

Cogénération bois

SDCL / DALKIA

Plan de surveillance de la qualité de l'air - 2021

Période de mesure : 08/12/2021 au 12/01/2022

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

Référence : IND_EXT_21_385

Version finale du : 20/04/2023

Ce rapport annule et remplace la version du : 22/03/2022

Auteur(s) : E. PALKA
Contact Atmo Nouvelle-Aquitaine :
E-mail : contact@atmo-na.org
Tél. : 09 84 200 100

Titre : Cogénération bois SDCL / DALKIA - Plan de surveillance de la qualité de l'air - 2021

Reference : IND_EXT_21_385

Version : finale du 20/04/2023 - Ce rapport annule et remplace la version du : 22/03/2022

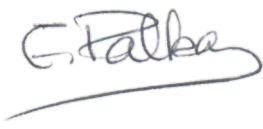


Délivré à : DALKIA Limoges Biomasse SDCL - 38 rue Jules Ladoumègue 87000 Limoges

Affaire suivie par : E. PALKA

Selon offre n° : IND_EXT_21_385

Modifications apportées sur ce rapport : Correction d'erreurs sur les concentrations en métaux Mn et Zn dans les retombées atmosphériques en 2018 et sur les concentrations moyennes en NO₂ mesurées par tubes passifs en 2020.

Nombre de pages : 58 (couverture comprise)

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	Emilie PALKA	Cyril HUE	Rémi FEUILLADE
Qualité	Ingénieure d'études	Responsable du service Etudes	Directeur délégué production/exploitation
Visa		 Rémi Feuillade	

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.

A 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'aura pas donnée 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

Sommaire

1. Introduction et contexte	12
2. Polluants suivis et méthodes de mesure	12
2.1. Dioxines (PCDD) et furanes (PCDF)	12
2.2. Métaux lourds	13
2.3. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	15
2.4. Dioxyde d'azote (NO ₂)	16
2.5. Dioxyde de soufre (SO ₂)	17
2.6. Particules en suspension (PM10)	18
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 , PM10 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	24
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	30
5.1. Dioxines et furanes	30
5.1.1. Dioxines-furanes dans les retombées atmosphériques	30
5.1.2. Dioxines-furanes en air ambiant	32
5.2. Métaux	34
5.2.1. Métaux dans les retombées atmosphériques	34
5.2.2. Métaux en air ambiant	36
5.3. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	39
5.3.1. Analyse des blancs terrains de HAP	41
5.4. Dioxyde d'azote (NO ₂)	41
5.4.1. NO ₂ (prélèvements passifs)	42
5.4.2. NO ₂ (analyse en continu)	43
5.5. Dioxyde de soufre (SO ₂)	45
5.5.1. SO ₂ (prélèvements passifs)	45
5.5.2. SO ₂ (analyse en continu)	45
5.6. Particules en suspension (PM10)	47
5.7. Benzène	48
6. Conclusion	50

Annexes

Dioxines – Furanes	52
Dioxines – Furanes : Calculs de toxicité.....	53
Concentrations nettes des dioxines-furanes dans les retombées atmosphériques	54
Concentrations nettes des dioxines-furanes en air ambiant.....	55
Dioxines – Furanes : synthèse nationale.....	56

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 08/12/2021 et le 12/01/2022.....	27
Figure 6 : Evolution des précipitations et de la température à Limoge Bellegarde (08/12/2021 et le 12/01/2022)	27
Figure 7 : Répartition entre dioxines et furanes dans les retombées en I-TEQ	31
Figure 8 : Evolution des concentrations en I-TEQ des dioxines-furanes dans les retombées	31
Figure 9 : Concentrations des dioxines-furanes en équivalent toxique en air ambiant.....	33
Figure 10 : Evolution des concentrations en I-TEQ des dioxines-furanes dans l'air ambiant	33
Figure 11 : Concentrations en métaux dans les retombées	34
Figure 12 : Evolution des concentrations en cuivre (Cu) dans les retombées.....	35
Figure 13 : Evolution des concentrations en manganèse (Mn) dans les retombées	35
Figure 14 : Evolution des concentrations en zinc (Zn) dans les retombées	35
Figure 15 : Concentrations en métaux dans l'air ambiant.....	37
Figure 16 : Evolution des concentrations en cuivre (Cu) en air ambiant.....	37
Figure 17 : Evolution des concentrations en manganèse (Mn) en air ambiant	37
Figure 18 : Evolution des concentrations en zinc (Zn) en air ambiant	38
Figure 19 : Evolution des concentrations en étain (Sn) en air ambiant	38
Figure 20 : Concentrations moyennes sur la période d'échantillonnage des HAP en air ambiant.....	39
Figure 21 : Détails des concentrations en HAP en air ambiant sur le site « Madoumier » (au regard de l'exposition).....	40
Figure 22 : Détails des concentrations en HAP en air ambiant sur le site « Durkheim » (au regard de l'exposition).....	40
Figure 23 : Evolution des concentrations en B(a)P en air ambiant depuis 2012	41
Figure 24 : Evolution des concentrations moyennes en NO ₂ au cours des 4 semaines de mesures.....	42
Figure 25 : Evolution des concentrations en NO ₂ depuis 2012.....	42
Figure 26 : Concentrations en NO ₂ (moyennes journalières).....	43
Figure 27 : Concentrations en NO ₂ (moyennes journalières).....	44
Figure 28 : Profil moyen journalier du NO ₂ (pendant la période de mesures)	44
Figure 29 : Evolution des concentrations en SO ₂ depuis 2012.....	45
Figure 30 : Evolution des concentrations en SO ₂ pendant la période de mesures (moyennes horaires)	46
Figure 31 : Evolution des concentrations en PM10 au cours de la campagne de mesures (moyennes journalières)	47
Figure 32 : Profil moyen journalier des PM10 pendant la période de mesures	48
Figure 33 : Evolution des concentrations moyennes en benzène au cours des 4 semaines de mesures	49
Figure 34 : Evolution des concentrations en benzène depuis 2012.....	49

Table des tableaux

Tableau 1 : Valeurs de référence pour les dépôts en moyenne annuelle (en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$).....	14
Tableau 2 : Valeurs réglementaires pour les métaux en air ambiant.....	15
Tableau 3 : Synthèse des moyennes annuelles pour les métaux en air ambiant dans le Limousin	15
Tableau 4 : Synthèse des moyennes annuelles pour le B(a)P dans le Limousin	16
Tableau 5 : Synthèse des résultats pour le NO_2 dans le Limousin.....	17
Tableau 6 : Synthèse des résultats du SO_2 en Limousin	18
Tableau 7 : Synthèse des résultats en PM_{10} en Limousin.....	19
Tableau 8 : Synthèse des résultats en BTEX en Limousin	20
Tableau 9 : Matériel et méthodes de mesure.....	22
Tableau 10 : Sites de mesure	24
Tableau 11 : Dates et matériels de mesure de la campagne	26
Tableau 12 : Taux d'exposition des 5 sites de mesures à la centrale de cogénération	28
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	28
Tableau 14 : Détails des taux d'exposition des sites à la centrale de cogénération durant les prélèvements actifs de HAP	28
Tableau 15 : Taux d'exposition des 5 sites de mesures à la centrale de cogénération	29
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	29
Tableau 17 : Concentrations en équivalent toxique des 17 congénères dans les retombées.....	30
Tableau 18 : Concentrations en équivalent toxique des 17 congénères en air ambiant.....	32
Tableau 19 : Concentrations en métaux dans les retombées (< LQ = inférieur aux limites de quantification). 34	
Tableau 20 : Concentrations en métaux dans l'air ambiant	36
Tableau 21 : Contamination des filtres blanc terrain – métaux lourds.....	38
Tableau 22 : Concentrations moyennes sur la période d'échantillonnage des HAP en air ambiant	39
Tableau 23 : Analyse des blancs terrains des prélèvements de HAP	41
Tableau 24 : Concentrations hebdomadaires en NO_2 par tubes passifs	42
Tableau 25 : Concentrations moyennes NO_2 – analyseurs automatiques	43
Tableau 26 : Concentrations hebdomadaires en SO_2 par tubes passifs	45
Tableau 27 : Données de synthèse sur la campagne de mesure des SO_2	46
Tableau 28 : Données de synthèse sur la campagne de mesure des PM_{10}	47
Tableau 29 : Concentrations en benzène mesurées sur les tubes à diffusion passives.....	48

Unités de mesures :

fg :	femtogramme (1 millionième de milliardième de gramme, 1 fg = 10 ⁻¹⁵ g)
I-TEQ :	Indicateur équivalent toxique
µg :	microgramme (1 millionième de gramme, 1 µg = 10 ⁻⁶ g)
µg/m ² /j :	microgramme par mètre carré et par jour
mg/m ² /j :	milligramme par mètre carré et par jour
ng :	nanogramme (1 milliardième de gramme, 1 ng = 10 ⁻⁹ 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 pg = 10 ⁻¹² 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
Cr (VI) :	Chrome hexavalent
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)
PM2.5 :	Particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 2.5 µm
PM10 :	Particules 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
TU :	Temps Universel
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 industrielle : représente l'exposition maximale sur les zones soumises directement à une pollution d'origine industrielle.

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

Station urbaine : représente l'air respiré par la majorité des habitants au cœur de l'agglomération. Ces stations sont placées en ville, hors de l'influence immédiate et directe d'une voie de circulation ou d'une installation industrielle.

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.

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 en suspension (PM10).

A ce titre, une nouvelle campagne de mesures a été réalisée entre décembre 2021 et janvier 2022. L'objectif des mesures est d'évaluer l'impact des émissions des activités de la centrale biomasse sur son environnement pour l'année 2021, de suivre l'évolution des concentrations des différents polluants par rapport aux années passées.

Les principales conclusions qui découlent de cette étude sont les suivantes :

Pour les dioxines-furanes, les concentrations dans les retombées atmosphériques sont du même ordre de grandeur que les années précédentes et restent faibles. Il en est de même pour les concentrations mesurées dans l'air ambiant.

Pour les métaux lourds qui possèdent une valeur de référence dans les retombées atmosphériques, les concentrations relevées sont largement inférieures à celles-ci, à *titre indicatif*. Par rapport au site témoin, les valeurs des deux sites exposés (« Madoumier » et « Durkheim ») sont plus élevées pour le manganèse. Depuis 2018, des concentrations plus élevées en cuivre sont observées sur les sites étudiés et le site témoin.

Pour les métaux lourds qui possèdent une valeur de référence dans l'air ambiant, les concentrations mesurées sont également inférieures à celles-ci, à *titre indicatif*. Pour tous les métaux étudiés, les concentrations relevées sont du même ordre de grandeur en 2021 que pour les années passées.

Pour les HAP dans l'air ambiant, aucune corrélation n'est visible entre l'exposition des sites « Madoumier » et « Durkheim » 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 Benzo(a)Pyrène, seul HAP réglementé, sont inférieures à la valeur cible. Celles-ci sont également du même ordre de grandeur que les années précédentes.

Pour le dioxyde d'azote, les concentrations mesurées par tubes passifs sur 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 en NO₂ mesurées par tubes passifs sont largement inférieures à la valeur limite annuelle (40 µg/m³). Les concentrations sur les deux sites, « Madoumier » et « Landouge », sont globalement stables depuis 2012.

Les concentrations en NO₂ mesurées par analyseurs automatiques sont équivalentes sur les deux sites « Durkheim » et « Madoumier » et inférieures à celles mesurées sur la station de fond urbain « Berland » et sur la station trafic « Aine ». Les concentrations sont largement inférieures à la valeur limite en moyenne horaire (200 µg/m³). La recommandation de l'OMS en moyenne journalière a été dépassée pendant 4 jours sur le site « Madoumier » et pendant 7 jours sur le site « Durkheim ». Ce seuil a aussi été dépassé sur les stations de référence : 24 jours sur la station « Aine » et 14 jours sur la station « Berland », ce qui témoigne d'une pollution de fond. A *titre indicatif*, les concentrations en NO₂ mesurées par analyseurs automatiques sont largement inférieures à la valeur limite annuelle (40 µg/m³). 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 ».

