	
Concentration en mercure	NF EN 15853 juillet 2010 - Méthode normalisée pour la détermination des dépôts de mercure		Minéralisation AFS	
Concentration en dioxines-furanes	NF X 43-014 - Détermination des retombées atmosphériques totales		Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse à haute résolution	

Tableau 9 : matériel et méthodes de mesure

* 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.

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

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

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



Figure 1 : tube passif (type Radiello)

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

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

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

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

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

2.8.4. Préleveurs dynamiques bas volume pour la mesure des HAP

Les HAP en air ambiant sont prélevés sur filtre en quartz via des préleveurs dynamiques bas volume (de type Leckel) suivant un débit d'échantillonnage régulé de 2.3 m³/h et une coupure de prélèvement PM₁₀. Les prélèvements sont réalisés à raison de 24h toutes les 72h. Une fois exposés, les filtres sont conditionnés et envoyés au laboratoire d'analyse.

2.8.5. Préleveurs dynamiques haut volume pour la mesure des PCDD/F et métaux lourds (hors mercure) dans l'air ambiant

Les dioxines-furanes et les métaux (hors mercure) en air ambiant sont prélevés sur filtre en quartz et également sur mousses polyuréthane (PUF) via des préleveurs dynamiques haut volume (de type DA80) suivant un débit d'échantillonnage régulé de 30 m³/h et une coupure de prélèvement PM₁₀.

Les prélèvements sont réalisés à raison d'une semaine de mesures par site. Les prélèvements sur mousses permettent de capter la part volatile de ces polluants. Une fois exposés, les filtres et mousses sont conditionnés et envoyés au laboratoire d'analyse.



Figure 2 : préleveur haut volume

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

Le mercure étant très volatil, il fait l'objet d'un prélèvement à part des autres métaux, sur un support spécifique. Les prélèvements de mercure en air ambiant ont été réalisés à l'aide de tubes actifs Hydrar pendant 2 semaines sur chacun des deux sites en parallèle.

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

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

Les prélèvements de retombées atmosphériques sont réalisés au moyen de collecteurs nommés « jauges Owen » (voir figure 3). Ils sont constitués d'un entonnoir surmontant un récipient de collecte. Pour les métaux lourds (sauf mercure), la jauge a une capacité de 20 litres et est en plastique PEHD. Pour le mercure, la jauge a une capacité de 10 litres et est en verre. Pour les dioxines-furanes, elle a une capacité de 20 litres et est en verre. L'ensemble est monté sur un trépied à environ 1.50 mètres de hauteur afin d'éviter une surcontamination de l'échantillon par le ré-entrainement de poussières sur le lieu de prélèvement.

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



Figure 3 : jauge de prélèvement des retombées atmosphériques (en verre)

3. Dispositif de mesures

Le plan d'échantillonnage a été adapté au vu des résultats obtenus depuis 2012. Ainsi, quatre sites de mesures ont été investigués. Les caractéristiques des différents sites sont rassemblées dans le Tableau 10. Les secteurs de vents pour lesquels les sites sont exposés aux rejets de la centrale de cogénération y sont renseignés ainsi que les distances au site de production.

Les coordonnées X et Y sont données en Lambert 93.

N° site	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Nom du site	Madoumier	Durkheim	Rue des Sapins	Landouge
Coordonnée X	562093	562534	564086	559969
Coordonnée Y	6527796	6528213	6529584	6528543
Secteur d'exposition (+/- 45°)	337°	225°	230°	107°
Distance à la chaufferie (en m)	110	580	2640	2180

Tableau 10 : sites de mesure

Les 4 sites de mesures sont représentés sur la Figure 4, ci-après. Le matériel de mesure ainsi que les dates où ont été réalisées les mesures sont rassemblées dans le Tableau 11.

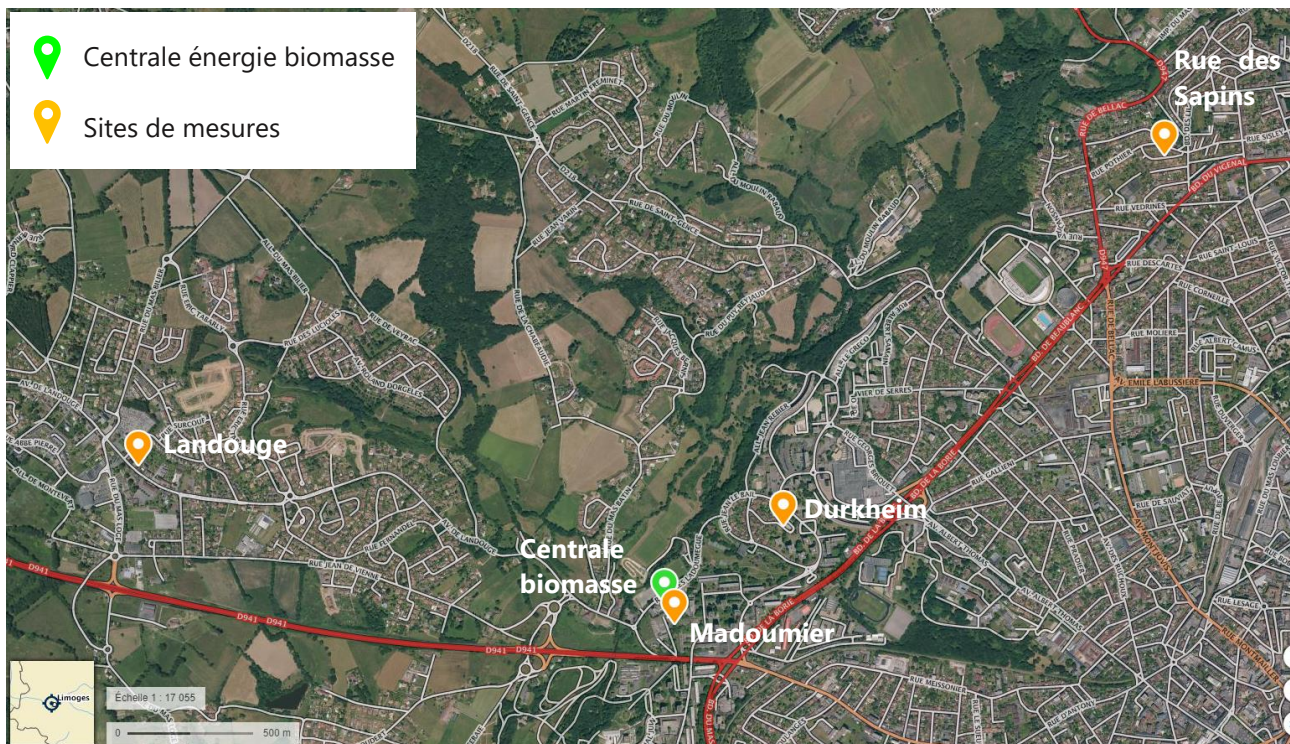


Figure 4 : carte de situation (Source : Géoportail)

Polluants	Matrice de prélèvement	Sites	Dates de prélèvement
Dioxines-furanes	Air ambiant (préleveur haut volume)	Madoumier	08 au 15/02/2023
		Durkheim	01 au 08/02/2023
	Retombées atmosphériques (jauges en verre)	Madoumier	01/02 au 01/03/2023
		Durkheim	
		Rue des Sapins	
Métaux lourds (hors Mercure)	Air ambiant (préleveur haut volume)	Madoumier	08 au 15/02/2023
		Durkheim	01 au 08/02/2023
	Retombées atmosphériques (jauges en PEHD)	Madoumier	01/02 au 01/03/2023
		Durkheim	
		Rue des Sapins	
Mercure	Air ambiant (tube actif Hydrar)	Madoumier	08 au 22/02/2023
		Durkheim	
	Retombées atmosphériques (jauges en verre)	Madoumier	01/02 au 01/03/2023
	Durkheim		
		Rue des Sapins	
HAP	Air ambiant (préleveurs bas volume)	Madoumier	02/02 au 02/03/2023
		Durkheim	
NO₂	Analyseurs automatiques	Madoumier	01/02 au 08/03/2023
		Durkheim	
	Tubes passifs (Gradko)	Madoumier	01/02 au 01/03/2023
	Landouge (témoin)		
SO₂	Analyseurs automatiques	Madoumier	01/02 au 08/03/2023
		Durkheim	
	Tubes passifs (Radiello 166)	Madoumier	01/02 au 01/03/2023
	Landouge (témoin)		
PM₁₀	Analyseurs automatiques	Madoumier	01/02 au 08/03/2023
		Durkheim	
Benzène	Tubes passifs (Radiello 145)	Madoumier	01/02 au 01/03/2023
		Durkheim	
		Landouge (témoin)	

Tableau 11 : dates et matériels de mesure de la campagne

4. Conditions environnementales

Le vent, sa direction ainsi que sa vitesse, jouent 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 01/02 au 08/03/2023.

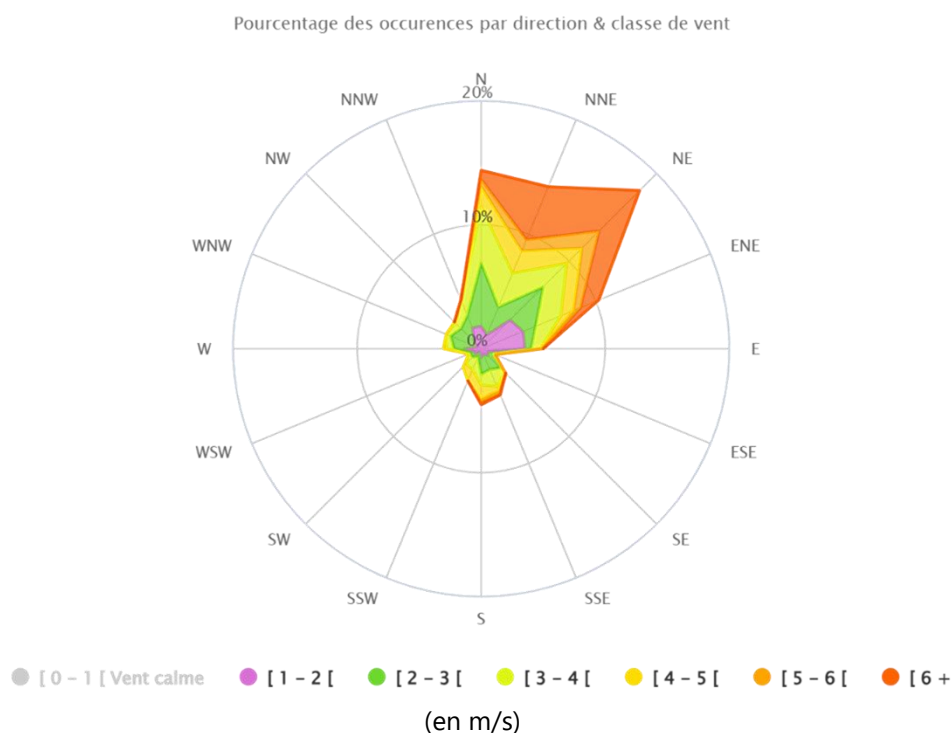


Figure 5 : rose des vents de la station Météo-France « Limoges » entre le 01/02 et le 08/03/2023

Pendant la période de mesure, les vents provenaient en majorité des secteurs Nord à Nord-Est (sens horaire).

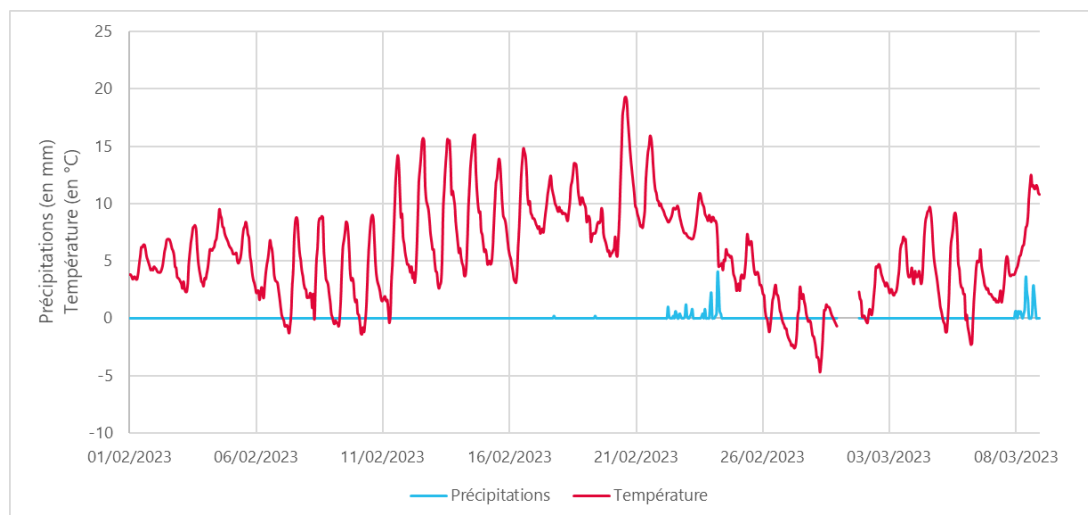


Figure 6 : évolution des précipitations et de la température à Limoges (01/02 au 08/03/2023)

Pendant la période de mesures, les précipitations ont été de 38 mm. La température moyenne pendant la période est de 6°C. Les températures maximales et minimales atteintes sont respectivement 19°C et -5°C.

Dans le tableau suivant sont détaillés les taux d'exposition des différents sites de mesures par rapport à la centrale de cogénération :

Sites	Ensemble de la période de prélèvement Du 01/02 au 08/03/2023		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	32	20	6
Durkheim	12		
Sapins	11		
Landouge	23		

Tableau 12 : Taux d'exposition des 5 sites de mesures à la centrale de cogénération

Les sites « Madoumier » et « Durkheim » ont été bien exposés pendant la période. Les sites « Sapins » et « Landouge » ont été moins bien exposés.