Les concentrations en SO₂ relevées par tubes passifs sur les deux sites « Madoumier » et « Landouge » sont toutes inférieures aux limites de quantification. Les concentrations sont négligeables sur l'ensemble des sites depuis 2012.

Celles mesurées par analyseur automatique sur le site de « Madoumier » sont du même ordre de grandeur que la station fixe de Saint-Junien (urbaine sous influence de fond), et celles sur le site « Durkheim » que la

station fixe de Saillat-sur-Vienne (station péri-urbaine sous influence industrielle). Les concentrations horaires sont largement inférieures au seuil d'alerte ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et au seuil d'information/recommandations ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$). *A titre indicatif*, les concentrations en SO_2 sur les deux sites sont largement inférieures à l'objectif de qualité annuel ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). De plus, le seuil journalier recommandé par l'OMS ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est respecté.

Les concentrations moyennes en particules PM10 mesurées sur « Madoumier » et « Durkheim » sont du même ordre de grandeur que les niveaux observés sur la station fixe de fond urbain « Berland » et sur la station trafic « Aine ». La valeur limite journalière ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est respectée. Il en est de même pour le seuil journalier recommandé par l'OMS ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$). *A titre indicatif*, les concentrations moyennes en PM10 sont inférieures à la valeur limite annuelle ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Le seuil annuel recommandé par l'OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été dépassé sur les sites « Madoumier » et « Durkheim », mais aussi sur les stations fixes « Aine » et « Berland », ce qui témoigne d'une pollution de fond.

Pour le benzène, les concentrations mesurées par tubes passifs sont soit du même ordre de grandeur soit inférieures à celle mesurée en « routine » au niveau de la station « Berland ». *A titre indicatif*, la valeur limite réglementaire annuelle ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et l'objectif de qualité annuel ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ont été respectés en moyenne, sur la période de mesure. 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 2 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 2021.

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

Réglementation 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 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)

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

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 Résultats (en ng/m ³)	Polluants	Maximum hebdomadaire relevé (depuis 2013)	Moyennes annuelles (à raison de 13 semaines d'échantillonnage réparties dans l'année)							
			2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Palais sur Vienne Station péri- urbaine de fond	As	1	0.3	0.4	0.3	0.4	0.6	0.6	0.5	0.7
	Cd	24.8	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	4.3	4.9	5.0
	Ni	11.1	0.3	1.2	0.5	0.4	1.0	3.5	3.2	7.2
	Pb	7.8	0.9	1.4	1.0	2.0	2.0	2.3	2.4	3.0
Guéret (Nicolas) Station urbaine de fond	As	0.6	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	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2
	Ni	2.23.1	0.3	0.7	0.7	0.4	0.7	0.9	0.8	1.0
	Pb	4.8	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

Le bilan pour l'année 2021 n'est pas encore disponible.

A la station de 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 2020 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 naphthalène) et ils peuvent facilement s'absorber sur les matières organiques. De toxicité très variable, certains HAP sont faiblement toxiques, alors que d'autres sont des cancérigènes reconnus comme le Benzo(a)Pyrène, dont l'abréviation est : B(a)P.

Effets sur l'environnement

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

Réglementation 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 Résultats (en ng/m ³)	Maximum quotidien relevé (depuis 2013)	Moyennes annuelles en ng/m ³ (à raison de 120 jours d'échantillonnage répartis dans l'année)							
		2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Limoges (place d'Aine) Station urbaine trafic	0.69				0.20	0.10	0.16	0.14	0.12
Limoges (Presidial) Station urbaine de fond	0.10			0.10					
Saillat-sur-Vienne (I. Paper) Station péri-urbaine industrielle	0.66	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

Le bilan pour l'année 2021 n'est pas encore disponible.

L'ensemble des concentrations mesurées de 2013 à 2020 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 concernant le NO₂

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010	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 Résultats (en µg/m ³)	Maximum horaire relevé (en 2021)	Nb d'heures > 200 µg/m ³ (en 2021)	Moyennes annuelles en µg/m ³								
			2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
BRIVE (fond urbain)	74	0	11	11	13	14	16	17	16	15	16
GUERET (fond urbain)	112	0	9	8	13	12	12	16	15	15	17
LIMOGES (trafic)	127	0	21	21	27	26	28	28	30	34	34
LIMOGES (fond urbain)	114	0	14	13	16	16	18	20	21	20	21
SAILLAT (industriel)	36	0	5	6	6	6	10	8	9	11	9
ST-JUNIEN (fond urbain)	51	0	5	5	6	7	9	9	10	10	13
TULLE (fond urbain)	57	0	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 2021 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 concernant le SO₂

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010	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 décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010	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 Résultats (en µg/m ³)	Maximum horaire relevé (en 2021)	Nb d'heures > 350 µg/m ³ (en 2021)	Moyennes annuelles en µg/m ³								
			2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
SAILLAT (industriel)	38	0	1	2	1	-	1	0	1	1	0
ST-JUNIEN (fond urbain)	6	0	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 2021 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 concernant les PM10

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010	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 décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010	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 Résultats (en µg/m ³)	Maximum journalier relevé (en 2021)	Nb de jours > 50 µg/m ³ (en 2021)	Moyennes annuelles en µg/m ³								
			2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
BRIVE (fond urbain)	46	0	16	12	15	-	18	15	19	21	16
GUERET (fond urbain)	51	1	10	11	12	12	14	13	16	15	17
LIMOGES (trafic)	50	0	14	12	16	12	11	14	17	16	18
LIMOGES (fond urbain)	67	2	14	12	13	14	11	14	15	13	17
PALAIS s/ VIENNE (fond péri-urbain)	53	1	12	12	11	12	12	11	13	12	14
SAILLAT (industriel)	51	1	14	14	18	17	16	18	18	16	19
ST-JUNIEN (fond urbain)	45	0	13	13	14	13	15	14	17	17	19
TULLE (fond urbain)	43	0	11	12	13	12	11	15	18	16	14

Tableau 7 : Synthèse des résultats en PM10 en Limousin

Sur l'année 2021, 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 également été respectée.

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 cancérigènes (le benzène est classé comme cancérigène).

Effets sur l'environnement

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

Valeur de référence concernant le benzène en air ambiant (décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010)

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

Résultats (en µg/m ³)	Polluants	Maximum hebdoma daire relevé (depuis 2013)	Moyennes annuelles (à raison de 13 semaines d'échantillonnage réparties dans l'année)							
			2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Limoges (place d'Aine) Station urbaine trafic	benzène	1.8			1.1	1.1	1.4	1.3	1.3	1.3
	toluène	4.2			1.7	1.8	2.7	2.9	3.3	3.2
	éthylbenzène	0.7			0.3	0.3	0.5	0.4	0.5	0.5
	m/p-xylènes	2.0			0.7	0.8	1.4	1.4	1.8	1.8
	o-xylène	0.9			0.4	0.5	0.7	0.6	0.8	0.9
Limoges (Berland) Station urbaine de fond	benzène	1.5	0.9	0.7						
	toluène	22.4	3.0	0.9						
	éthylbenzène	0.7	0.2	0.2						
	m/p-xylènes	1.5	0.5	0.4						
	o-xylène	0.7	0.2	0.2						
Guéret (Nicolas) Station urbaine de fond	benzène	1.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.9	0.8	0.6	0.8
	toluène	4.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.4	1.1	1.2	1.2
	éthylbenzène	0.4	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
	m/p-xylènes	1.17	0.4	0.4	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.9
	o-xylène	0.57	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4


Tableau 8 : Synthèse des résultats en BTEX en Limousin

Le bilan pour l'année 2021 n'est pas encore disponible.
L'ensemble des concentrations mesurées de 2013 à 2020 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 (PM10 ; PM2.5)	

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 EN 15841 - Méthode normalisée pour la détermination des dépôts d'arsenic de cadmium, de nickel et de plomb NF X43-014 - Détermination des retombées atmosphériques totales - Échantillonnage - Préparation des échantillons avant analyses
Concentration en mercure		NF EN 15853 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 Partisol Plus) suivant un débit d'échantillonnage régulé de 1 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-envol de poussières sur le lieu de prélèvement.

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



Figure 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.

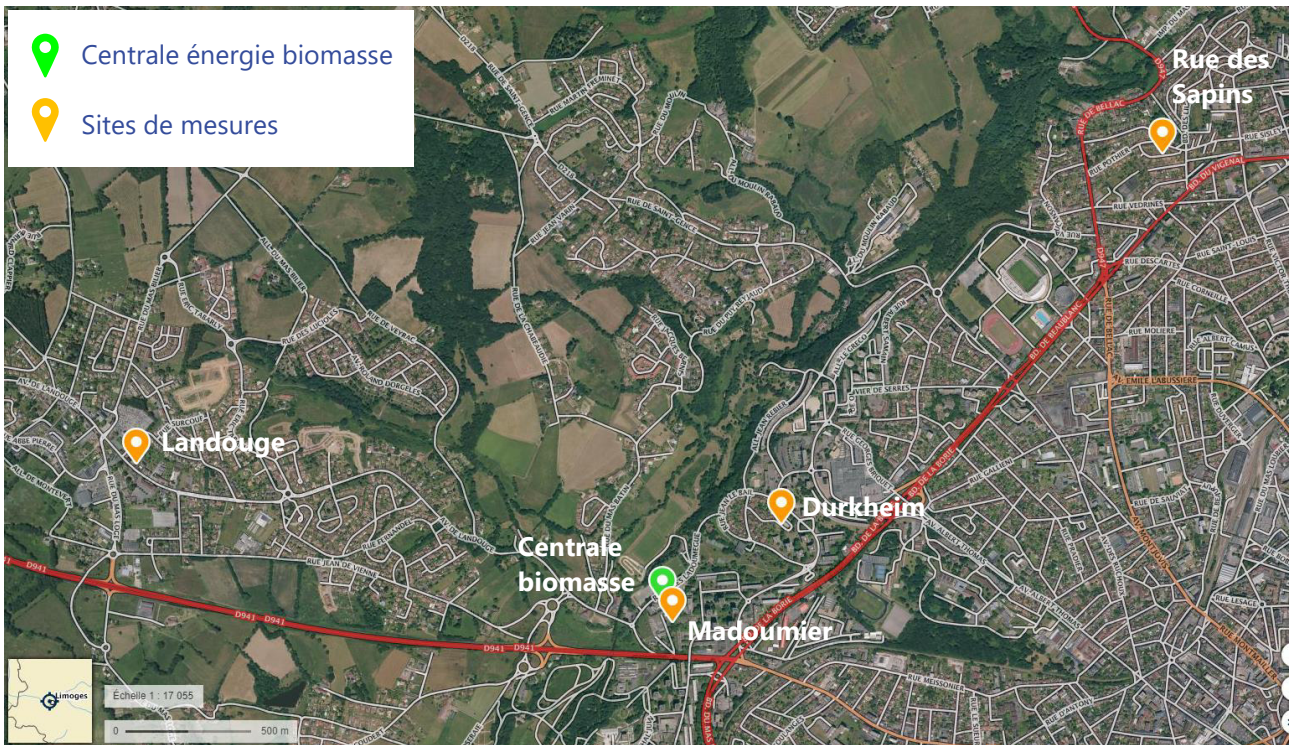


Figure 4 : Carte de situation (Source : Géoportail)

Le matériel de mesure ainsi que les dates où ont été réalisées les mesures sont rassemblés dans le tableau suivant.