Dans le tableau ci-dessous sont détaillés les taux d'exposition des deux sites de mesures où sont réalisés des prélèvements en air ambiant sur filtres.

Sites	Prélèvements de métaux et dioxines-furanes en air ambiant					
	Du 01 au 08/02/2023			Du 08 au 15/02/2023		
	Expo en %	Précipitation en mm	Température en °C	Expo en %	Précipitation en mm	Température en °C
Madoumier	-	-	-	14	0	6
Durkheim	3	0	5	-	-	-

Tableau 13 : détails des taux d'exposition des sites à la centrale de cogénération durant les prélèvements actifs de dioxines-furanes et métaux en air ambiant

Le site « Durkheim » a été peu exposé pendant la période.

		Prélèvements de HAP en air ambiant			
		Exposition des sites (%)		Précipitation en mm	Température en °C
		Madoumier	Durkheim		
02/02/2023	03/02/2023	76	0	0	5
05/02/2023	06/02/2023	80	0	0	6
08/02/2023	09/02/2023	24	8	0	4
11/02/2023	12/02/2023	4	4	0	6
14/02/2023	15/02/2023	12	8	0	9
17/02/2023	18/02/2023	24	48	0	9
20/02/2023	21/02/2023	20	0	0	12
23/02/2023	24/02/2023	0	0	8	9
26/02/2023	27/02/2023	32	0	0	1
01/03/2023	02/03/2023	80	0	0	1

Tableau 14 : détails des taux d'exposition des sites à la centrale de cogénération durant les prélèvements actifs de HAP

Le site « Durkheim » a été globalement peu exposé aux rejets de l'installation sur la période de mesure, à l'exception de la période du 17 au 18/02/2023. Le site « Madoumier » a, lui, été bien exposé sauf les périodes du 11 au 15/02/2023 et du 23 au 24/02/2023.

Dans le tableau ci-dessous sont détaillés les taux d'exposition des 2 sites de mesures automatiques par rapport à la centrale de cogénération :

Sites	Ensemble de la période de mesures automatiques Du 01/02 au 08/03/2023		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	32	20	6
Durkheim	12		

Tableau 15 : Taux d'exposition des 5 sites de mesures à la centrale de cogénération

Le site « Madoumier » a été bien exposé aux rejets de l'usine pendant la période. Le site « Durkheim » un peu moins.

Les taux d'exposition des 4 sites de mesure de métaux et dioxines-furanes dans les retombées atmosphériques sont présentés ci-dessous :

Sites	Prélèvements de métaux et dioxines-furanes dans les retombées atmosphériques et prélèvements de NO ₂ , SO ₂ et benzène par tubes passifs Du 01/02 au 01/03/2023		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	26	20	6
Durkheim	11		
Sapins	10		
Landouge	26		

Tableau 16 : détails des taux d'exposition des sites à la centrale de cogénération durant les prélèvements de dioxines-furanes et métaux dans les retombées atmosphériques et de NO₂, SO₂ et benzène par tubes passifs

Les sites « Madoumier » et « Landouge » ont été bien exposés aux rejets de l'usine pendant la période. Les autres sites « Durkheim » et « Sapins » un peu moins.

5. Présentation des résultats de prélèvements et analyses

5.1. Dioxines et furanes

5.1.1. Dioxines-furanes dans les retombées atmosphériques

Les jauges de dépôt en verre ont été exposées pendant 1 mois du 01/02 au 01/03/2023. Les concentrations nettes de dioxines et furanes sont présentées en Annexe 1.

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

Détails des 17 congénères les plus toxiques :

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

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

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

Congénères	Concentrations en équivalent toxique (pg-I-TEQ max/m ² /j)			
	TEF OTAN	Madoumier	Durkheim	Rue des Sapins
2,3,7,8-TCDD	1	<i>0.18*</i>	0.36	<i>0.18*</i>
1,2,3,7,8-PeCDD	1	<i>0.18*</i>	<i>0.18*</i>	0.24
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.09	0.04	0.02
OCDD	0.001	0.05	0.02	0.01
2,3,7,8-TCDF	0.1	0.02	0.02	0.08
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	<i>0.02*</i>	<i>0.02*</i>	0.02
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	<i>0.22*</i>	<i>0.18*</i>	<i>0.18*</i>
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.04	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>	<i>0.04*</i>
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	<i>0.07*</i>	<i>0.04*</i>	<i>0.07*</i>
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.04	0.04	0.04
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	<i>0.01*</i>	<i>0.01*</i>	<i>0.01*</i>
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.01	0.01	0.01
OCDF	0.001	<i>0.00*</i>	<i>0.00*</i>	<i>0.00*</i>
TOTAL	-	1.07	1.10	1.03

Tableau 17 : concentrations en équivalent toxique des 17 congénères dans les retombées

(valeur en gris et en italique* : concentrations inférieures au seuil de quantification analytique = application du seuil de quantification pour situation majorante)

Les concentrations observées sur les trois sites sont faibles. Les concentrations nettes totales à « Madoumier » et à « Durkheim » sont du même ordre de grandeur que la concentration mesurée sur le site témoin (« Rue des Sapins ») situé en dehors de l'influence de la chaufferie. Ainsi, pendant la période de mesures, les activités de la chaufferie n'ont pas d'impact significatif sur les retombées de dioxines et furanes.

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

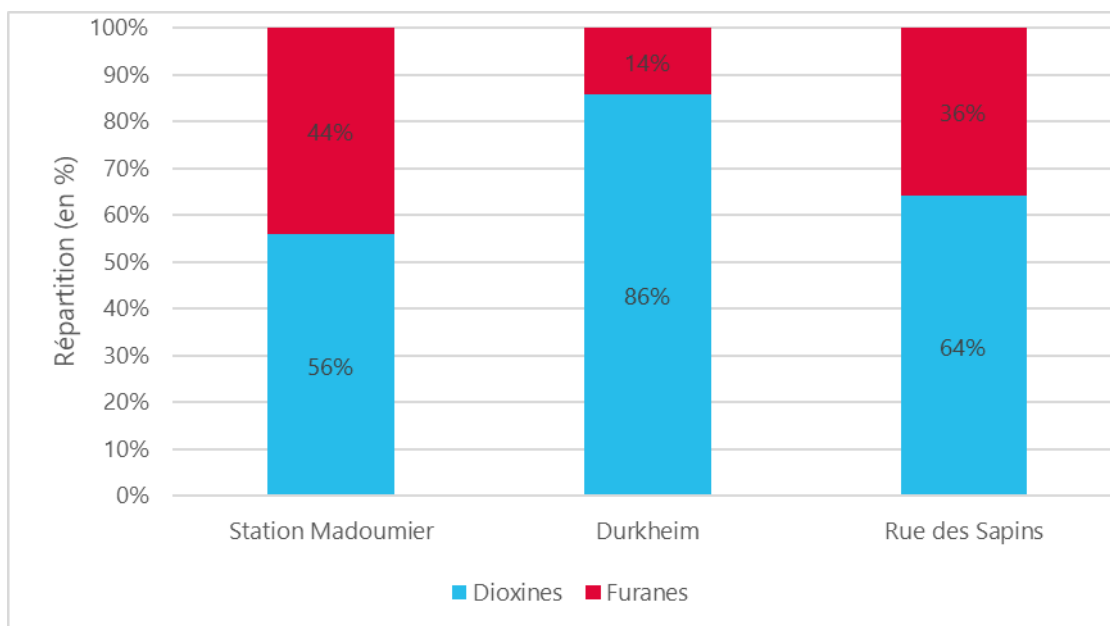


Figure 7 : répartition entre dioxines et furanes dans les retombées en I-TEQ

Les dioxines sont prépondérantes par rapport aux furanes (en I-TEQ), sur les 3 sites « Madoumier », « Durkheim » et « rue des Sapins ».

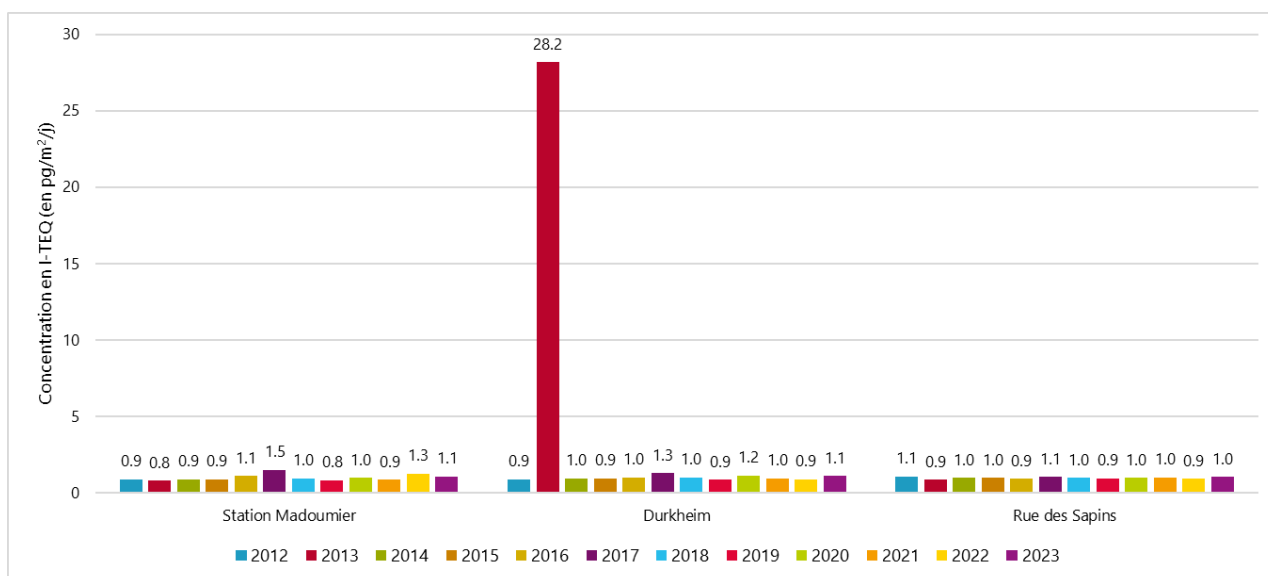


Figure 8 : évolution des concentrations en I-TEQ des dioxines-furanes dans les retombées

Les concentrations en I-TEQ observées en 2023 sont du même ordre de grandeur que celles observées les années précédentes.

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

5.1.2. Dioxines-furanes en air ambiant

Les dioxines-furanes ont été prélevées en air ambiant du 01 au 08/02/2023 sur le site « Durkheim », puis du 08 au 15/02/2023 sur le site « Madoumier ».

Environ 4700 m³ d'air ont ainsi été prélevés sur chacun des sites. Les concentrations volumiques nettes sont présentées en Annexe 1.

Détails des 17 congénères les plus toxiques :

Un focus sur les 17 congénères les plus toxiques est réalisé, en appliquant la pondération sur chaque concentration nette par un indice de toxicité spécifique à chaque molécule (cf. Annexe 1 : calcul de toxicité). Les résultats d'analyses inférieurs aux seuils de quantification ne sont pas écartés. Leurs valeurs sont remplacées par le seuil de quantification (situation majorante).

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

Congénères	Concentrations en équivalent toxique (I-TEQ max fg/m ³)		
	TEF OTAN	Madoumier	Durkheim
2,3,7,8-TCDD	1	1.21	<i>0.13*</i>
1,2,3,7,8-PeCDD	1	1.20	0.29
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.29	0.14
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.61	0.45
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.57	0.34
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.64	0.51
OCDD	0.001	0.12	0.06
2,3,7,8-TCDF	0.1	1.23	0.34
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	0.37	0.08
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	9.48	1.41
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	1.02	0.19
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.86	0.17
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	1.21	0.24
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.34	0.09
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.31	0.09
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.04	0.01
OCDF	0.001	0.02	0.01
TOTAL	-	19.50	4.77

Tableau 18 : concentrations en équivalent toxique des 17 congénères en air ambiant
(valeur en gris et en italique* : concentrations inférieures au seuil de quantification analytique = application du seuil de quantification pour situation majorante)

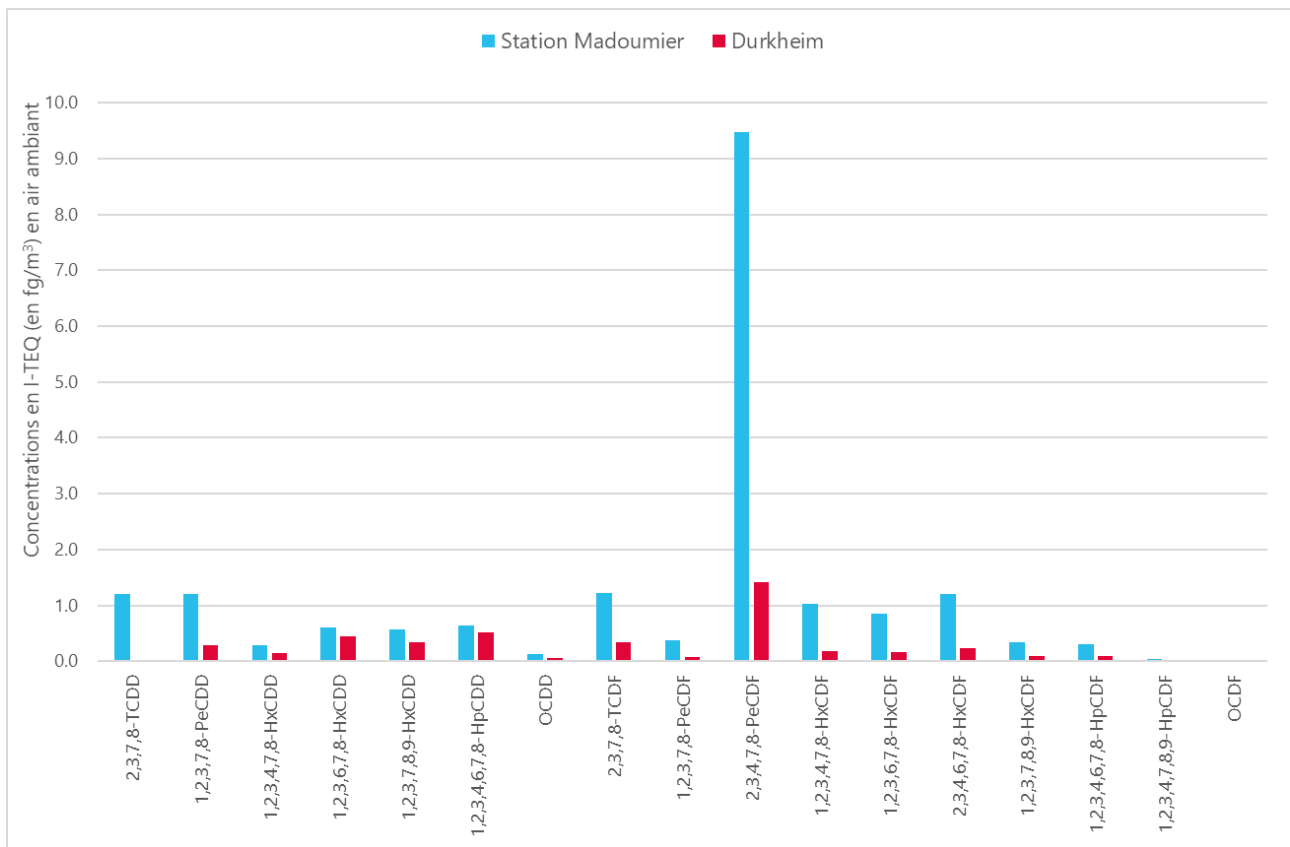


Figure 9 : concentrations des dioxines-furanes en équivalent toxique en air ambiant