Polluants	Matrice de prélèvement	Sites	Dates de prélèvement
Dioxines-furanes	Air ambiant (préleveur haut volume)	Madoumier	08 au 15/12/2021
		Durkheim	15 au 22/12/2021
	Retombées atmosphériques (jauges en verre)	Madoumier	08/12/2021 au 05/01/2022
		Durkheim	
Rue des Sapins			
Métaux lourds (hors Mercure)	Air ambiant (préleveur haut volume)	Madoumier	08 au 15/12/2021
		Durkheim	15 au 22/12/2021
	Retombées atmosphériques (jauges en PEHD)	Madoumier	08/12/2021 au 05/01/2022
		Durkheim	
Rue des Sapins			
Mercure	Air ambiant (tube actif Hydrar)	Madoumier	08 au 22/12/2021
		Durkheim	
	Retombées atmosphériques (jauges en verre)	Madoumier	08/12/2021 au 05/01/2022
		Durkheim	
Rue des Sapins			
HAP	Air ambiant (préleveurs bas volume)	Madoumier	09/12/2021 au 06/01/2022
		Durkheim	18/12/2021 au 03/01/2022 puis du 05 au 09/01/2022
NO₂	Analyseurs automatiques	Madoumier	08/12/2021 au 12/01/2022
		Durkheim	
	Tubes passifs (Gradko)	Madoumier Landouge (témoin)	08/12/2021 au 05/01/2022
SO₂	Analyseurs automatiques	Madoumier	08/12/2021 au 12/01/2022
		Durkheim	
	Tubes passifs (Radiello 166)	Madoumier Landouge (témoin)	08/12/2021 au 05/01/2022
PM10	Analyseurs automatiques	Madoumier	09/12/2021 au 11/01/2022
		Durkheim	
Benzène	Tubes passifs (Radiello 145)	Madoumier	08/12/2021 au 05/01/2022
		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 08/12/2021 au 12/01/2022.

Pourcentage des occurrences par direction & classe de vent

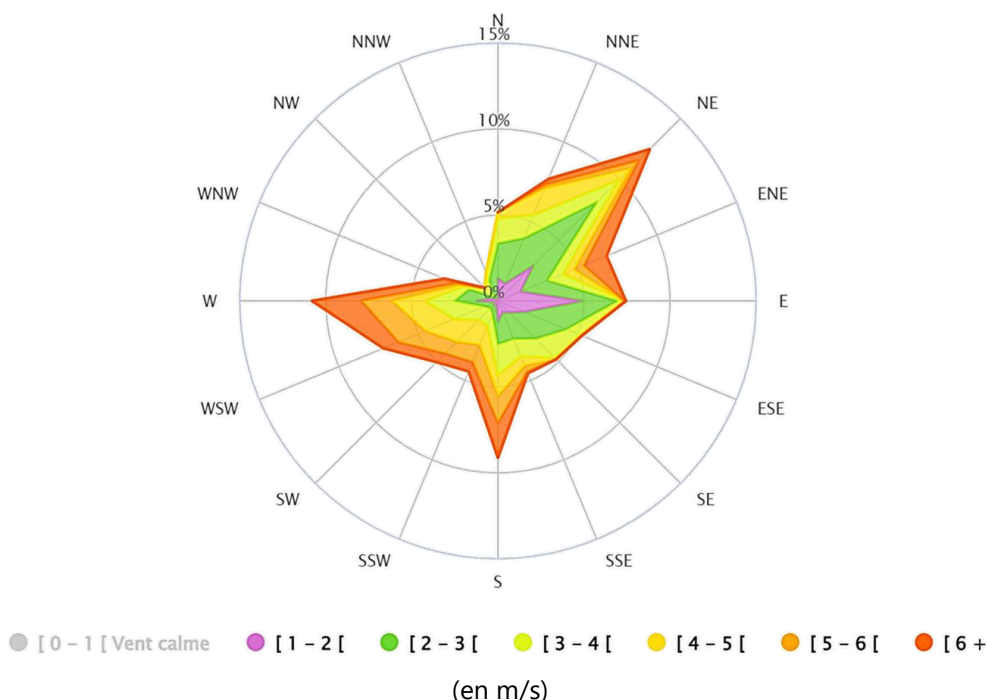


Figure 5 : Rose des vents de la station Météo-France « Limoges » entre le 08/12/2021 et le 12/01/2022

Pendant la période de mesure, les vents provenaient en majorité de l'Ouest, du Sud et du secteur Nord-Est à Est (sens horaire).

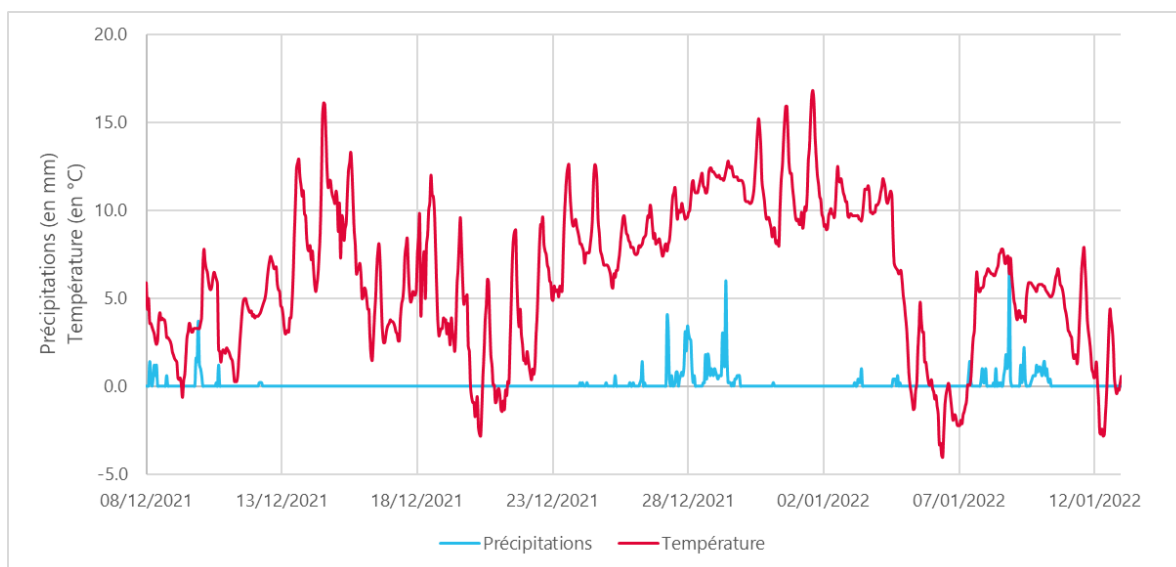


Figure 6 : Evolution des précipitations et de la température à Limoge Bellegarde (08/12/2021 et le 12/01/2022)

Pendant la période de mesures, les précipitations ont été abondantes (le cumul est de 128 mm). Les précipitations peuvent contribuer à faire baisser les concentrations de polluants dans l'air ambiant. La température moyenne pendant la période est de 6°C. Les températures maximales et minimales atteintes sont respectivement 17°C et -4°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 08/12/2021 au 12/01/2022		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	13	128	6
Durkheim	30		
Sapins	27		
Landouge	28		

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

Le site de « Madoumier » a été peu exposé aux vents en provenance de la centrale de cogénération. Les autres sites ont, eux, été 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 08 au 15/12/2021			Du 15/01/2021 au 22/12/2022		
	Expo en %	Précipitation en mm	Température en °C	Expo en %	Précipitation en mm	Température en °C
Madoumier	17	250	6	-	-	-
Durkheim	-	-	-	26	232	6

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

Les deux sites ont été correctement exposés.

		Prélèvements de HAP en air ambiant			
		Exposition des sites (%)		Précipitation en mm	Température en °C
		Madoumier	Durkheim		
09/12/21	10/12/22	17	26	244	6
12/12/21	13/12/22	17	26	233	6
15/12/21	16/12/22	17	26	232	6
18/12/21	19/12/22	17	27	232	6
21/12/21	22/12/22	17	28	232	6
24/12/21	25/12/22	18	29	232	6
27/12/21	28/12/22	18	29	228	6
30/12/21	31/12/22	19	-	164	6
02/01/22	03/01/22	0	60	0	10
05/01/22	06/01/22	100	0	0	1
08/01/22	09/01/22	-	92	15	7

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

Pour la période du 02 au 03/01/2022 pour le site « Madoumier » et du 05 au 06/01/2022 pour le site « Durkheim », ces deux sites n'ont pas été exposés aux rejets de l'installation.

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 08/12/2021 au 12/01/2022		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	13	128	6
Durkheim	30		

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

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

Les taux d'exposition des 4 sites de mesures 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 08/12/2021 au 05/01/2022		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	8	90	7
Durkheim	27		
Sapins	26		
Landouge	31		

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

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

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 08/12/2021 au 05/01/2022. Les concentrations nettes de dioxines et furanes sont présentées en annexe.

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. Comme en 2019, les concentrations les plus faibles sont observées sur le site « Madoumier » qui est le site le plus proche de la centrale.

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 : 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>	<i>0.18</i>	<i>0.18</i>
1,2,3,7,8-PeCDD	1	<i>0.18</i>	<i>0.18</i>	<i>0.18</i>
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	<i>0.01</i>	<i>0.02</i>	<i>0.03</i>
OCDD	0.001	0.00	0.00	0.01
2,3,7,8-TCDF	0.1	0.02	0.02	0.02
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	<i>0.02</i>	<i>0.02</i>	<i>0.02</i>
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	<i>0.18</i>	<i>0.18</i>	<i>0.18</i>
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	<i>0.04</i>	<i>0.1</i>	<i>0.14</i>
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	<i>0.01</i>	<i>0.02</i>	<i>0.03</i>
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.01	0.01	0.01
OCDF	0.001	0	0	0
TOTAL	-	0.86	0.96	1.01

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)

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.

Au regard des concentrations mesurées ailleurs en France sur différentes typologies de sites (cf. Annexe), les résultats de la présente étude sont cette année encore très faibles.

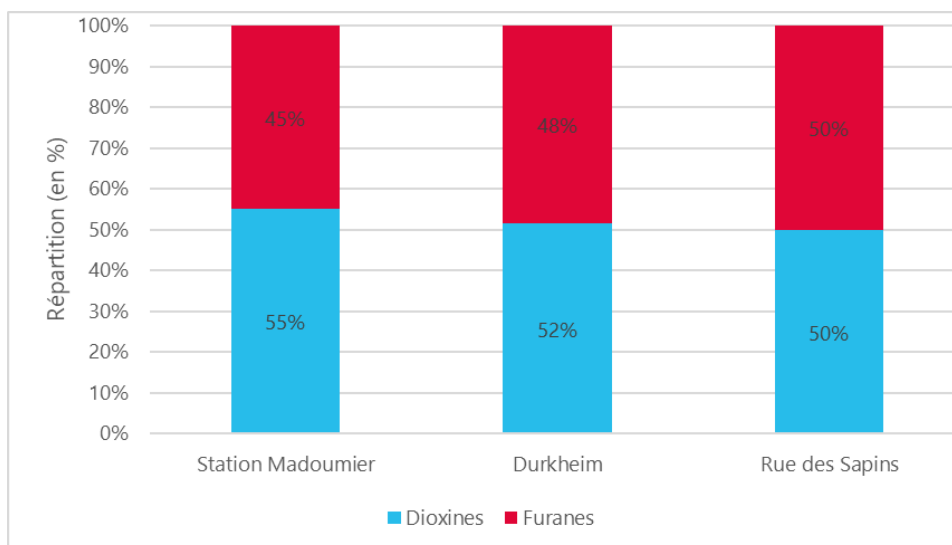


Figure 7 : Répartition entre dioxines et furanes dans les retombées en I-TEQ

Comme les années précédentes, les dioxines sont légèrement prépondérantes par rapport aux furanes (en I-TEQ), pour les sites « Madoumier » et « Durkheim ».

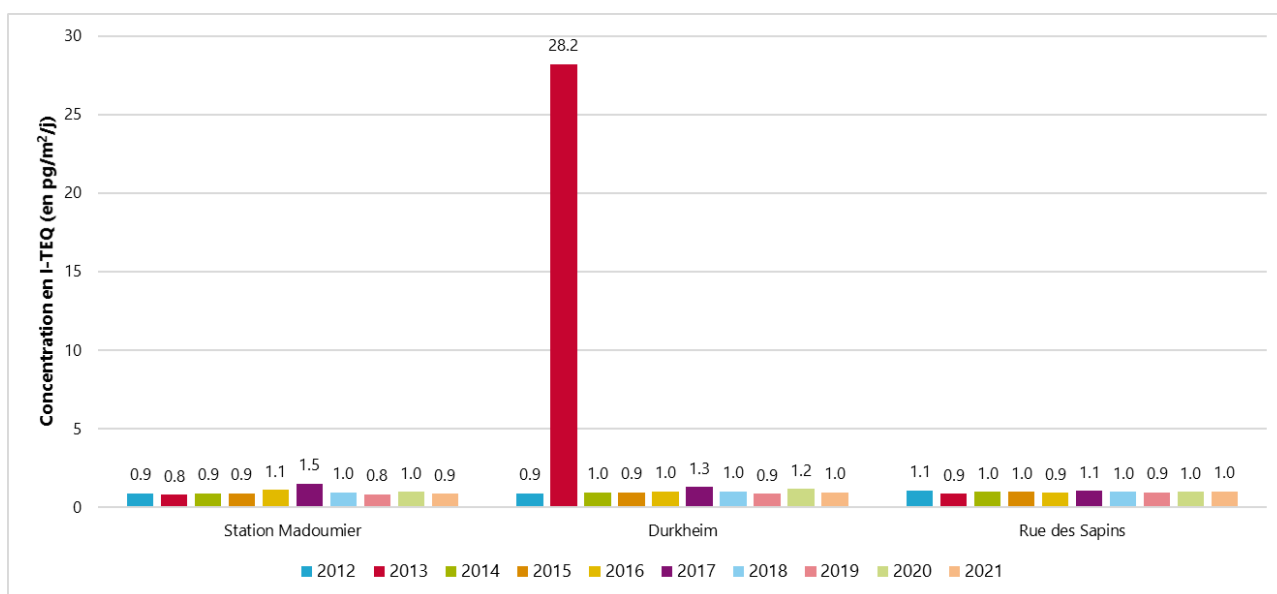


Figure 8 : Evolution des concentrations en I-TEQ des dioxines-furanes dans les retombées

Les concentrations en I-TEQ observées en 2021 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 sur filtres par un préleveur haut volume du 08 au 15/12/2021 sur le site « Madoumier » puis du 15 au 22/12/2021 sur le site « Durkheim ».

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

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 : 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	<i>1.19</i>	0.19
1,2,3,7,8-PeCDD	1	<i>1.77</i>	0.73
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.30	0.25
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.91	0.58
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.89	0.81
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.87	0.62
OCDD	0.001	0.15	0.10
2,3,7,8-TCDF	0.1	<i>0.18</i>	0.36
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	<i>0.12</i>	0.12
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	<i>1.24</i>	2.49
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	<i>0.22</i>	0.37
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	<i>0.20</i>	0.30
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	0.59	0.47
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	<i>0.24</i>	0.13
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.28	0.16
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.05	0.02
OCDF	0.001	0.03	0.01
TOTAL	-	9.22	7.72

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)

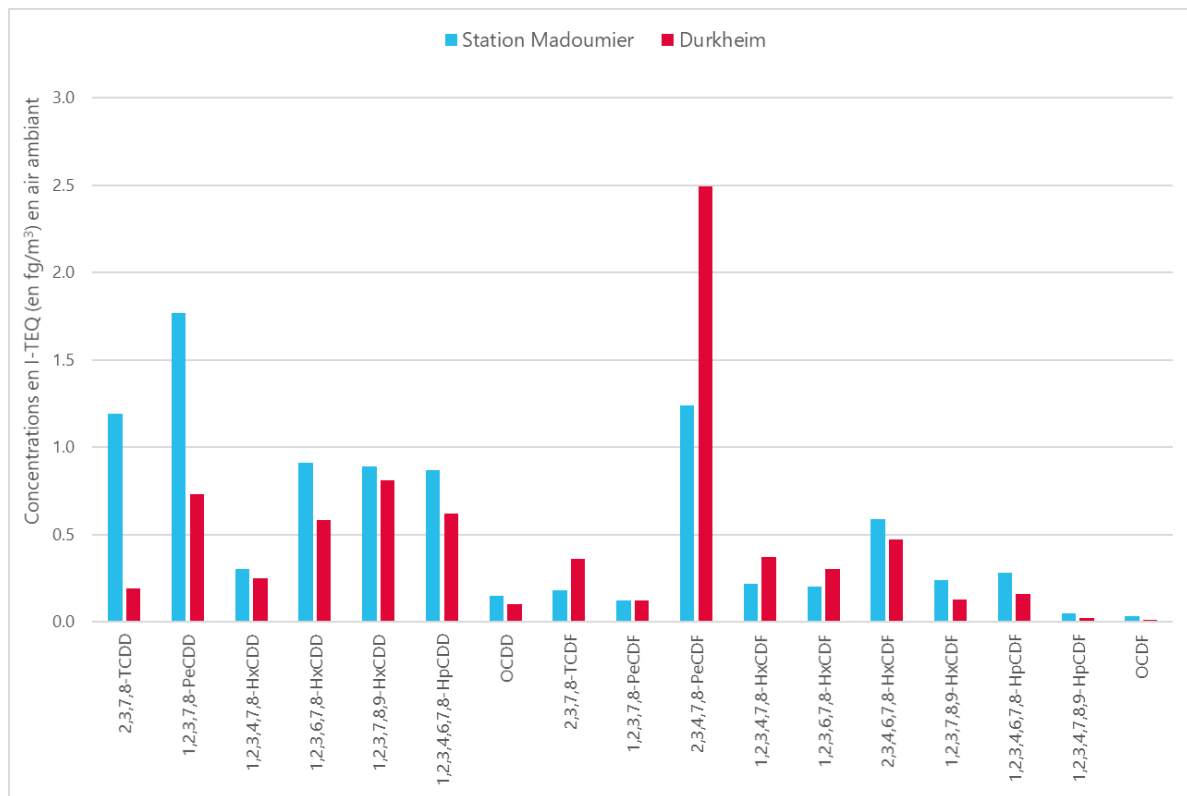


Figure 9 : Concentrations des dioxines-furanes en équivalent toxique en air ambiant

Au regard des concentrations mesurées ailleurs en France sur différentes typologies de sites (voir Annexe), les résultats de la présente étude sont faibles sur les deux sites.

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

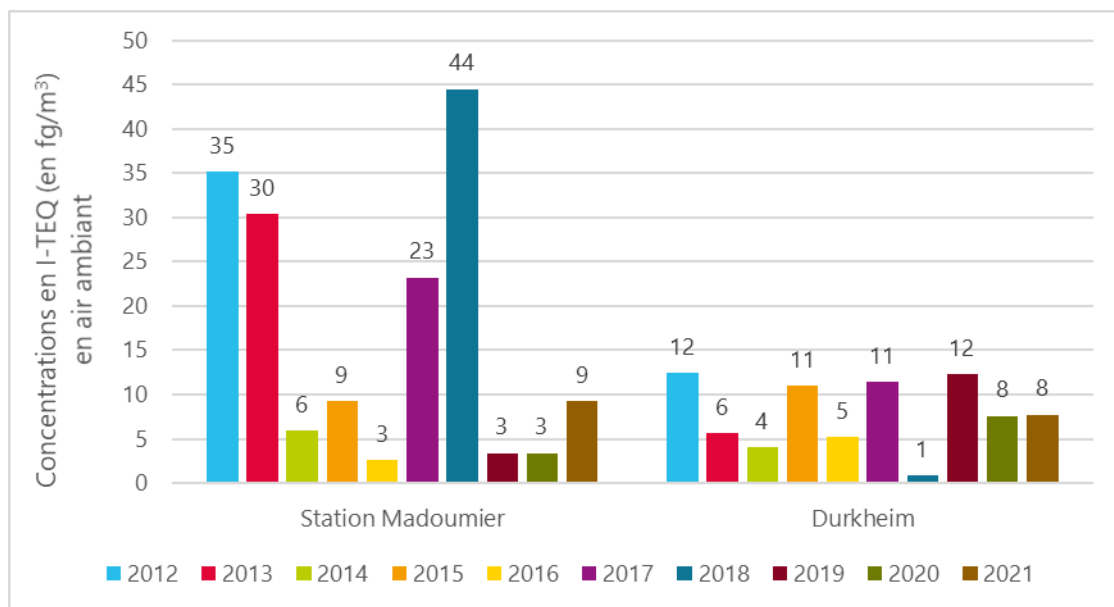


Figure 10 : Evolution des concentrations en I-TEQ des dioxines-furanes dans l'air ambiant

La concentration relevée sur le site « Madoumier » est plus élevée qu'en 2020. Cependant, le site n'était pas correctement exposé lors de cette période de mesure. Pour le site « Durkheim », les concentrations sont similaires à celles mesurées en 2020. Les résultats sur les deux sites sont conformes à ce qui a été mesuré ces dernières années.

5.2. Métaux

5.2.1. Métaux dans les retombées atmosphériques

Les jauges de dépôt ont été exposées pendant 1 mois du 08/12/2021 au 05/01/2022.

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	0.4	0.4	0.3	-
Cr – Chrome	0.9	0.7	1.1	-
Mn – Manganèse	21.7	5.2	4.1	-
Co – Cobalt	<LQ	<LQ	<LQ	-
Ni – Nickel	0.4	0.4	1.2	15
Cu – Cuivre	5.5	7.0	10.0	-
Zn – Zinc	13.5	16.1	15.9	400
As – Arsenic	0.7	0.5	0.6	4
Se – Sélénium	<LQ	<LQ	<LQ	-
Cd - Cadmium	<LQ	<LQ	<LQ	2
Sn – Etain	<LQ	<LQ	<LQ	-
Sb – Antimoine	<LQ	<LQ	<LQ	-
Te – Tellure	<LQ	<LQ	<LQ	-
TI – Thallium	<LQ	<LQ	<LQ	2
Pb – Plomb	0.3	0.3	0.6	100
Hg - Mercure	<LQ	<LQ	<LQ	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 le site « Madoumier » et « Durkheim » sont : le manganèse (Mn), le zinc (Zn) et le cuivre (Cu).