Les concentrations en 2,3,4,7,8-PeCDF sont plus élevées sur le site « Madoumier ». Ce site a été sous des vents en provenance de la direction de l'usine pendant 14% du temps, elle est donc possiblement responsable de cette surconcentration. Les concentrations sont faibles sur les deux sites pour les autres congénères.

L'évolution des concentrations en dioxines-furanes depuis 2012, dans l'air ambiant, est présentée dans la figure ci-dessous.

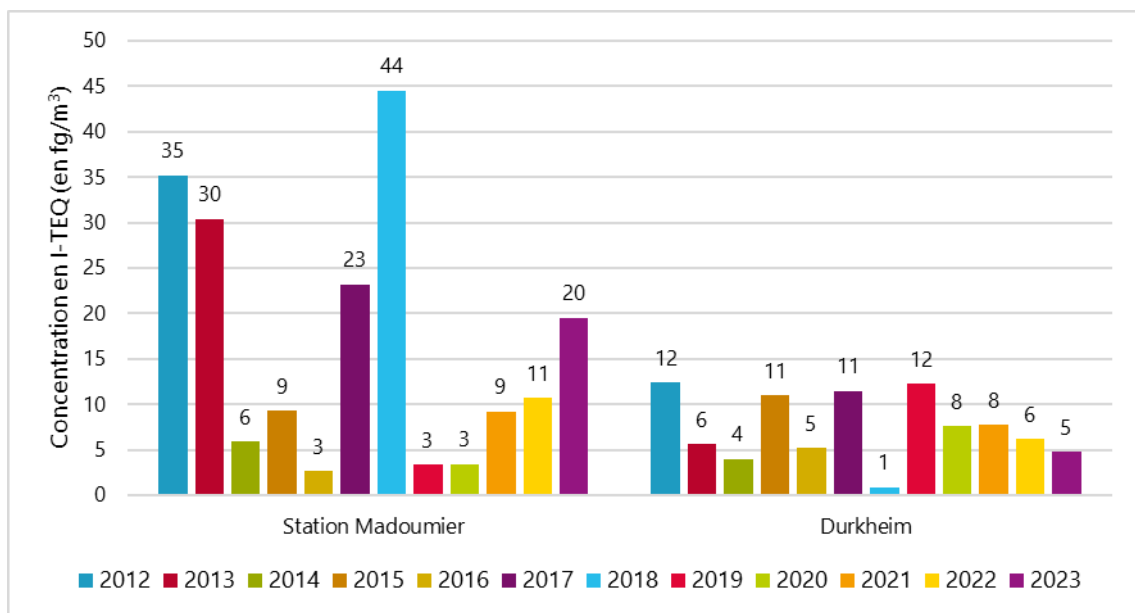


Figure 10 : évolution des concentrations en I-TEQ des dioxines-furanes dans l'air ambiant

Pour le site « Durkheim », les concentrations sont similaires à celles mesurées en 2022. Pour le site « Madoumier », les concentrations sont plus élevées qu'en 2022 mais restent bien inférieures aux concentrations les plus élevées mesurées en 2012, 2013 et 2018.

5.2. Métaux lourds

5.2.1. Métaux dans les retombées atmosphériques

Les jauges de dépôt ont été exposées pendant 1 mois du 01/02 au 01/03/2023.

Métaux	Concentrations (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)			Valeurs de référence allemande et suisse (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)
	Madoumier	Durkheim	Rue des Sapins	
V – Vanadium	1.3	1.2	0.5	-
Cr – Chrome	1.1	1.1	0.5	-
Mn – Manganèse	66.6	22.0	5.3	-
Co – Cobalt	0.3	0.2	<LQ	-
Ni – Nickel	0.8	0.6	0.3	15
Cu – Cuivre	6.0	4.9	4.6	-
Zn – Zinc	10.9	16.3	6.0	400
As – Arsenic	1.0	0.7	0.5	4
Se – Sélénium	0.3	0.2	0.2	-
Cd - Cadmium	0.1	0.0	0.1	2
Sn – Etain	0.3	0.3	<LQ	-
Sb – Antimoine	0.2	0.1	0.1	-
Te – Tellure	<LQ	<LQ	<LQ	-
Tl – Thallium	<LQ	<LQ	<LQ	2
Pb – Plomb	0.7	0.6	0.1	100
Hg - Mercure	0.1	0.1	0.1	1

Tableau 19 : concentrations en métaux dans les retombées (< LQ = inférieur aux limites de quantification)

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

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

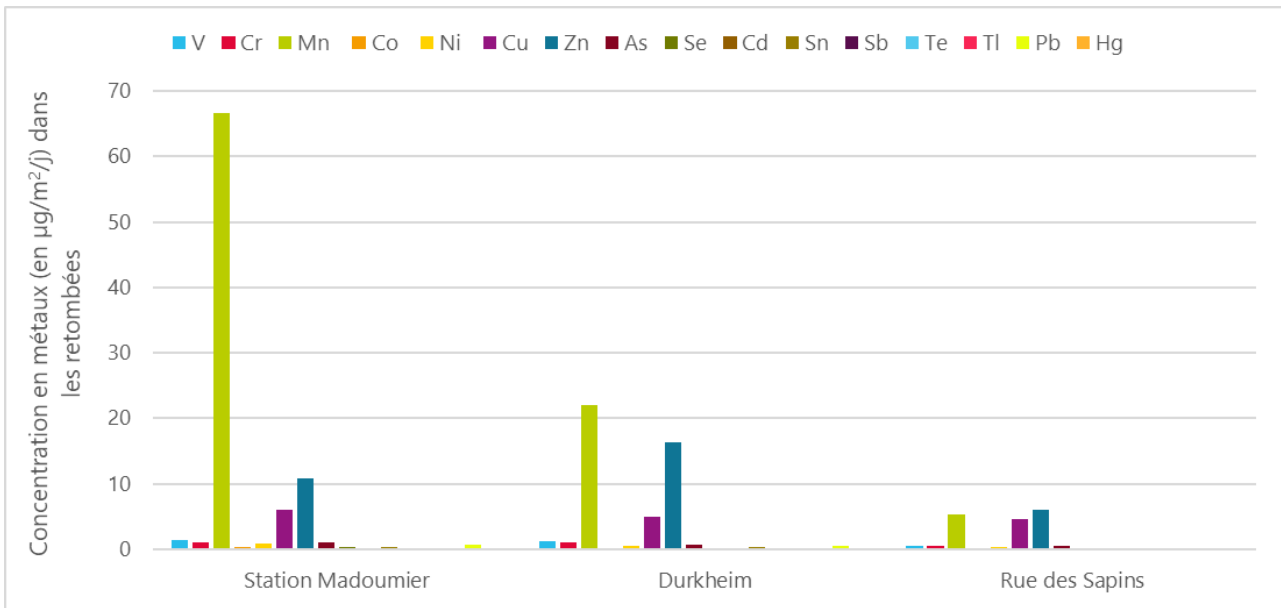


Figure 11 : concentrations en métaux dans les retombées

Les concentrations en zinc et cuivre sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » sont supérieures à celles mesurées sur le site de référence « rue des Sapins ». Le site « Madoumier » a été exposé pendant 26% du temps aux vents provenant de la direction de l'usine, le site « Durkheim » 11%. L'usine est donc possiblement à l'origine de cette surconcentration. Pour les autres métaux mesurés, les concentrations sont similaires au site de référence « rue des Sapins ».

L'évolution des concentrations des métaux prépondérants (manganèse, zinc et cuivre) sont présentés dans les figures suivantes.

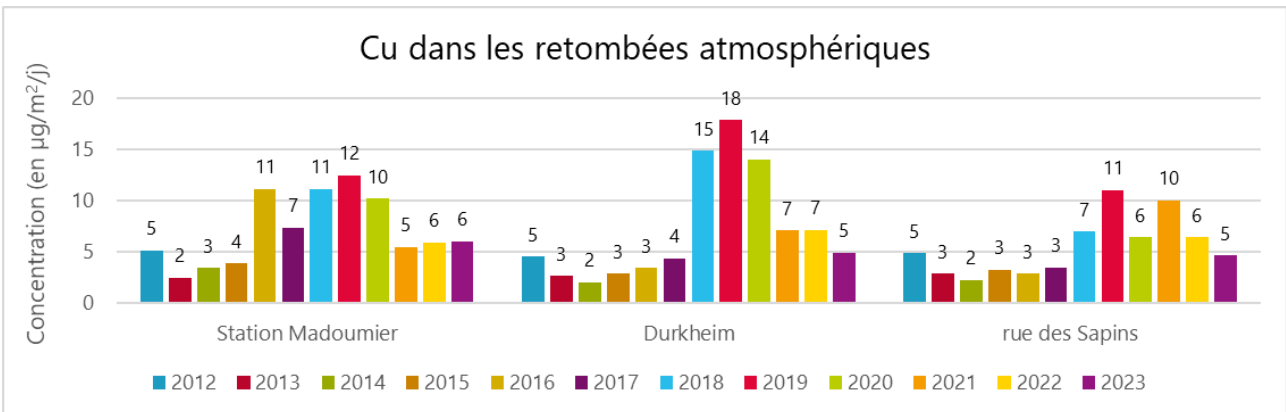


Figure 12 : évolution des concentrations en cuivre (Cu) dans les retombées

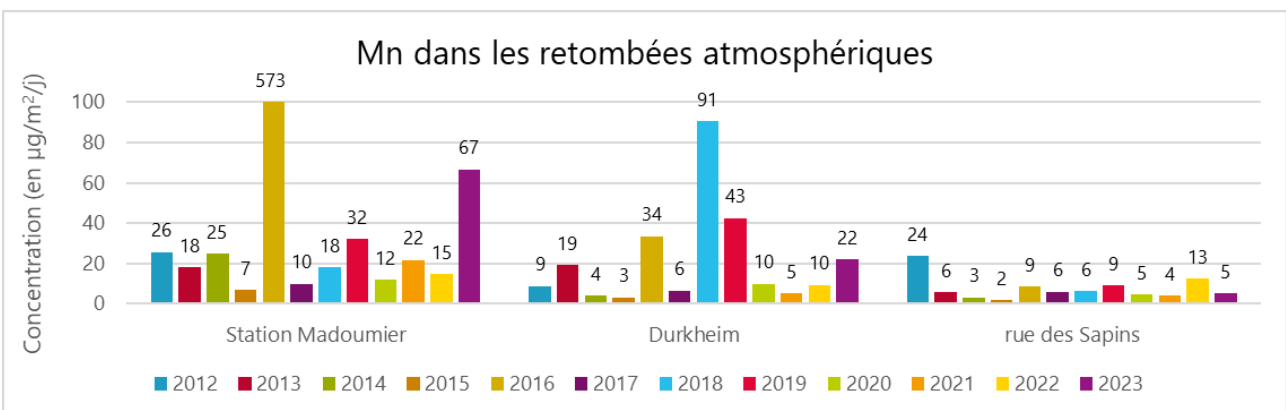


Figure 13 : évolution des concentrations en manganèse (Mn) dans les retombées

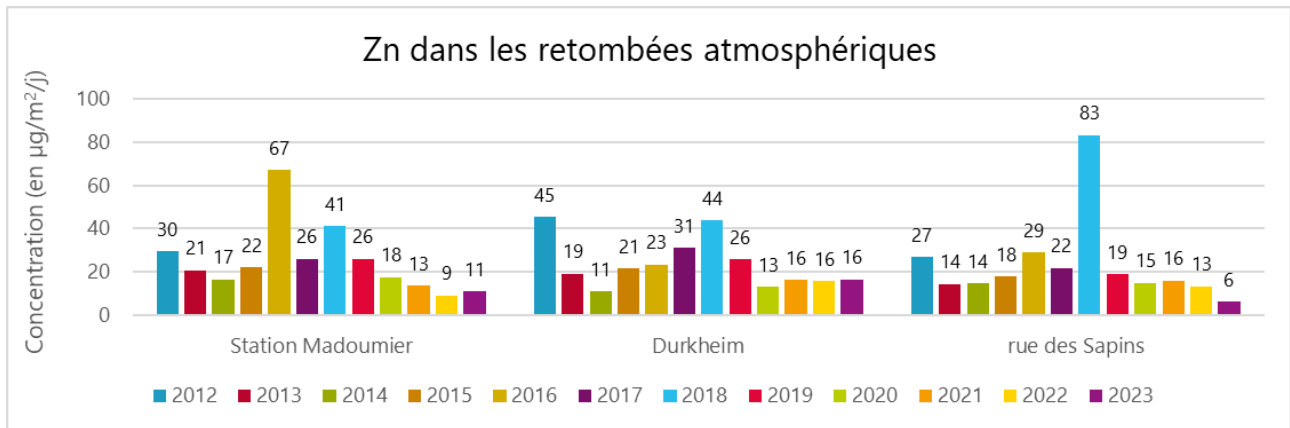


Figure 14 : évolution des concentrations en zinc (Zn) dans les retombées

Les concentrations en cuivre de 2023 sont plus élevées que les années 2013 à 2017. Depuis 2018, des concentrations plus élevées sont observées. Cette hausse est aussi observée sur le site de fond « Rue des Sapins », il est donc peu probable qu'elle soit liée à l'activité de la chaufferie.

Pour le manganèse, les concentrations sont plus élevées que les années précédentes sur les sites « Madoumier » et « Durkheim », mais restent bien inférieures aux concentrations maximales mesurées par le passé (573 µg/m²/j sur le site « Madoumier » en 2016 et 91 µg/m²/j sur le site « Durkheim » en 2018).

Pour le zinc, les concentrations sont conformes à celles des années précédentes.

5.2.2. Métaux dans l'air ambiant

Le mercure a été prélevé du 08 au 22/02/2023 sur les sites « Madoumier » et « Durkheim ».

Les autres métaux ont été prélevés du 01 au 08/02/2023 sur le site « Durkheim », puis du 08 au 15/02/2023 sur le site « Madoumier ».

Métaux	Concentrations (en ng/m ³)		Valeurs de référence (en ng/m ³)
	Madoumier	Durkheim	
V – Vanadium	0.3	0.2	-
Cr – Chrome	2.7	0.7	-
Mn – Manganèse	6.7	1.6	-
Co – Cobalt	0.1	<LQ	-
Ni – Nickel	0.6	0.2	20 (valeur cible)
Cu – Cuivre	16.2	3.3	-
Zn – Zinc	23.2	5.6	-
As – Arsenic	0.7	0.2	6 (valeur cible)
Se – Sélénium	0.3	0.1	-
Cd - Cadmium	0.1	0.1	5 (valeur cible)
Sn – Etain	3.8	0.8	-
Sb – Antimoine	0.8	0.2	-
Te – Tellure	<LQ	<LQ	-
Tl – Thallium	<LQ	<LQ	-
Pb – Plomb	2.8	1.0	250 (objectif de qualité) 500 (valeur limite)
Hg - Mercure	3.1	2.3	-

Tableau 20 : concentrations en métaux dans l'air ambiant (< LQ = inférieur aux limites de quantification)

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

Les espèces majoritaires sur les deux sites sont : le zinc (Zn), le cuivre (Cu) et dans une moindre mesure le manganèse (Mn) et l'étain (Sn). Les autres métaux sont présents en faibles concentrations.

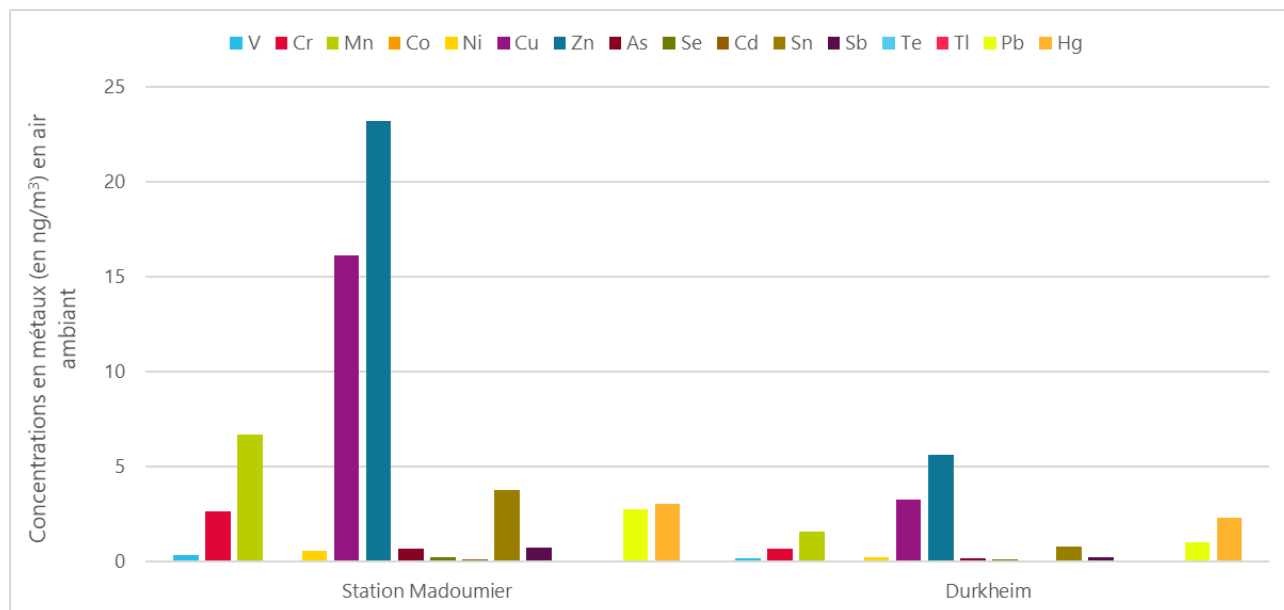


Figure 15 : concentrations en métaux dans l'air ambiant

L'évolution des concentrations de plusieurs des métaux prépondérants (manganèse, zinc, étain et cuivre) sont présentés dans les figures suivantes.

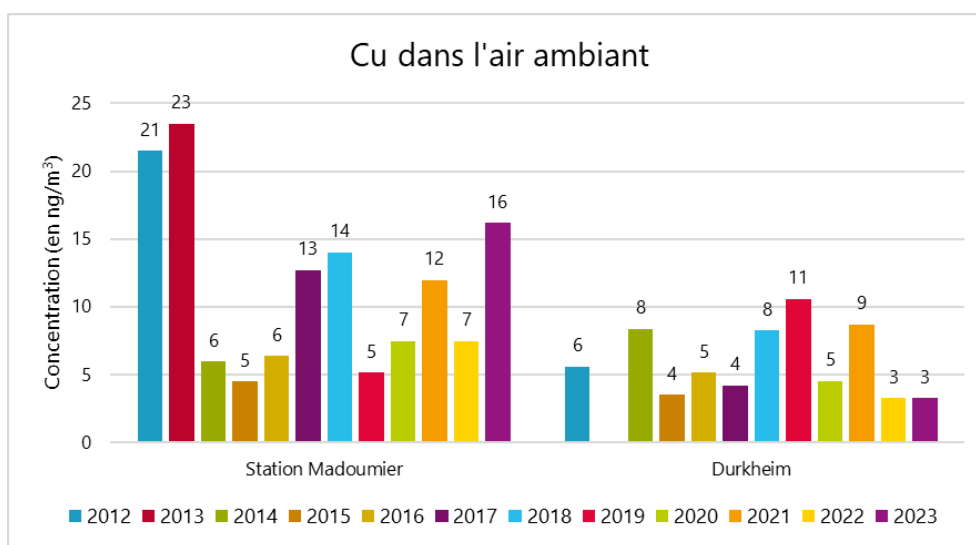


Figure 16 : évolution des concentrations en cuivre (Cu) en air ambiant

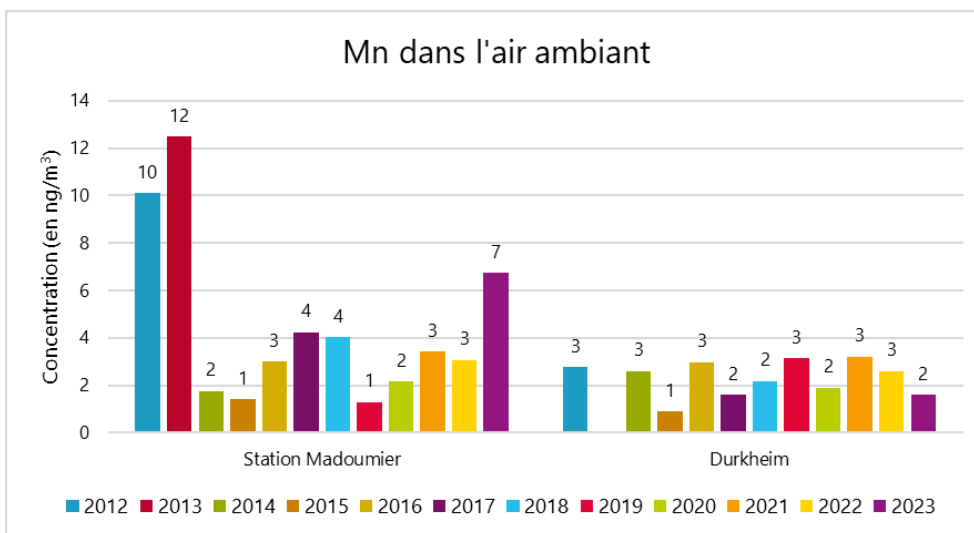


Figure 17 : évolution des concentrations en manganèse (Mn) en air ambiant

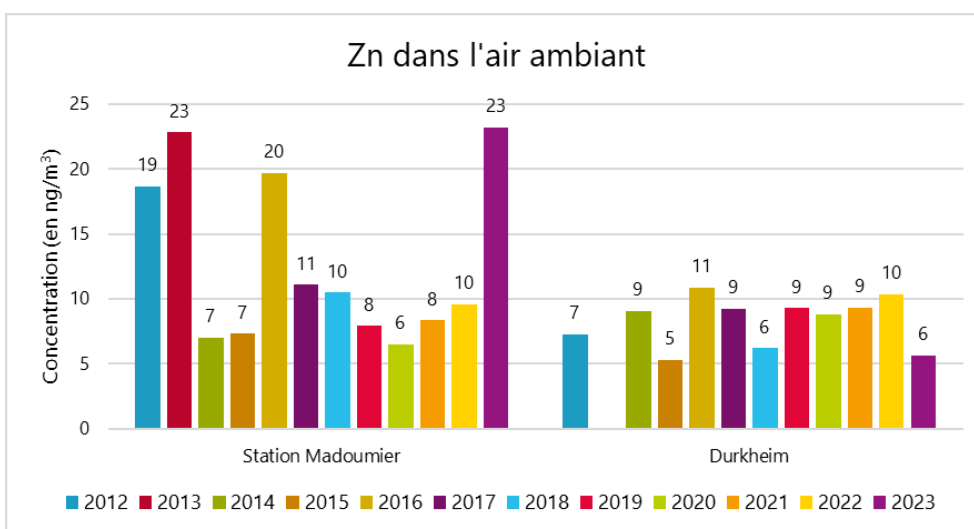


Figure 18 : évolution des concentrations en zinc (Zn) en air ambiant

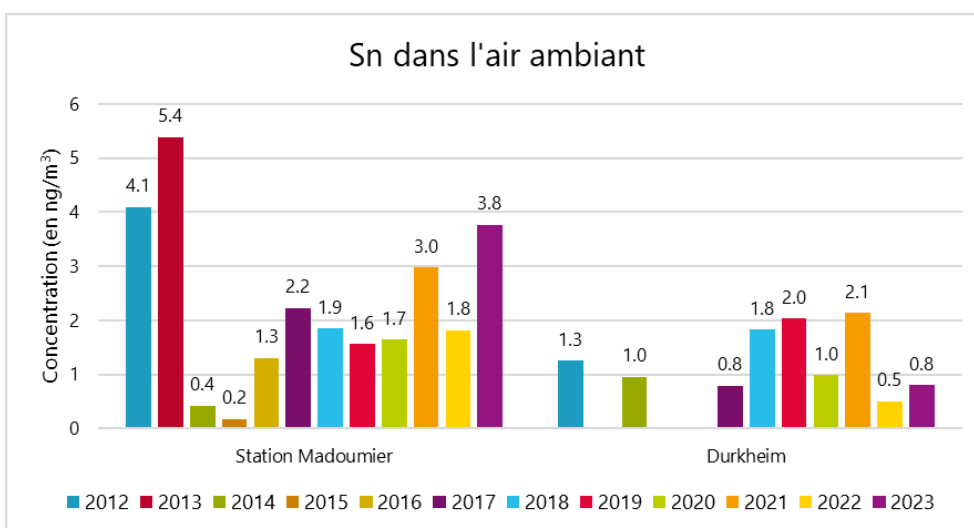


Figure 19 : évolution des concentrations en étain (Sn) en air ambiant

Pour ces quatre composés, on observe des concentrations plus élevées que les années précédentes sur le site « Madoumier » (sous les vents provenant de la direction de l'usine pendant 26% du temps), mais qui restent du même ordre de grandeur que des niveaux déjà mesurés par le passé. L'usine est possiblement à l'origine

de cette surconcentration. Les concentrations sur le site « Durkheim » (sous les vents provenant de la direction de l'usine pendant 11% du temps), sont inférieures à celles des années précédentes.

Analyse des blancs terrains :

Un blanc terrain a été réalisé sur chacun des deux sites durant la campagne de prélèvement. Les analyses montrent une contamination du filtre pour le chrome, le nickel et le zinc, pouvant aller entre 1 et 20% (cf. Tableau 21). Les concentrations relevées à « Madoumier » et « Durkheim » pour ces trois éléments sont donc potentiellement surestimées d'autant.