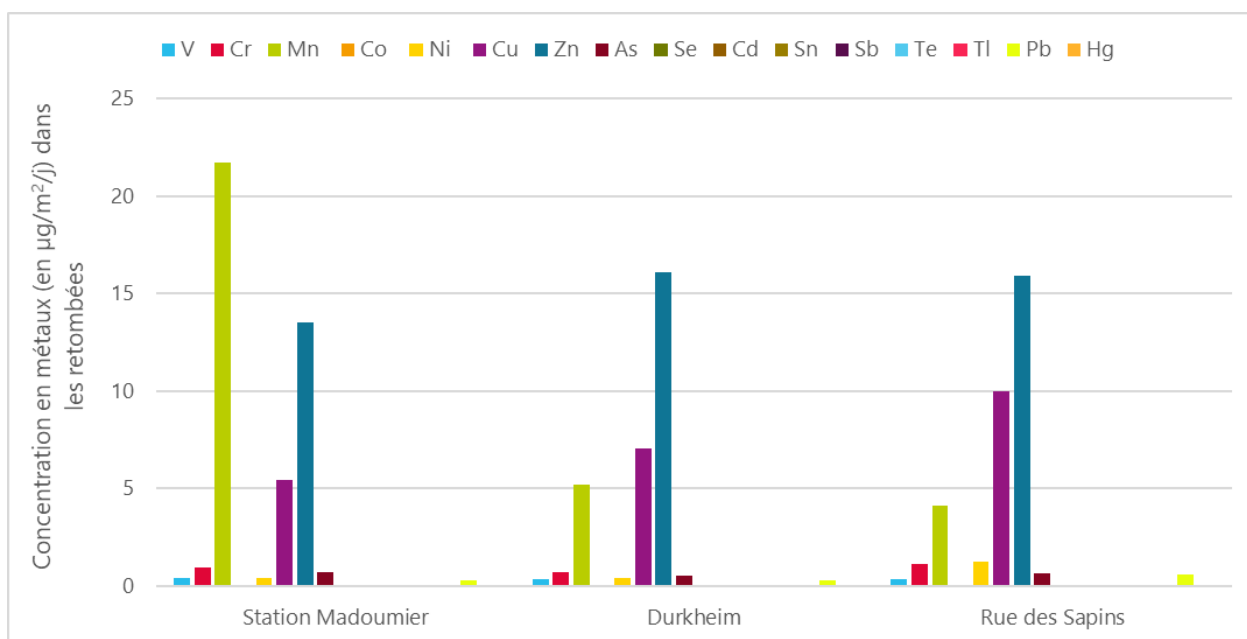


Figure 11 : Concentrations en métaux dans les retombées

Par rapport au site de référence « Rue des Sapins », la concentration en manganèse relevée sur le site « Madoumier » est plus élevée. Les sites « Durkheim » et « Rue des Sapins » ont été correctement exposés pendant cette période (26% et 27 %) alors que le site « Madoumier » a été peu exposé (8%).

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

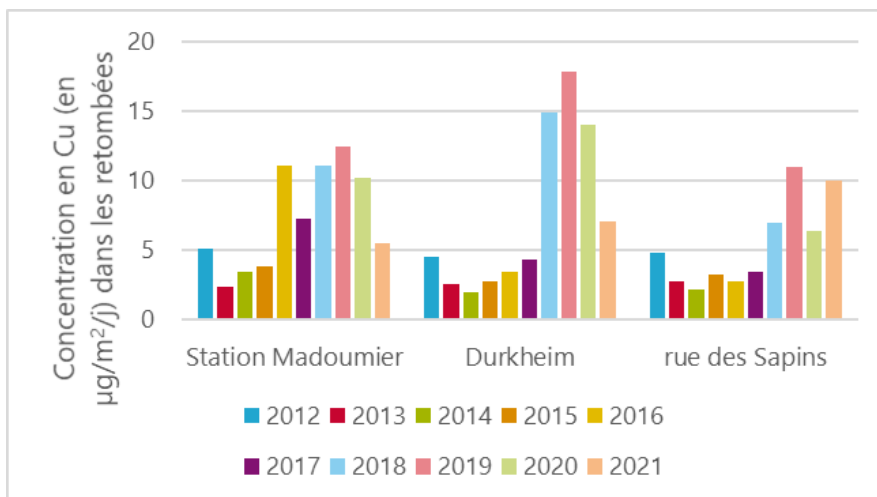


Figure 12 : Evolution des concentrations en cuivre (Cu) dans les retombées

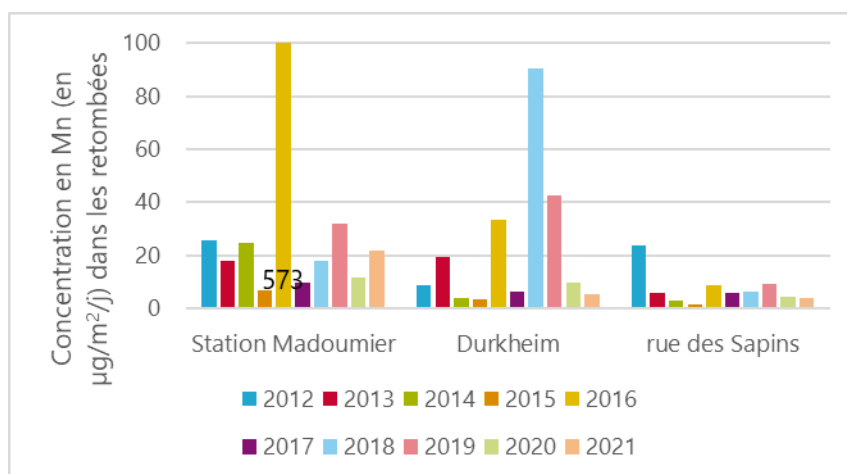


Figure 13 : Evolution des concentrations en manganèse (Mn) dans les retombées

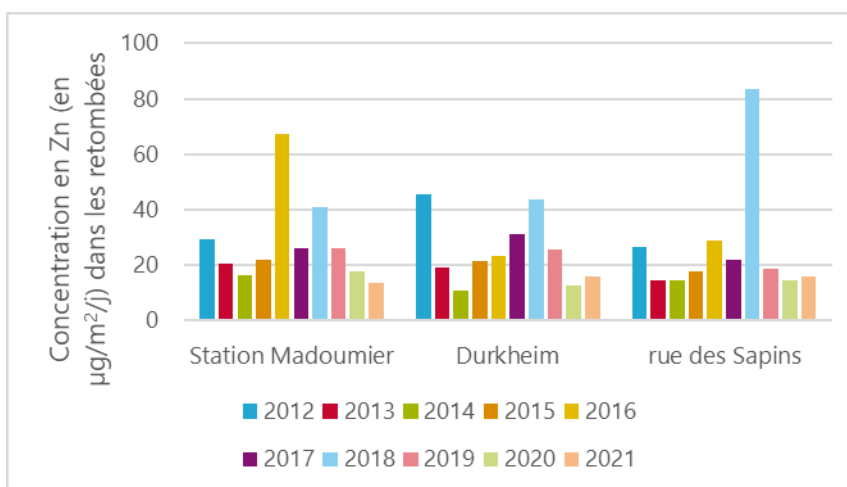


Figure 14 : Evolution des concentrations en zinc (Zn) dans les retombées

Les concentrations en cuivre de 2021 sont plus élevées que les années 2012 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, le nickel et le zinc, les concentrations sont conformes à celles des années précédentes.

5.2.2. Métaux en air ambiant

Le mercure a été prélevé du 08 au 22/12/21 pour les deux sites « Madoumier » et « Durkheim ».

Les autres métaux ont été prélevés du 08 au 15/12/21 sur le site de la Madoumier puis du 15 au 22/12/21 sur le site « Durkheim ». Pour rappel, le site « Madoumier » a été exposée pendant 17 % du temps aux vents en provenance de la centrale et le site « Durkheim » 26 %.

Métaux	Concentrations (en ng/m ³)		Valeurs de référence (en ng/m ³)
	Madoumier	Durkheim	
V – Vanadium	0.1	0.1	-
Cr – Chrome	1.9	1.5	-
Mn – Manganèse	3.4	3.2	-
Co – Cobalt	<LQ	0.0	-
Ni – Nickel	0.3	0.4	20 (valeur cible)
Cu – Cuivre	12.0	8.7	-
Zn – Zinc	8.3	9.3	-
As – Arsenic	0.3	0.3	6 (valeur cible)
Se – Sélénium	1.1	1.2	-
Cd – Cadmium	0.1	0.1	5 (valeur cible)
Sn – Etain	3.0	2.1	-
Sb – Antimoine	0.7	0.5	-
Te – Tellure	<LQ	<LQ	-
Tl – Thallium	<LQ	<LQ	-
Pb – Plomb	1.1	1.2	250 (objectif de qualité) 500 (valeur limite)
Hg - Mercure	<LQ	<LQ	-

Tableau 20 : Concentrations en métaux dans l'air ambiant
(< LQ = inférieure 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.