	Contamination du blanc terrain en % de la valeur du filtre exposé		
	Cr – Chrome	Ni – Nickel	Zn – Zinc
Madoumier – Blanc terrain	11 %	20 %	1 %
Durkheim – Blanc terrain	2 %	-	-

Tableau 21 : contamination des filtres blanc terrain – métaux lourds

5.3. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les HAP dans l'air ambiant ont été prélevés à raison de 24 heures de prélèvement toutes les 72 heures (soit 240 heures de fonctionnement). Les prélèvements sur le site « Madoumier » ont eu lieu entre le 02/02 et le 02/03/2023.

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

HAP	Concentrations (en ng/m ³)		Valeurs de référence (en ng/m ³)
	Madoumier	Durkheim	
Phénanthrène	0.06	0.07	-
Anthracène	0.02	0.02	-
Fluoranthène	0.31	0.35	-
Pyrène	0.11	0.14	-
Benzo(a)anthracène	0.20	0.24	-
Chrysène	0.43	0.41	-
Benzo(j)fluorantène	0.36	0.41	-
Benzo(b)fluorantène	0.55	0.57	-
Benzo(k)fluorantène	0.23	0.26	-
Benzo(a)Pyrène	0.34	0.42	1 (valeur cible)
Dibenzo(a,h)anthracène	0.02	0.03	-
Benzo(g,h,i)perylène	0.49	0.47	-
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0.58	0.60	-

Tableau 22 : concentrations moyennes sur la période d'échantillonnage des HAP en air ambiant

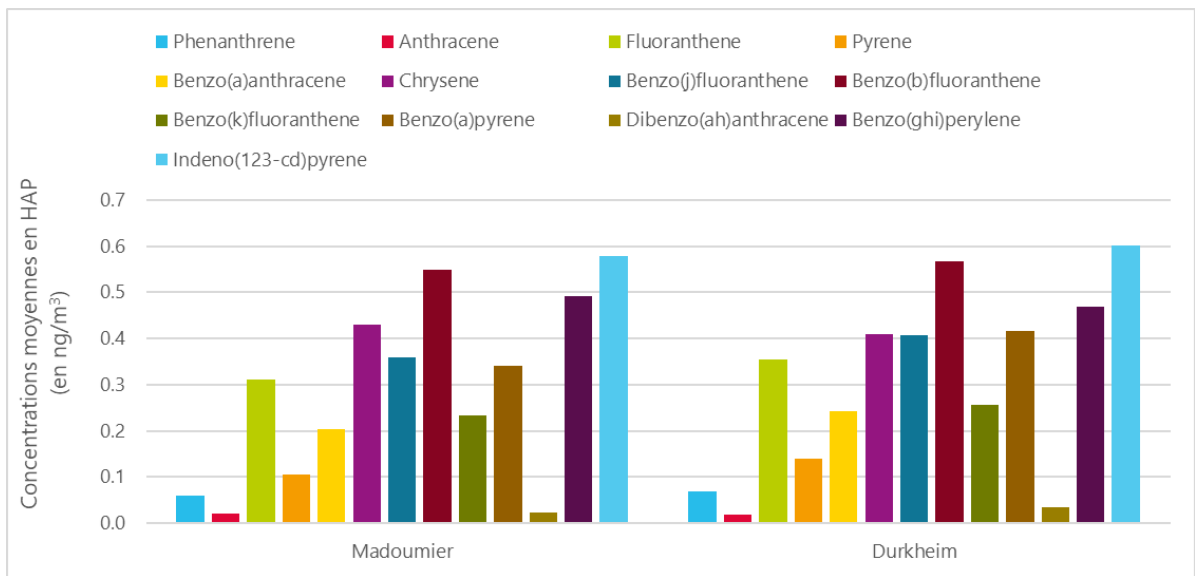


Figure 20 : concentrations moyennes sur la période d'échantillonnage des HAP en air ambiant

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

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

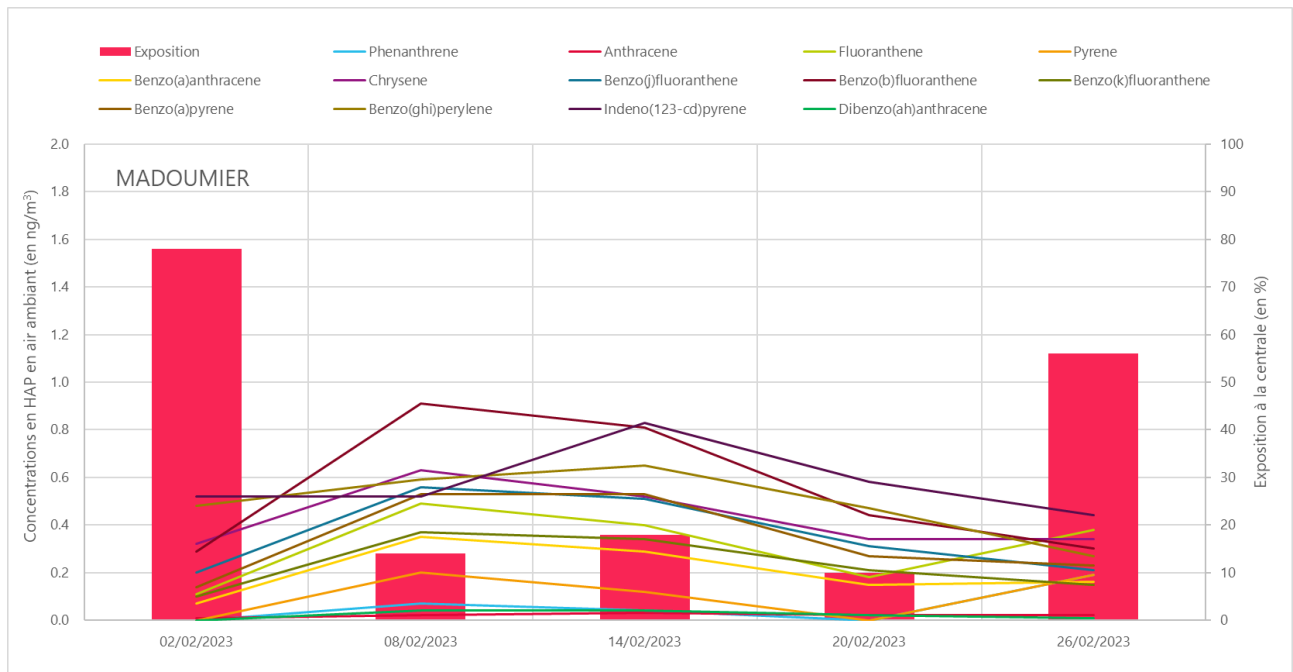


Figure 21 : détail des concentrations en HAP en air ambiant sur le site « Madoumier » (au regard de l'exposition)

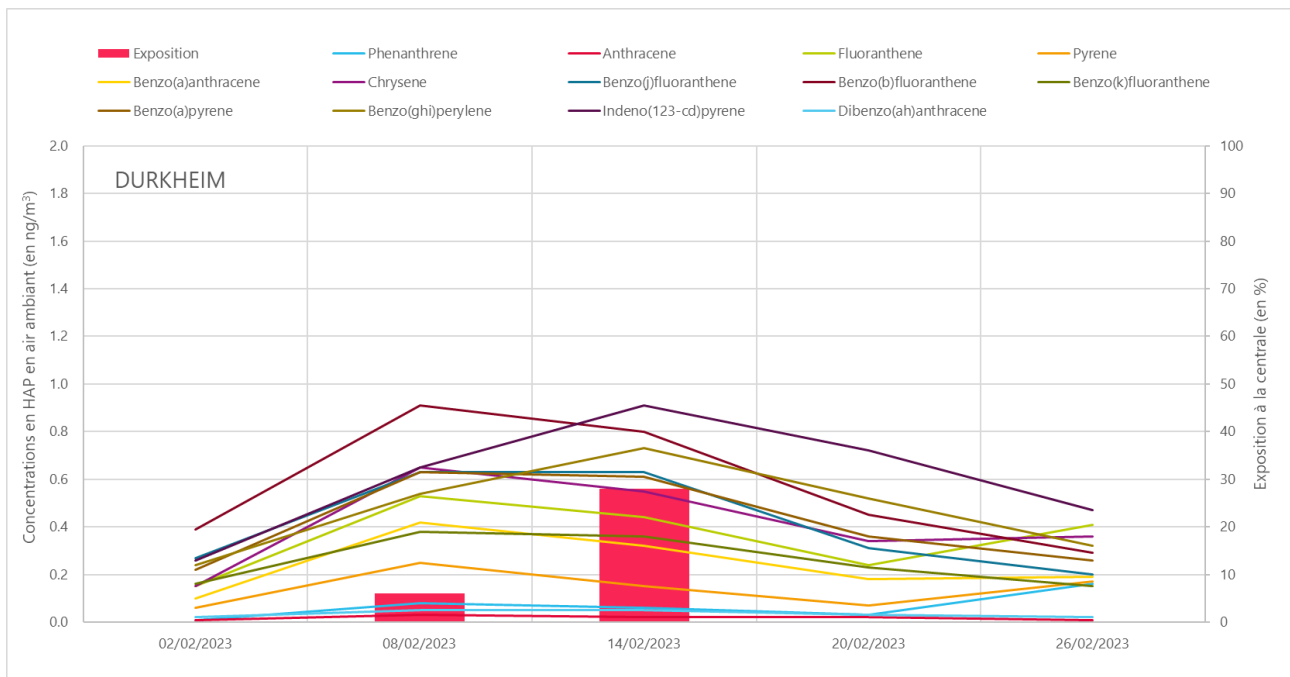


Figure 22 : détail des concentrations en HAP en air ambiant sur le site « Durkheim » (au regard de l'exposition)

Sur les deux sites « Madoumier » et « Durkheim », aucune corrélation n'est visible entre l'exposition du site et la concentration, ce qui ne permet pas de traduire un impact direct de la chaufferie sur les HAP.

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

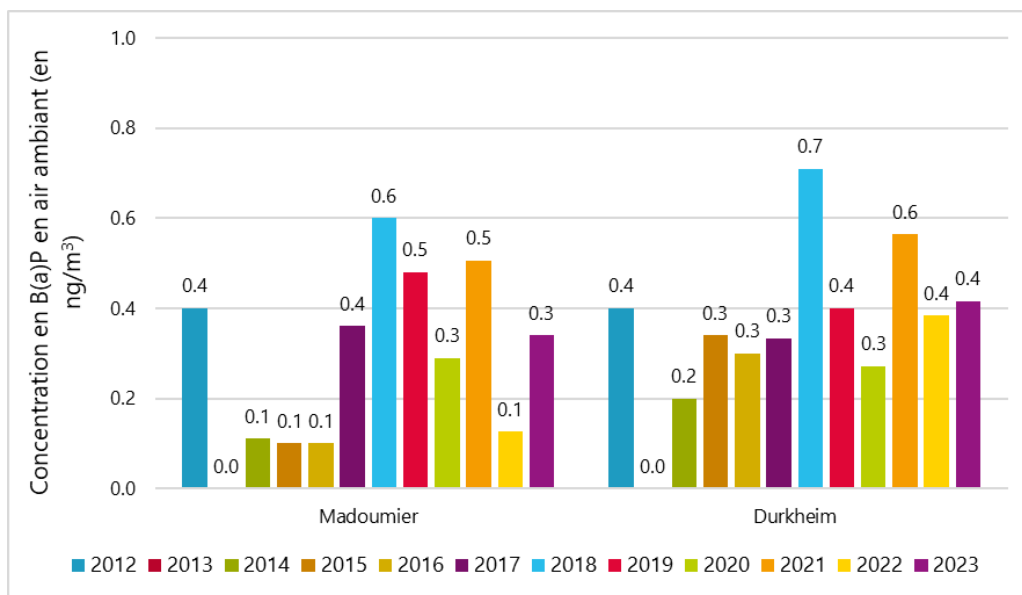


Figure 23 : évolution des concentrations en B(a)P en air ambiant depuis 2012

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

Analyse des blancs terrains :

Deux blancs terrains ont été réalisés sur « Madoumier » et « Durkheim ». Aucun des composés HAP n'a été détecté sur les blanc terrains.

5.4. Dioxyde d'azote (NO₂)

Le NO₂ a été mesuré de 2 façons différentes :

- en continu, avec des analyseurs automatiques, sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » du 01/02 au 08/03/2023,
- au moyen de tubes à diffusion passive sur les sites « Madoumier » et « Landouge » pendant 4 semaines du 01/02 au 01/03/2023. Le site « Landouge » est considéré comme le « site témoin » en dehors de toute influence de la centrale, situé en fond péri-urbain.

5.4.1. Mesure du NO₂ par tubes passifs

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

Sites	Concentrations NO ₂ (en µg/m ³)				
	01/02/2023	08/02/2023	15/02/2023	22/02/2023	Moyenne des 4 semaines
	08/02/2023	15/02/2023	22/02/2023	01/03/2023	
Madoumier	7	18	19	16	15
Landouge	7	15	17	14	13

Tableau 23 : concentrations hebdomadaires en NO₂ par tubes passifs

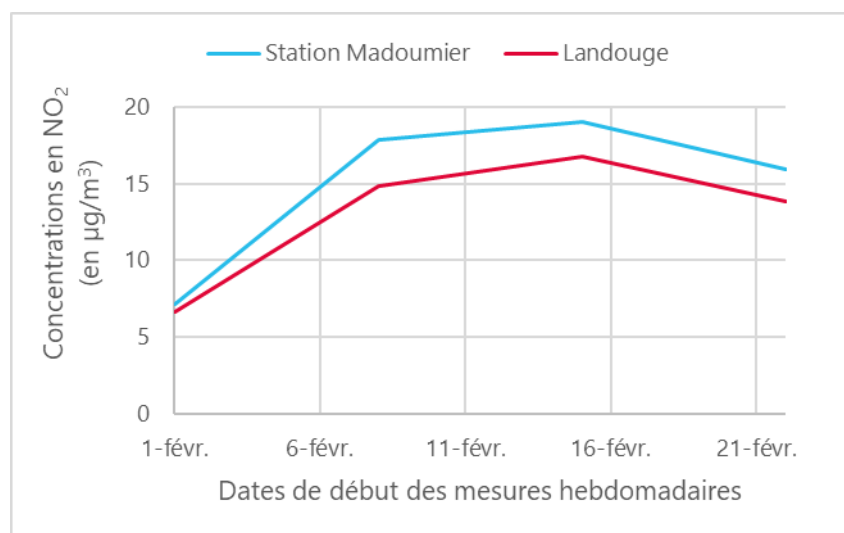


Figure 24 : évolution des concentrations moyennes en NO₂ au cours des 4 semaines de mesures

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

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

Le NO₂ est mesuré par tube à diffusion passive sur ces sites depuis 2012, ce qui permet d'avoir un historique conséquent (cf. Figure 25).

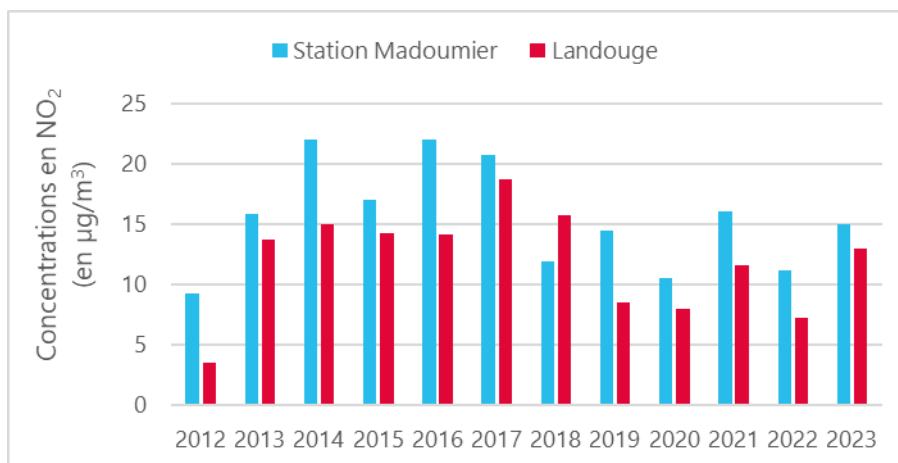


Figure 25 : évolution des concentrations en NO₂ depuis 2012

Les concentrations sur les deux sites sont globalement stables depuis le début des mesures.

5.4.2. Mesure du NO₂ par analyseurs automatiques

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

Concentrations en NO ₂ (en µg/m ³)	Concentrations (en µg/m ³)			
	Madoumier	Durkheim	Limoges pl. d'Aine (station trafic)	Limoges Berland (station fond urbain)
Moyenne	18	20	32	24
Nombre de dépassements du seuil limite horaire (200 µg/m³)	0	0	0	0

Tableau 24 : concentrations moyennes NO₂ – analyseurs automatiques

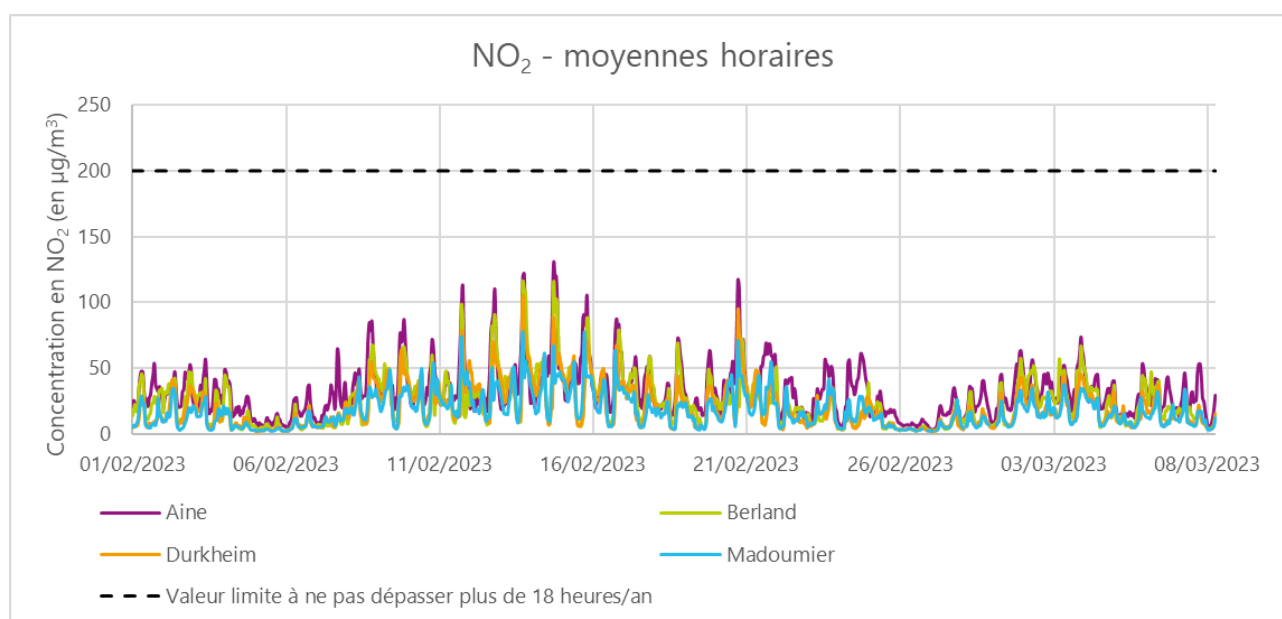


Figure 26 : concentrations en NO₂ (moyennes horaires)

L'évolution des concentrations au cours du temps est proche entre les deux stations de « Durkheim » et « Madoumier ». Ces concentrations sont proches bien qu'un peu inférieures à celles des niveaux de fond urbain

mesurés sur la station « Berland » à Limoges. Les concentrations mesurées sur « Madoumier » et « Durkheim » sont en revanche bien inférieures aux valeurs de la station trafic « Aine » de Limoges.

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

Les concentrations en NO₂ en moyennes journalières sont présentées dans la figure ci-dessous.

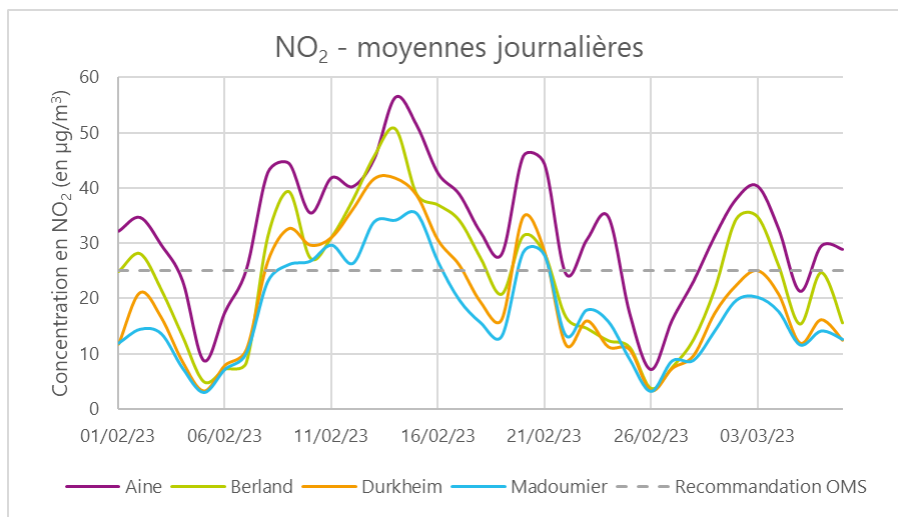


Figure 27 : concentrations en NO₂ (moyennes journalières)

La recommandation de l'OMS en moyenne journalière a été dépassée pendant 10 jours sur le site « Madoumier » et 12 jours sur le site « Durkheim ». Ce seuil a aussi été dépassé sur les stations de référence : 26 jours sur la station « Aine » et 17 jours sur la station « Berland », ce qui témoigne d'une pollution de fond.

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

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

Le profil moyen journalier des concentrations en NO₂ pendant la période de mesure est représenté dans la figure suivante.

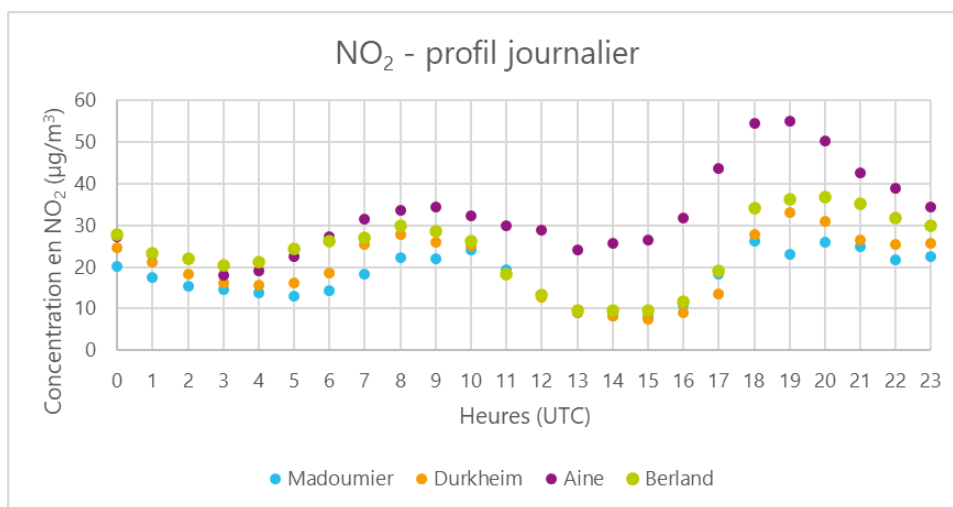


Figure 28 : profil moyen journalier du NO₂ (pendant la période de mesures)

Le NO₂ est un polluant principalement émis par le trafic routier. Le profil moyen journalier du NO₂ présente deux augmentations des concentrations le matin entre 6h et 10h UTC¹ puis le soir entre 16h et 20h UTC qui correspondent aux trajets « domicile-travail ». Ainsi le NO₂ sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » semble être influencé par le trafic routier environnant au même titre que les stations fixes « Aine » et « Berland ».

5.5. Dioxyde de soufre (SO₂)

Le SO₂ a été mesuré de 2 façons différentes.

- en continu, avec des analyseurs automatiques, du 01/02 au 08/03/2023,
- au moyen de tubes à diffusion passive sur les sites « Madoumier » et « Landouge » pendant 4 semaines du 01/02 au 01/03/2023. Le site « Landouge » est considéré comme le « site témoin » en dehors de toute influence de la centrale, situé en fond péri-urbain.

5.5.1. Mesure du SO₂ par tubes passifs

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

Sites	Concentrations SO ₂ (en µg/m ³)				
	01/02/2023	08/02/2023	15/02/2023	22/02/2023	Moyenne des 4 semaines
	08/02/2023	15/02/2023	22/02/2023	01/03/2023	
Madoumier	<LQ	0.2	0.3	0.4	0.3
Landouge	<LQ	0.2	<LQ	<LQ	0.1

Tableau 25 : concentrations hebdomadaires en SO₂ par tubes passifs

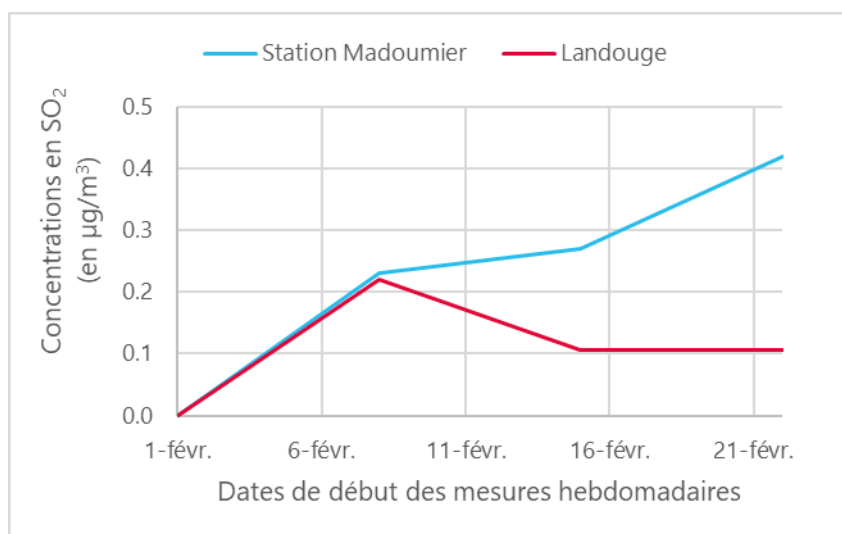


Figure 29 : évolution des concentrations moyennes en SO₂ au cours des 4 semaines de mesures

Les concentrations en SO₂ relevées sur les deux sites « Madoumier » et « Landouge » (site témoin) sont proches et globalement très faibles.

Le SO₂ est mesuré par tube à diffusion passive sur ces sites depuis 2012, ce qui permet d'avoir un historique conséquent (voir Figure 30).