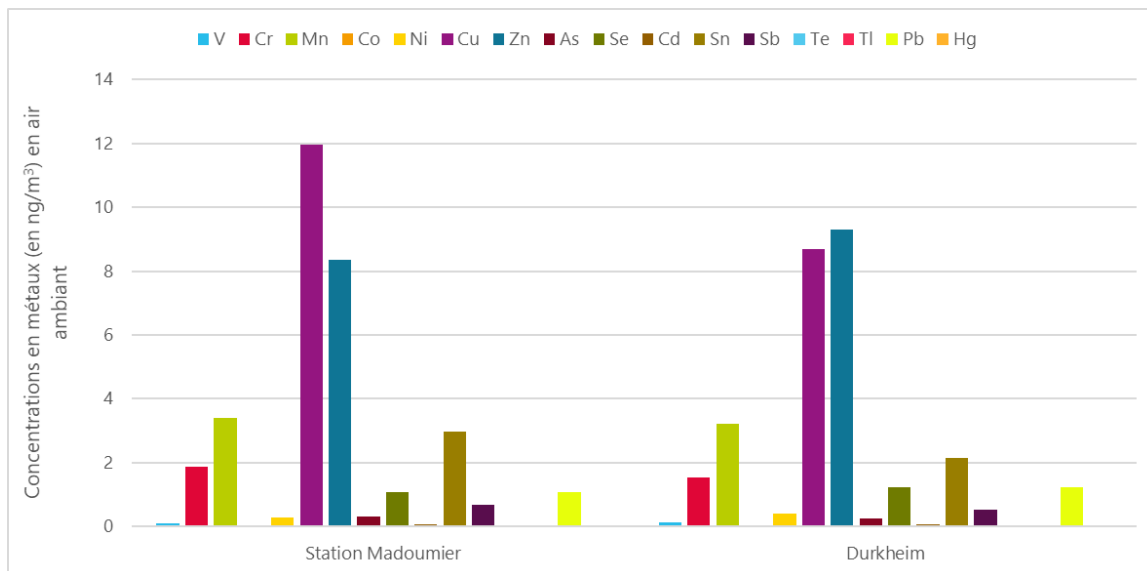


Figure 15 : Concentrations en métaux dans l'air ambiant

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

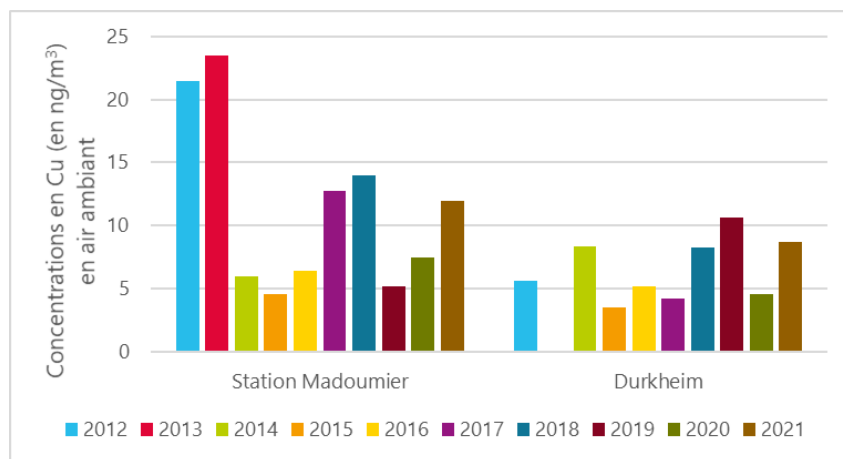


Figure 16 : Evolution des concentrations en cuivre (Cu) en air ambiant

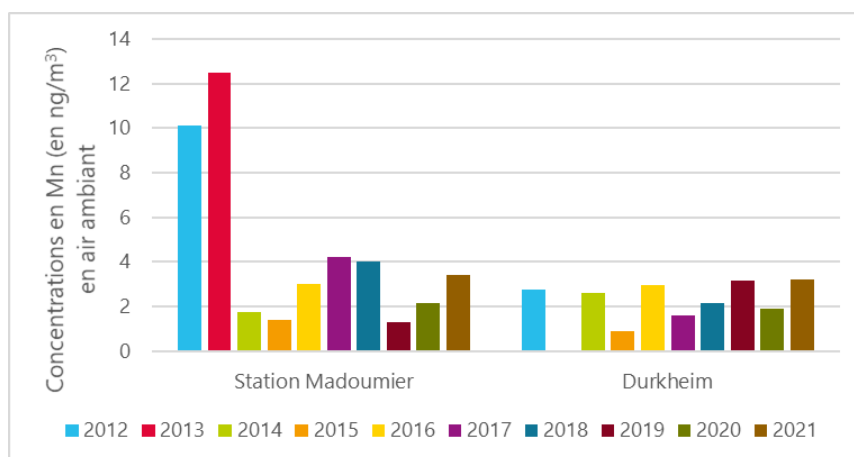


Figure 17 : Evolution des concentrations en manganèse (Mn) en air ambiant

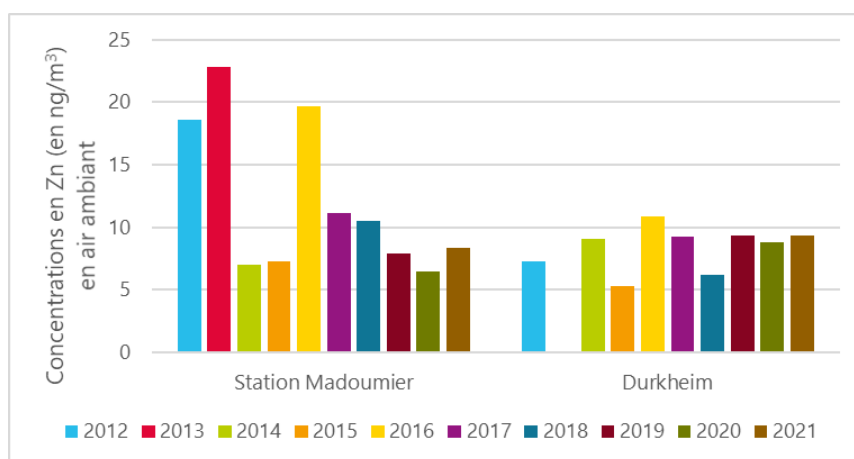


Figure 18 : Evolution des concentrations en zinc (Zn) en air ambiant

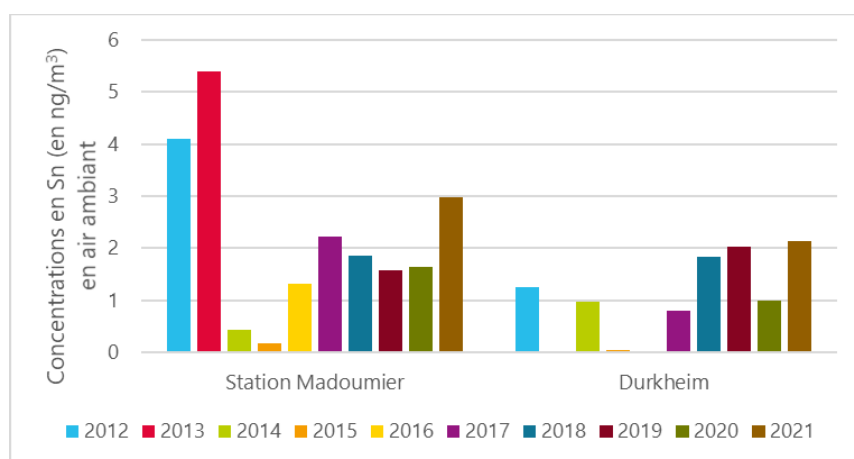


Figure 19 : Evolution des concentrations en étain (Sn) en air ambiant

Pour ces quatre composés, on observe peu de différence dans les concentrations en 2021 par rapport aux années précédentes.

Bilan des blancs terrains : 1 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 et le nickel de l'ordre de 12 à 21% de la valeur mesurée sur le filtre exposé et de 1 à 2 % pour le plomb, le cuivre et le zinc. Les concentrations relevées à « Madoumier » et « Durkheim » pour ces quatre éléments sont donc potentiellement surestimées d'autant.

	Contamination du blanc terrain en % de la valeur du filtre exposé			
	Cr – Chrome	Pb – Plomb	Ni – Nickel	Zn – Zinc
Madoumier - Blanc terrain	6%	1%	15%	1%
Durkheim - Blanc terrain	4%	2%	6%	3%

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 réparties entre le 09/12/2021 au 06/01/2022). Les prélèvements ont eu lieu en parallèle sur les deux sites de « Madoumier » et de « Durkheim ».

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

HAP	Concentrations (en ng/m ³)		Valeurs de référence (en ng/m ³)
	Madoumier	Durkheim	
Phénanthrène	0.01	0.01	-
Anthracène	0.20	0.21	-
Fluoranthène	0.22	0.23	-
Pyrène	<LQ	<LQ	-
Benzo(a)anthracène	0.25	0.31	-
Chrysène	0.34	0.46	-
Benzo(j)fluoranthène	0.32	0.16	-
Benzo(b)fluoranthène	0.65	0.58	-
Benzo(k)fluoranthène	0.27	0.29	-
Benzo(a)Pyrène	0.51	0.56	1 (valeur cible)
Dibenzo(a,h)anthracène	0.14	0.08	-
Benzo(g,h,i)perylène	0.05	0.06	-
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0.43	0.43	-

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

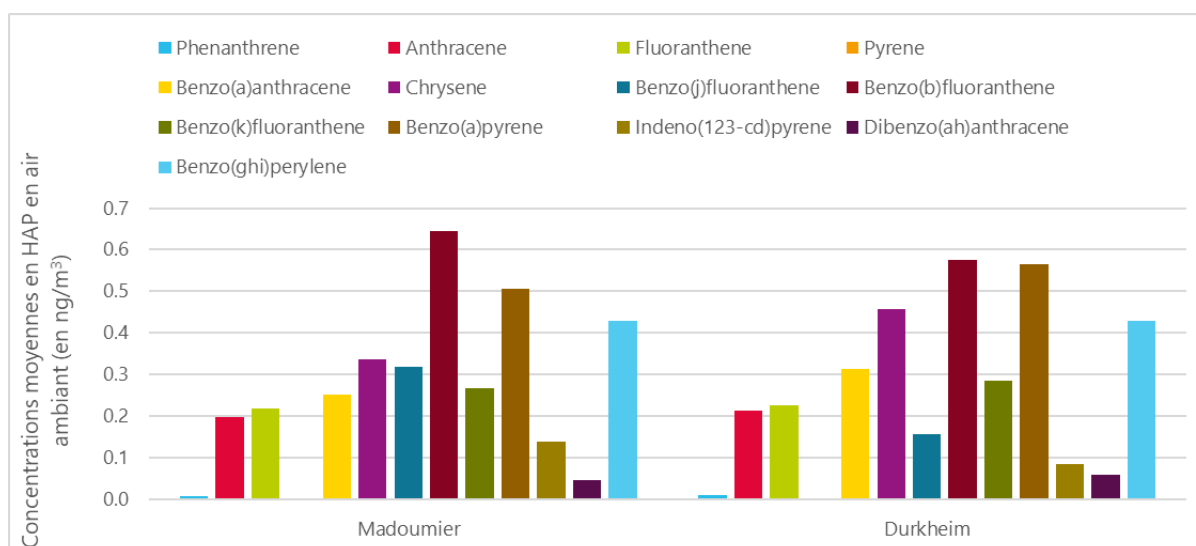


Figure 20 : Concentrations moyennes sur la période d'échantillonnage des HAP en air ambiant

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.

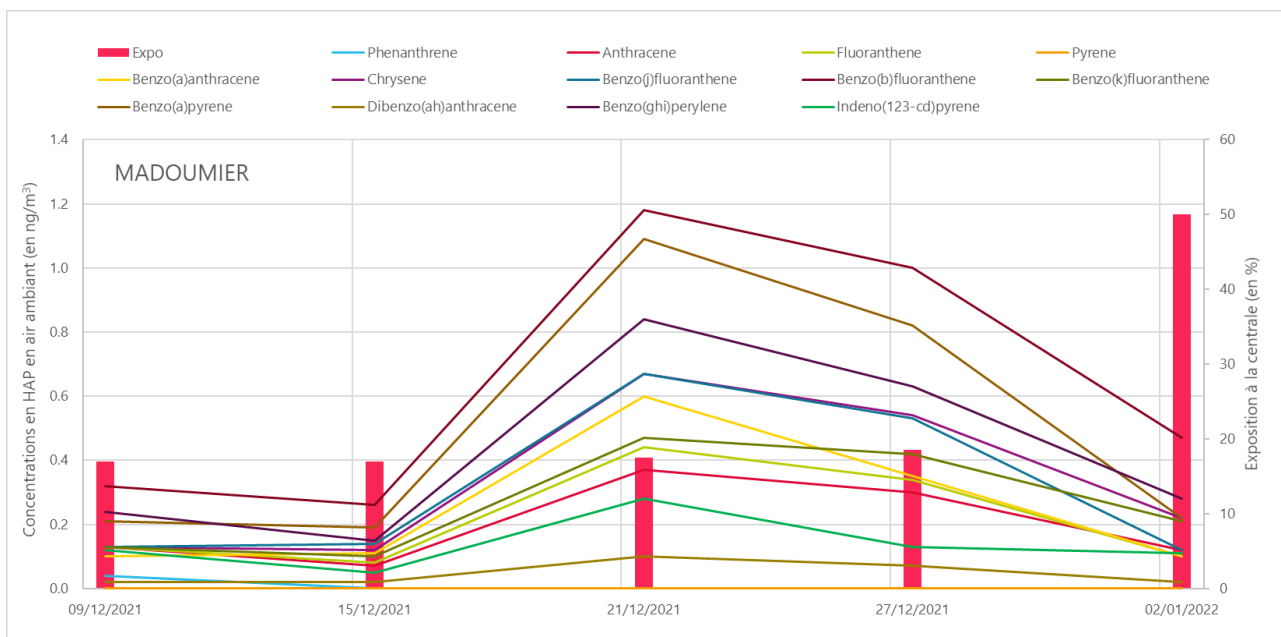


Figure 21 : Détails des concentrations en HAP en air ambiant sur le site « Madoumier » (au regard de l'exposition)