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

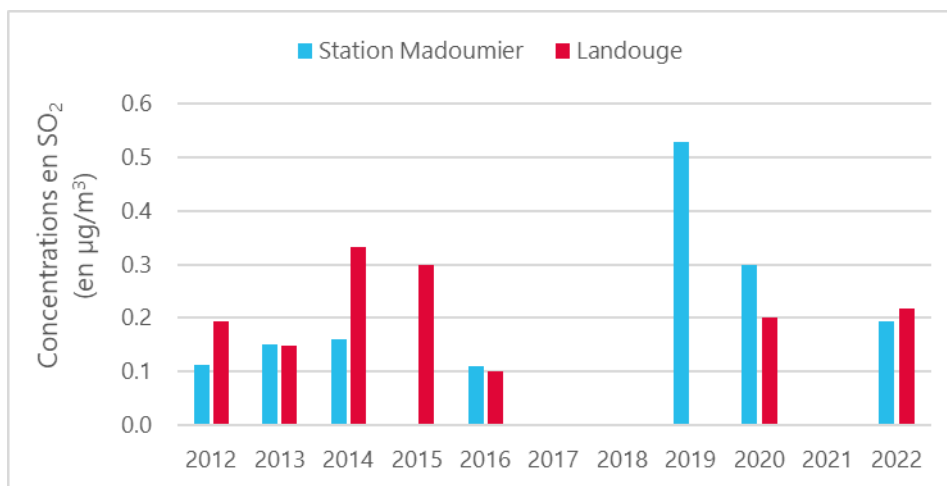


Figure 30 : évolution des concentrations en SO₂ depuis 2012

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

5.5.2. Mesure du SO₂ par analyseurs automatiques

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

Concentrations en SO ₂ (en µg/m ³)	Concentrations (en µg/m ³)			
	Madoumier	Durkheim	St Junien (fond urbain)	Saillat-sur-Vienne (station industrielle)
Moyenne	0.3	1.8	0*	0*
Nombre de dépassements du seuil limite horaire (350 µg/m³)	0	0	0	0

Tableau 26 : données de synthèse sur la campagne de mesure des SO₂

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

Les concentrations horaires et journalières en SO₂, pendant la période de mesure, sont présentées ci-dessous.

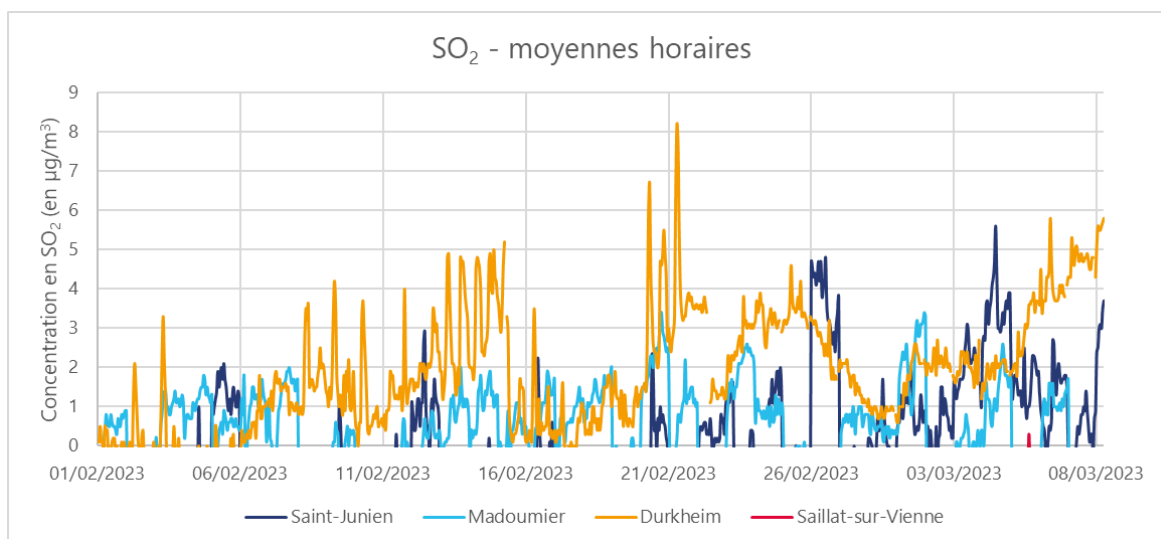


Figure 31 : évolution des concentrations en SO₂ pendant la période de mesures (moyennes horaires)

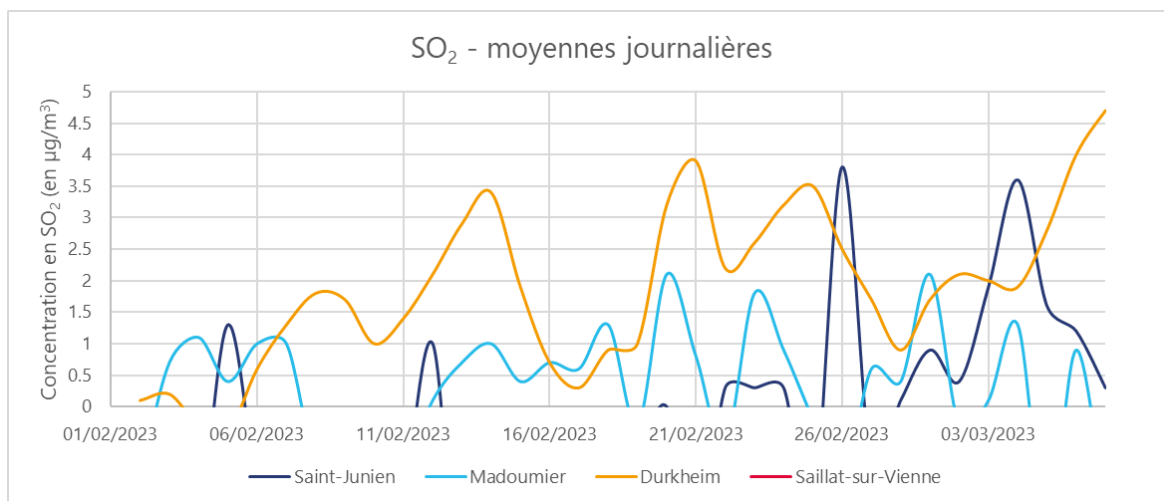


Figure 32 : évolution des concentrations en SO₂ pendant la période de mesures (moyennes journalières)

Les concentrations en SO₂ sur le site « Madoumier » sont du même ordre de grandeur que la station fixe de Saint-Junien (urbain sous influence de fond). Celles sur le site « Durkheim » sont un peu plus élevées.

Les concentrations horaires sont très largement inférieures au seuil limite horaire de 350 µg/m³ pendant la durée de la campagne.

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

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

5.6. Particules en suspension PM₁₀

Les PM₁₀ ont été mesurés en continu, avec des analyseurs automatiques, sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » (du 01/02 au 08/03/2023). Les valeurs moyennes des mesures en continu de PM₁₀ sont présentées dans le tableau suivant.

Concentrations en PM ₁₀ (en µg/m ³)	Concentrations (en µg/m ³)			
	Madoumier	Durkheim	Limoges pl. d'Aine (station trafic)	Limoges Berland (station fond urbain)
Moyenne	16	17	17	22
Nombre de dépassements de 50 µg/m³ en moyenne journalière	0	0	0	0

Tableau 27 : données de synthèse sur la campagne de mesure des PM₁₀

L'évolution de la concentration en PM₁₀, pendant la période de mesure, est présentée ci-dessous.

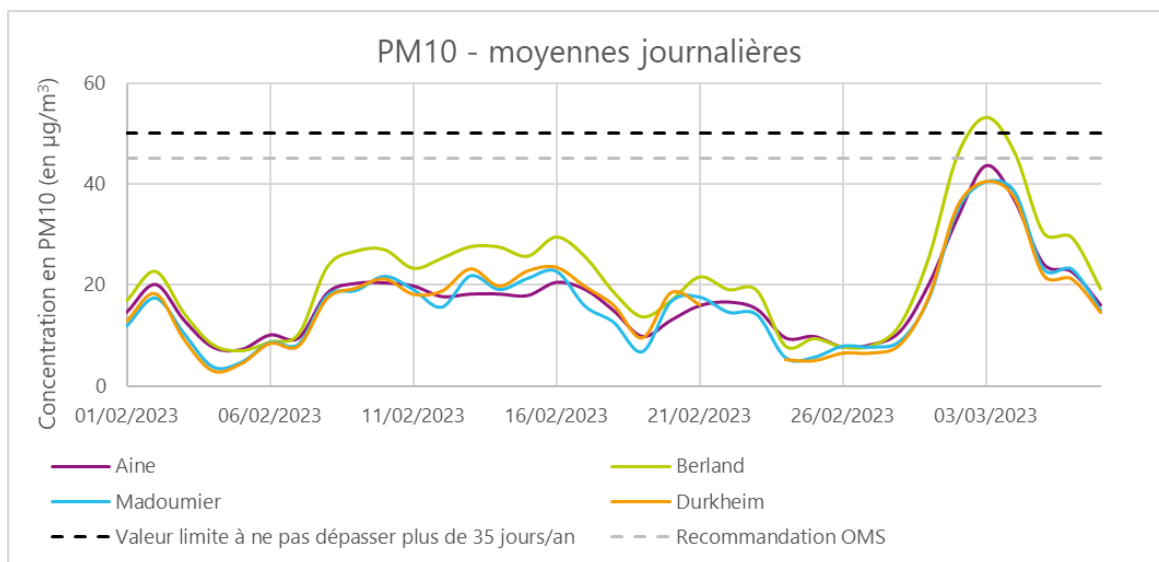


Figure 33 : évolution des concentrations en PM₁₀ au cours de la campagne de mesures (moyennes journalières)

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

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

A titre indicatif, les concentrations moyennes en PM₁₀ sont inférieures au seuil limite annuel de 40 µg/m³. Le seuil annuel recommandé par l'OMS de 15 µg/m³ a été dépassé sur les sites « Madoumier » et « Durkheim », mais aussi sur les stations de référence, ce qui témoigne d'une pollution de fond.

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

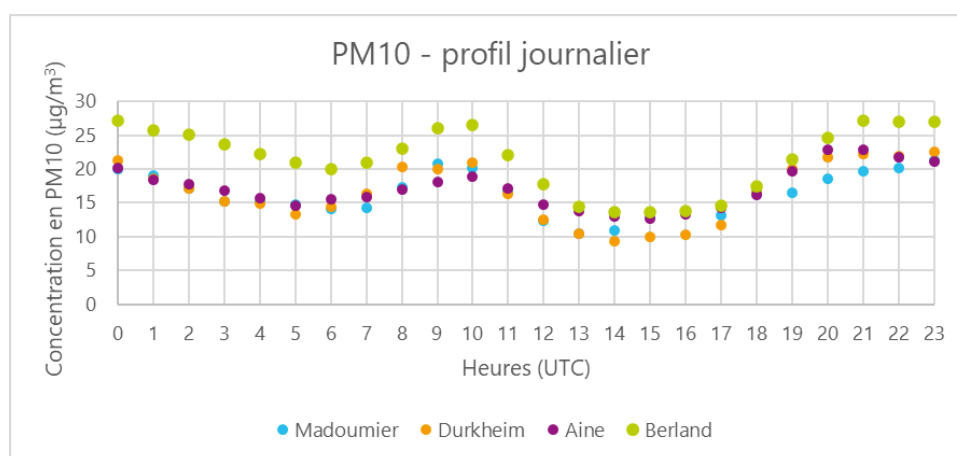


Figure 34 : profil moyen journalier des PM₁₀ pendant la période de mesures

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

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

5.7. Benzène

Le benzène a été mesuré au moyen de tubes à diffusion passive sur les sites les plus proches de la centrale pendant 4 semaines.

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

Sites	01/02/2023	08/02/2023	15/02/2023	22/02/2023	Moyenne
	08/02/2023	15/02/2023	22/02/2023	01/03/2023	
Madoumier	0.6	1.3	1.3	0.5	0.9
Durkheim	0.7	1.4	1.5	0.5	1.0
Landouge	0.6	1.1	0.9	0.6	0.8
Limoges Berland (station fond urbain)	Du 25/11 au 02/12/2021 = 0.8 µg/m³				

Tableau 28 : concentrations en benzène mesurées sur les tubes à diffusion passive

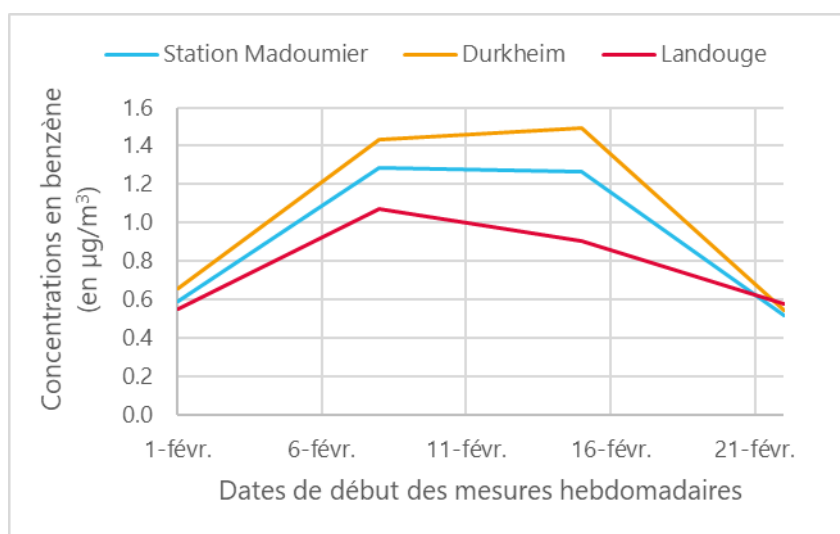


Figure 35 : évolution des concentrations moyennes en benzène au cours des 4 semaines de mesures

Les concentrations en benzène mesurées sur les différents sites pendant ces 4 semaines sont du même ordre de grandeur que celle mesurée en « routine » au niveau de la station « Berland » de Limoges (station de fond urbain), fin 2021.

A titre indicatif, les concentrations moyennes sur les 4 semaines de mesure sont inférieures à la seuil limite réglementaire (5 µg/m³ en moyenne annuelle) et à l'objectif de qualité annuel (2 µg/m³ en moyenne annuelle).

Les concentrations sont globalement stables au cours de la période de mesures.

Les concentrations mesurées sur les deux sites « Madoumier » et « Durkheim » sont du même ordre de grandeur que celles relevées sur le site témoin de « Landouge ».