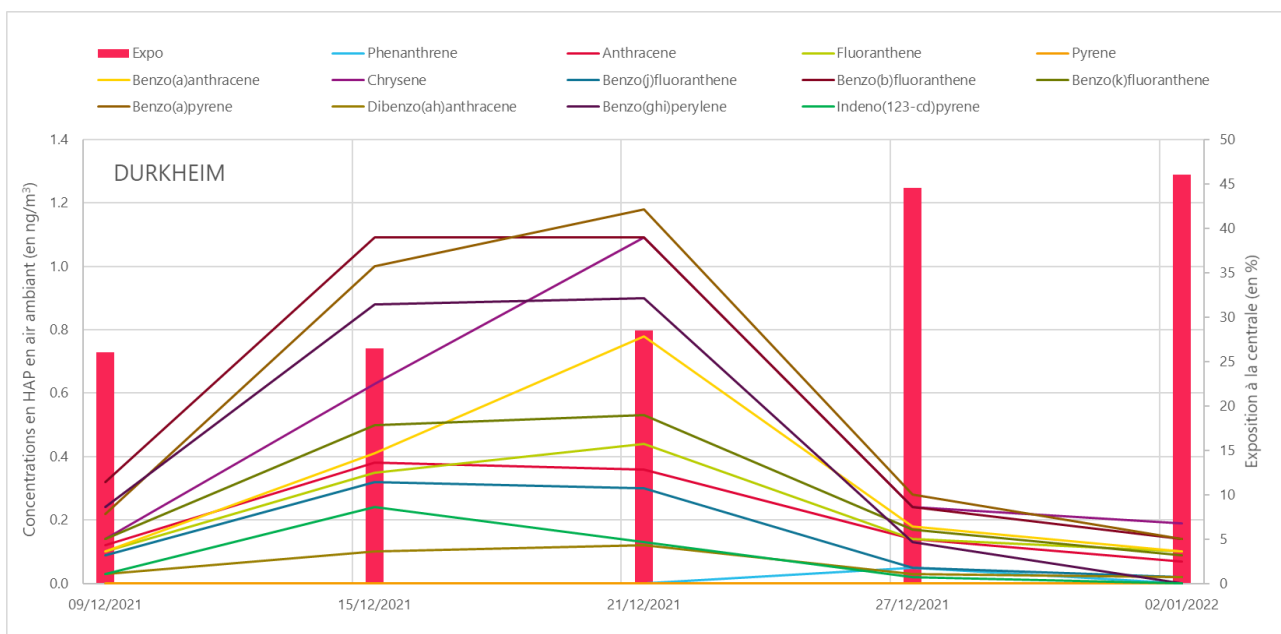


Figure 22 : Détails des concentrations en HAP en air ambiant sur le site « Durkheim » (au regard de l'exposition)

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 de la chaufferie sur les HAP.

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

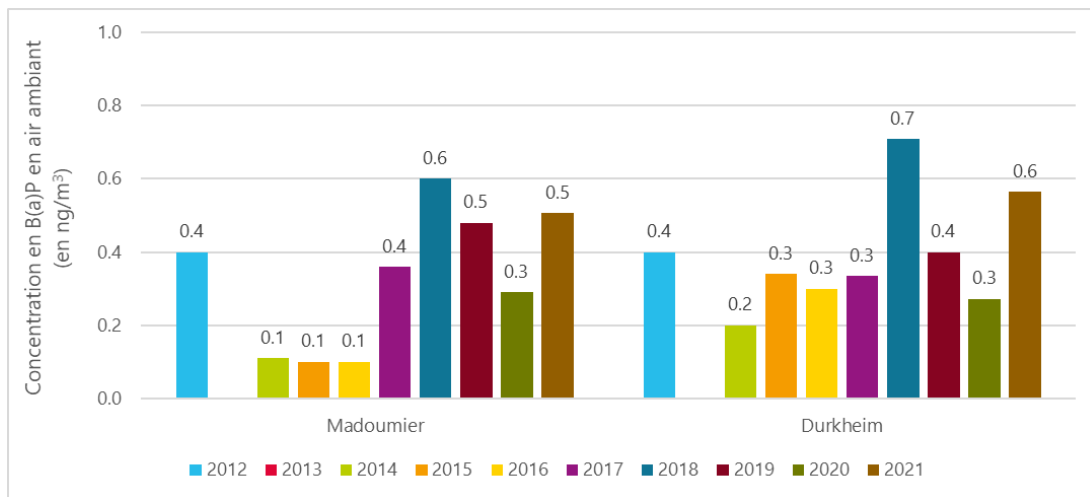


Figure 23 : Evolution des concentrations en B(a)P en air ambiant depuis 2012

Sur les deux sites de mesures, les concentrations en B(a)P sont supérieures à celles mesurées en 2020 mais du même ordre de grandeur que les années précédentes

5.3.1. Analyse des blancs terrains de HAP

Deux blancs terrains ont été réalisés sur « Madoumier » et « Durkheim ». Le phénanthrène, le chrysène, le fluoranthène, le benzo(k)fluoranthène et le benzo(a)pyrène ont été détectés sur le prélèvement réalisé sur « Madoumier ».

Les résultats sur le site « Madoumier » pour ces composés sont donc potentiellement légèrement surestimés.

	Concentration en HAP en ng/filtre					
	Blanc terrain	09/12/21	15/12/21	21/12/21	27/12/21	02/01/22
Chrysène	4	14	13	74	60	24
Phénanthrène	3	4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fluoranthène	2	14	9	48	38	11
Benzo(k)fluoranthène	4	14	11	52	46	23
Benzo(a)pyrène	2	23	21	120	91	24

Tableau 23 : Analyse des blancs terrains des prélèvements de HAP

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 08/12/2021 au 12/01/2022,
- au moyen de tubes à diffusion passive sur les sites « Madoumier » et « Landouge » pendant 4 semaines du 08/12/2021 au 05/01/2022. 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. NO₂ (prélèvements 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)				
	08/12/2021	15/12/2021	22/12/2021	29/12/2021	Moyenne des 4 semaines
	15/12/2021	22/12/2021	29/12/2021	05/01/2022	
Madoumier	15	16	18	15	16
Landouge	15	12	10	10	12

Tableau 24 : Concentrations hebdomadaires en NO₂ par tubes passifs

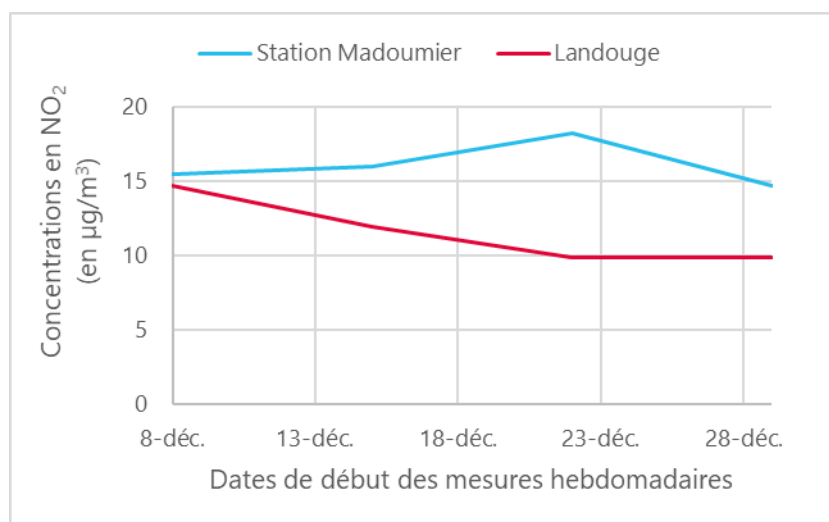


Figure 24 : Evolution des concentrations moyennes en NO₂ au cours des 4 semaines de mesures

Les concentrations mesurées sur le site « Madoumier » sont un peu 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 par tube à diffusion passif est mesuré sur ces sites depuis 2012, ce qui permet d'avoir un historique conséquent (voir figure suivante).

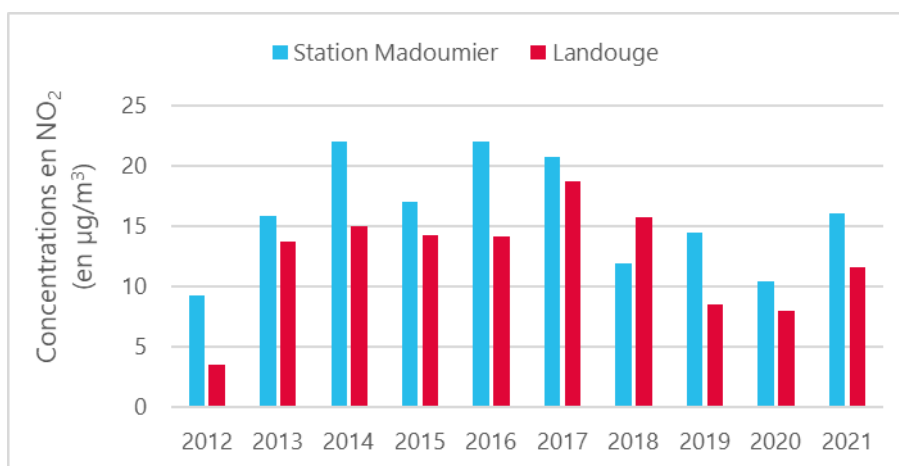


Figure 25 : Evolution des concentrations en NO₂ depuis 2012

Les concentrations sur les 2 sites sont globalement stables depuis le début des mesures.

5.4.2. NO₂ (analyse en continu)

Le NO₂ a également été mesuré en continu du 08/12/2021 au 12/01/2022 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	17	19	30	23

Tableau 25 : Concentrations moyennes NO₂ – analyseurs automatiques

Pendant la campagne de mesures, 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 « Place d'Aine » à 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.

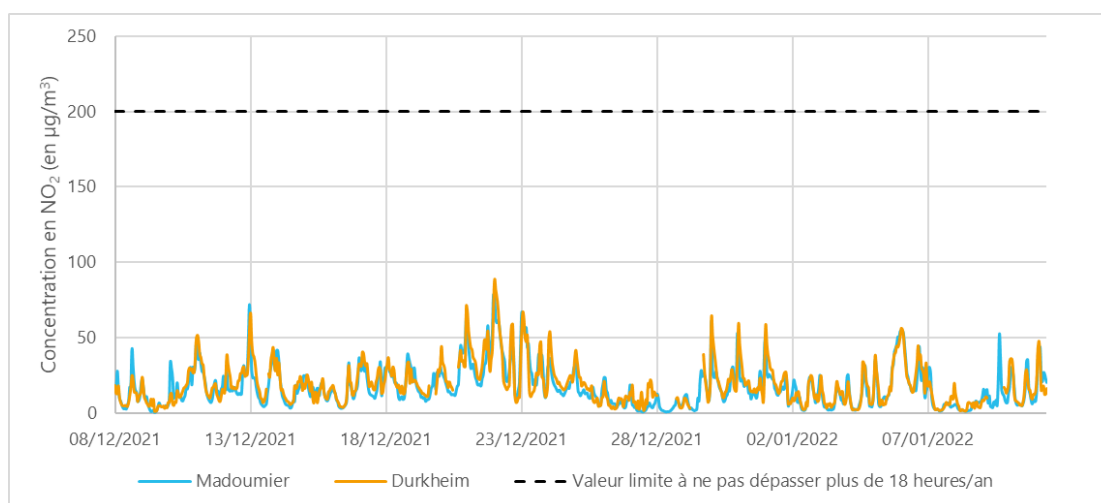


Figure 26 : Concentrations en NO₂ (moyennes journalières)

L'évolution des concentrations au cours du temps est proche entre les deux stations de « Durkheim » et « Madoumier ».