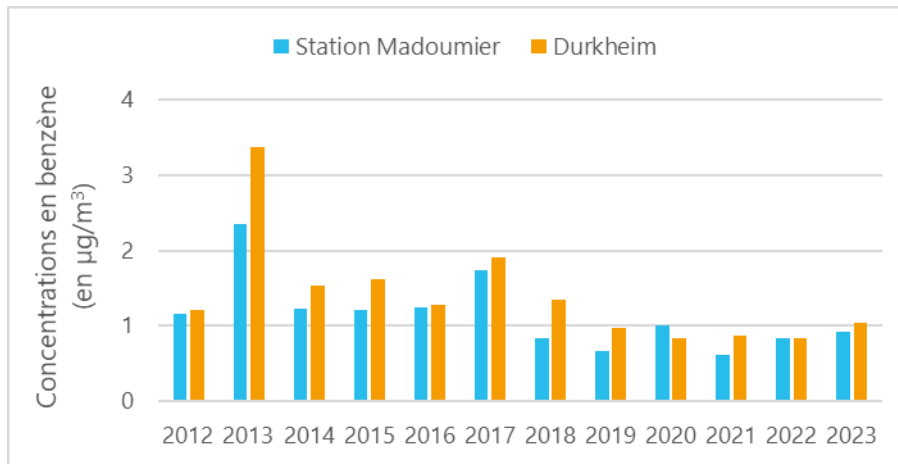


Figure 36 : évolution des concentrations en benzène depuis 2012

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

6. Conclusion

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes :

Dioxines et furanes

Retombées atmosphériques

- Les concentrations en dioxines-furanes dans les retombées atmosphériques sont du même ordre de grandeur que les années précédentes et restent faibles.

Air ambiant

- Les concentrations en 2,3,4,7,8-PeCDF sont plus élevées sur le site « Madoumier ». Ce site a été sous des vents en provenance de la direction de l'usine pendant 14 % du temps, elle est donc possiblement à l'origine de cette surconcentration. Les concentrations sont faibles sur les deux sites pour les autres congénères.
- Pour le site « Durkheim », les concentrations sont similaires à celles mesurées en 2022. Pour le site « Madoumier », les concentrations sont plus élevées qu'en 2022 mais restent bien inférieures aux concentrations les plus élevées mesurées en 2012, 2013 et 2018.

Métaux lourds

Retombées atmosphériques

- *A titre indicatif*, pour les métaux qui possèdent une valeur de référence, les concentrations relevées sont largement inférieures aux valeurs existantes.
- Les concentrations en zinc et en cuivre sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » sont supérieures à celles mesurées sur le site de référence « rue des Sapins ». Le site « Madoumier » a été exposé pendant 26% du temps aux vents provenant de la direction de l'usine, le site « Durkheim » 11%. L'usine est donc possiblement à l'origine de cette surconcentration. Pour les autres métaux mesurés, les concentrations sont similaires au site de référence « rue des Sapins ».
- Pour le manganèse, les concentrations sont plus élevées que les années précédentes sur les sites « Madoumier » et « Durkheim », mais restent bien inférieures aux concentrations maximales mesurées par le passé (573 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ sur le site « Madoumier » en 2016 et 91 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ sur le site « Durkheim » en 2018).
- Pour le zinc, les concentrations sont conformes à celles des années précédentes.

Air ambiant

- *A titre indicatif*, pour les métaux qui possèdent une valeur de référence, les concentrations mesurées dans les retombées sont largement inférieures à celles-ci.
- Pour ces quatre composés, on observe des concentrations plus élevées que les années précédentes sur le site « Madoumier » (sous les vents provenant de la direction de l'usine pendant 26% du temps), mais qui restent du même ordre de grandeur que des niveaux déjà mesurés par le passé. L'usine est possiblement à l'origine de cette surconcentration. Les concentrations sur le site « Durkheim » (sous les vents provenant de la direction de l'usine pendant 11% du temps), sont inférieures à celles des années précédentes.

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Air ambiant

- Sur les deux sites « Madoumier » et « Durkheim », aucune corrélation n'est visible entre l'exposition du site et la concentration, ce qui ne permet pas de traduire un impact de la chaufferie sur les HAP.
- *A titre indicatif*, les concentrations pour le B(a)P, seul HAP réglementé, sont inférieures à la valeur cible. Celles-ci sont du même ordre de grandeur que les années précédentes.

Dioxyde d'azote (NO₂)

Tubes passifs

- Les concentrations en NO₂ mesurées à la station « Madoumier » sont légèrement supérieures à celles mesurées sur le site de fond « Landouge », traduisant l'impact d'une source de combustion à proximité.

- *A titre indicatif*, les concentrations moyennes en NO₂ sont largement inférieures au seuil limite annuel (40 µg/m³).
- Les concentrations sur les deux sites, « Madoumier » et « Landouge », sont globalement stables depuis 2012.

Mesures automatiques

- Les concentrations moyennes en NO₂ sont équivalentes sur les deux sites « Durkheim » et « Madoumier ». Ces concentrations sont proches bien qu'un peu inférieures à celles des niveaux de fond urbain mesurés sur la station « Berland » à Limoges. Les concentrations mesurées sur « Madoumier » et « Durkheim » sont en revanche bien inférieures aux valeurs de la station trafic « Aine » de Limoges.
- Les concentrations moyennes horaires en NO₂ sont très largement inférieures au seuil limite horaire (200 µg/m³).
- La recommandation de l'OMS en moyenne journalière a été dépassée pendant 10 jours sur le site « Madoumier » et 12 jours sur le site « Durkheim ». Ce seuil a aussi été dépassé sur les stations de référence : 26 jours sur la station « Aine » et 17 jours sur la station « Berland », ce qui témoigne d'une pollution de fond.
- *A titre indicatif*, les concentrations moyennes en NO₂ sur l'ensemble de la durée de la campagne sont largement inférieures au seuil limite annuel (40 µg/m³).
- Le seuil annuel recommandé par l'OMS a été dépassé sur les deux sites « Madoumier » et « Durkheim », mais aussi sur les stations fixes « Aine » et « Berland ».

Dioxyde de soufre (SO₂)

Tubes passifs

- Les concentrations en SO₂ relevées sur les deux sites « Madoumier » et « Landouge » (site témoin) sont très proches et globalement faibles. Les concentrations sont négligeables sur l'ensemble des sites depuis 2012.

Mesures automatiques

- Les concentrations en SO₂ sur le site « Madoumier » sont du même ordre de grandeur que la station fixe de Saint-Junien (urbain sous influence de fond). Celles sur le site « Durkheim » sont un peu plus élevées.
- Les concentrations horaires sont très largement inférieures au seuil limite horaire de 350 µg/m³ pendant la durée de la campagne.
- Les concentrations journalières sont très largement inférieures au seuil limite journalier de 125 µg/m³. Elles sont également inférieures au seuil journalier recommandé par l'OMS de 40 µg/m³.
- *A titre indicatif*, les concentrations moyennes en SO₂ sur les deux sites sont très largement inférieures à l'objectif de qualité (50 µg/m³ en moyenne annuelle).

Particules en suspension (PM₁₀)

Mesures automatiques

- Pendant la campagne de mesures, les concentrations moyennes en PM₁₀ sont du même ordre de grandeur entre les sites « Madoumier » et « Durkheim ». Elles sont également du même ordre de grandeur que les niveaux observés sur la station fixe de fond urbain « Berland » et sur la station trafic « Aine ».
- Les concentrations moyennes journalières en PM₁₀ sont inférieures au seuil limite journalier (50 µg/m³). Elles sont également inférieures au seuil journalier recommandé par l'OMS (45 µg/m³).
- *A titre indicatif*, les concentrations moyennes en PM₁₀ sont inférieures au seuil limite annuel (40 µg/m³). Le seuil annuel recommandé par l'OMS de 15 µg/m³ a été dépassé sur les sites « Madoumier » et « Durkheim », mais aussi sur les stations de référence, ce qui témoigne d'une pollution de fond.

Benzène

Tubes passifs

- Les concentrations en benzène mesurées sur les différents sites pendant quatre semaines sont du même ordre de grandeur que celles mesurées en « routine » au niveau de la station « Berland » (station de fond urbain) en 2021.
- *A titre indicatif*, les concentrations moyennes sont inférieures au seuil limite réglementaire (5 µg/m³ en moyenne annuelle) et à l'objectif de qualité annuel (qui est de 2 µg/m³ en moyenne annuelle).

- Les concentrations en benzène les plus élevées ont été observées en 2013 sur les deux sites « Madoumier » et « Durkheim ». Depuis 2014 les concentrations en benzène sur ces deux sites de mesures sont stables.

Annexes

Annexe 1 : Dioxines – Furanes

Présentation

Les dioxines sont issues des processus de combustion naturels (faible part) et industriels faisant intervenir des mélanges chimiques appropriés (chlore, carbone, oxygène) soumis à de fortes températures, comme dans la sidérurgie, la métallurgie et l'incinération.

Le terme «dioxine» regroupe deux grandes familles, les PolyChloroDibenzoDioxines (PCDD) et les PolyChloroDibenzoFuranes (PCDF), faisant partie de la classe des hydrocarbures aromatiques polycycliques halogénés (HAPH). Leurs structures moléculaires très proches contiennent des atomes de carbone (C), de chlore (Cl), d'oxygène (O), combinés autour de cycles aromatiques. Les PCDD contiennent 2 atomes d'oxygène contre un seul pour les PCDF.

En fonction du nombre et des positions prises par les atomes de Chlore sur les cycles aromatiques, il existe 75 congénères de PCDD et 135 de PCDF. Leurs caractéristiques physicochimiques et leurs propriétés cumulatives et toxiques dépendent fortement de leurs degrés de chloration, avec une affinité plus forte pour les lipides (très liposolubles) que pour l'eau (peu hydrosolubles). Leurs toxicités augmentent ainsi avec le nombre d'atomes de chlore présent sur leurs cycles aromatiques, pour atteindre un maxima pour les composés en position 2,3,7,8 (7 congénères PCDD et 10 congénères PCDF, soit 4 atomes de chlore). La toxicité diminue ensuite fortement dès 5 atomes de chlore (l'OCDD est 1 000 fois moins toxique que la 2,3,7,8-TCDD).

Les dioxines sont répandues essentiellement par voie aérienne et retombent sous forme de dépôt. Elles sont très peu assimilables par les végétaux et sont faiblement biodégradables (10 ans de demi-vie pour la 2,3,7,8-TCDD). Les dioxines peuvent ensuite remonter dans la chaîne alimentaire en s'accumulant dans les graisses animales (œufs, lait, ...). En se fixant au récepteur intracellulaire Ah (arylhydrocarbon), les dioxines peuvent provoquer à 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 comme substance cancérigène pour l'homme). Les valeurs limites d'exposition professionnelle des composés recherchés et /ou analysés durant cette étude sont données dans le tableau suivant à titre d'information, les mesures réalisées lors de cette campagne n'entrant pas dans le cadre d'une exposition professionnelle.

Calcul de toxicité

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

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

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

Il existe deux systèmes d'équivalence toxique :

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

système, utilisé entre autres pour les mesures dans les aliments. C'est le système utilisé pour la mesure dans les lichens, les légumes et le lait de vache.

Les 17 congénères étudiés avec leur TEF correspondants :

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

* L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a organisé, en 2005, un atelier d'experts sur la réévaluation des facteurs d'équivalence toxique (TEF) qu'elle avait définis en 1998.

Concentrations nettes des dioxines-furanes dans les retombées atmosphériques

Les jauges de dépôt en verre ont été exposées pendant 1 mois du 01/02 au 01/03/2023, soit environ 720 heures. 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)

Sont reportés ci-après les totaux des familles d'homologues, en séparant ceux de la grande famille des dioxines (PCDD = TCDD + PeCDD + HxCDD + HpCDD + OCDD), et ceux formant la grande famille des furanes (PCDF = TCDF + PeCDF + HxCDF + HpCDF + OCDF).

Congénères	Concentrations nettes (en pg/m ² /j)		
	Madoumier	Durkheim	Rue des Sapins
TCDD	<LQ	<LQ	<LQ
PeCDD	<LQ	<LQ	<LQ
HxCDD	<LQ	<LQ	<LQ
HpCDD	18	8	<LQ
OCDD	50	19	9
PCDD	68 < Total < 159	27 < Total < 118	9 < Total < 107
TCDF	<LQ	<LQ	<LQ
PeCDF	<LQ	<LQ	<LQ
HxCDF	50	117	<LQ
HpCDF	<LQ	<LQ	<LQ
OCDF	3	2	1
PCDF	52 < Total < 114	119 < Total < 180	1 < Total < 9

concentrations nettes de dioxines-furanes dans les retombées
(<LQ = inférieur aux limites de quantification)

Concentrations nettes des dioxines-furanes en air ambiant

Les dioxines-furanes ont été prélevées en air ambiant du 01 au 08/02/2023 sur le site « Durkheim », puis du 08 au 15/02/2023 sur le site « Madoumier ».

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)

Sont reportés ci-après les totaux des familles d'homologues, en séparant ceux de la grande famille des dioxines (PCDD = TCDD + PeCDD + HxCDD + HpCDD + OCDD), et ceux formant la grande famille des furanes (PCDF = TCDF + PeCDF + HxCDF + HpCDF + OCDF).

Congénères	Concentrations nettes (en fg/m ³)	
	Madoumier	Durkheim
TCDD	94	21
PeCDD	93	29
HxCDD	102	67
HpCDD	115	108
OCDD	115	65
PCDD	519	290
TCDF	261	78
PeCDF	163	29
HxCDF	106	29
HpCDF	50	17
OCDF	16	5
PCDF	597	157

concentrations nettes des dioxines-furanes en air ambiant (< LQ = inférieure aux limites de quantification)

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
17 180 Périgny

Pôle Limoges
Parc Ester Technopole - 35 rue Soyouz
87 068 Limoges Cedex