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

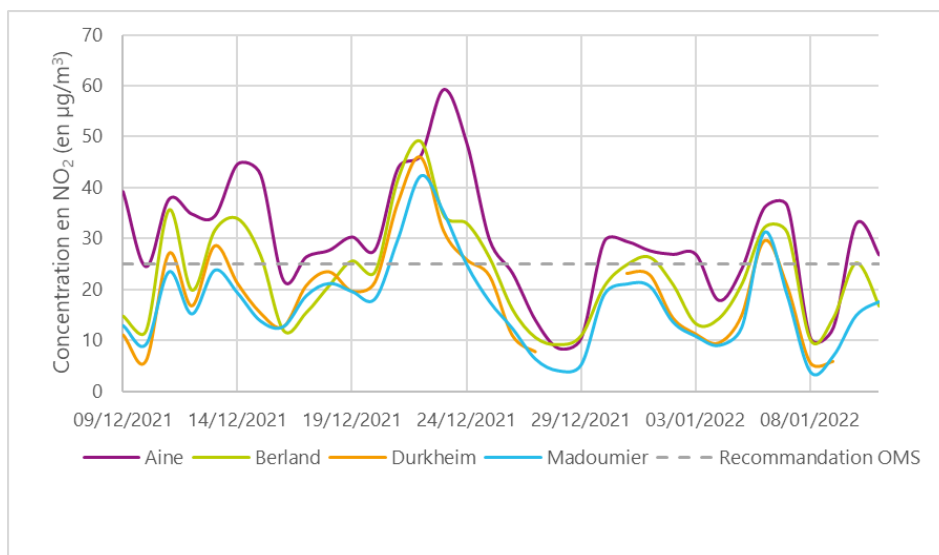


Figure 27 : Concentrations en NO₂ (moyennes journalières)

La recommandation de l'OMS en moyenne journalière a été dépassée pendant 4 jours sur le site « Madoumier » et pendant 7 jours sur le site « Durkheim ». Ce seuil a aussi été dépassé sur les stations de référence : 24 jours sur la station « Aine » et 14 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).

Le seuil annuel recommandé par l'OMS a été dépassé sur les deux sites « Madoumier » et « Durkheim », mais aussi sur les stations fixes « Aine » et « Berland ».

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

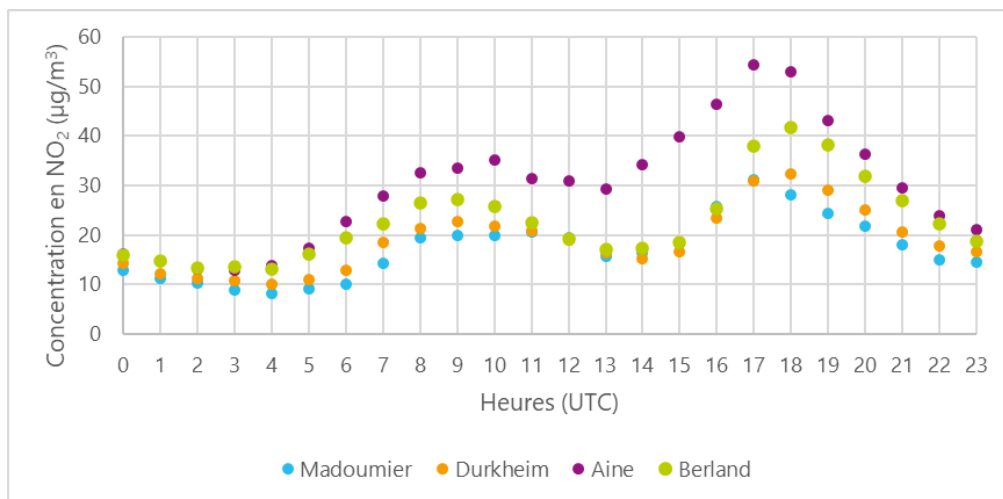


Figure 28 : Profil moyen journalier du NO₂ (pendant la période de mesures)

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 8h et 11h UTC puis le soir entre 16h et 19h 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, sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » du 08/12/2021 au 12/01/2022,
- au moyen de tubes à diffusion passive sur les sites « Madoumier » et « Landouge » pendant 4 semaines du 08/12/2021 au 05/01/2022. 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. SO₂ (prélèvements 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)					Moyenne des 4 semaines
	08/12/2021	15/12/2021	22/12/2021	29/12/2021		
	15/12/2021	22/12/2021	29/12/2021	05/01/2022		
Madoumier	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Landouge	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Tableau 26 : Concentrations hebdomadaires en SO₂ par tubes passifs

Les concentrations en SO₂ relevées sur les deux sites « Madoumier » et « Landouge » sont inférieures aux limites de quantification.

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

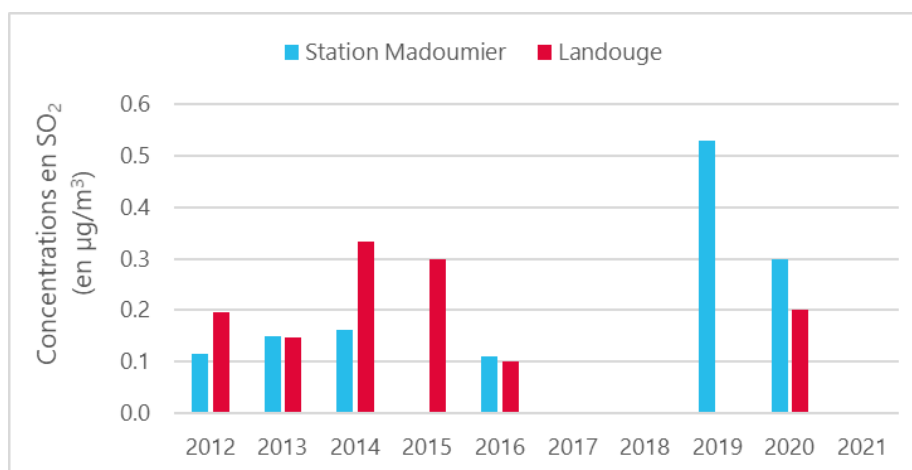


Figure 29 : Evolution des concentrations en SO₂ depuis 2012

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

5.5.2. SO₂ (analyse en continu)

Le SO₂ a également été mesuré en continu du 08/12/2021 au 12/01/2022 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 SO ₂ (en µg/m ³)	Concentrations (en µg/m ³)			
	Madoumier	Durkheim	St Junien (fond urbain)	Saillat-sur-Vienne (station industrielle)
Moyenne	0.7	0.8	0*	0*
Nombre de dépassements de 300 µg/m³ en moyenne horaire	0	0	0	0

Tableau 27 : Données de synthèse sur la campagne de mesure des SO₂

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

L'évolution de la concentration en SO₂, pendant la période de mesure, est présentée ci-dessous.

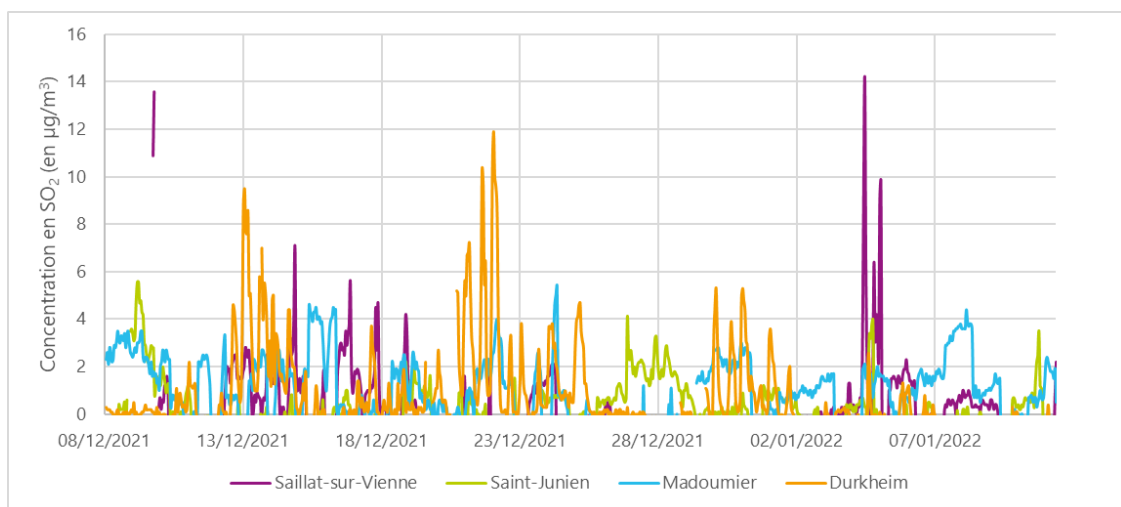


Figure 30 : Evolution des concentrations en SO₂ pendant la période de mesures (moyennes horaires)

Les concentrations en SO₂ sur le site « Madoumier » sont du même ordre de grandeur que la station fixe de Saint-Junien (fond urbain). Celles sur le site « Durkheim » sont plutôt du même ordre de grandeur que la station fixe de Saillat-sur-Vienne (station industrielle).

Les concentrations horaires sont très largement inférieures au seuil d'alerte (qui est de 500 µg/m³ en moyenne horaire) et au seuil d'information/recommandations (qui est de 300 µg/m³ en moyenne horaire) pendant la durée de la campagne.

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.

De plus, la recommandation de l'OMS en moyenne journalière de 40 µg/m³ est respectée.

5.6. Particules en suspension (PM10)

Les PM10 ont été mesurés en continu, avec des analyseurs automatiques, sur les sites « Madoumier » et « Durkheim » (du 08/12/2021 au 12/01/2022). Les valeurs moyennes des mesures en continu de PM10 sont présentées dans le tableau suivant.

Concentrations en PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentrations (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	Madoumier	Durkheim	Limoges pl. d'Aine (station trafic)	Limoges Berland (station fond urbain)
Moyenne	17	16	18	16
Nombre de dépassements de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière	0	0	0	0

Tableau 28 : Données de synthèse sur la campagne de mesure des PM10

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

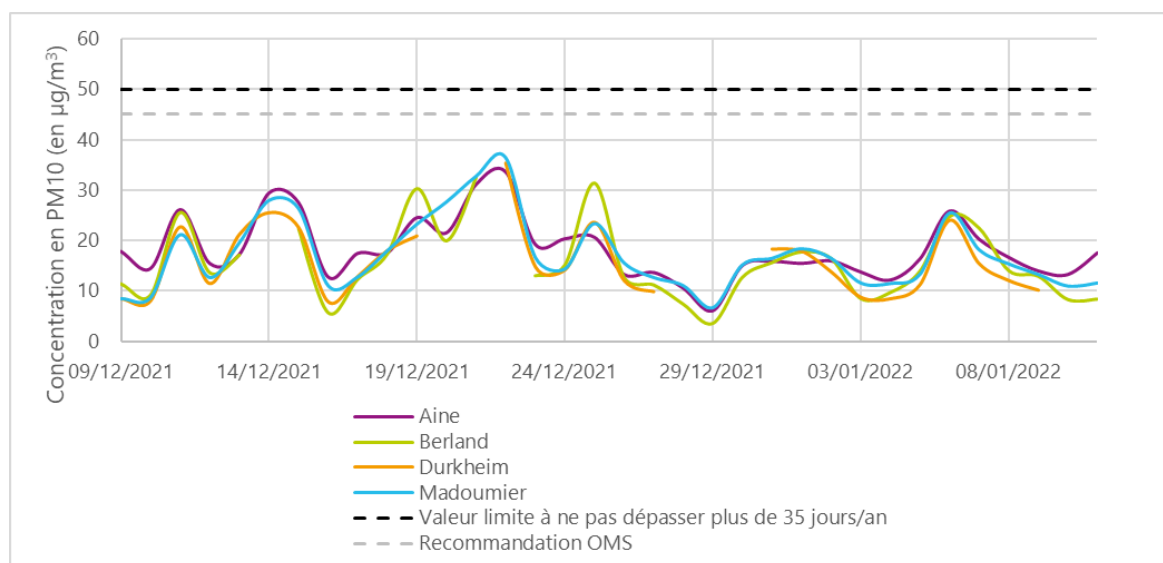


Figure 31 : Evolution des concentrations en PM10 au cours de la campagne de mesures (moyennes journalières)

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 à la valeur limite journalière de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, à ne pas dépasser plus de 35 jours par an. Elles sont également inférieures au seuil journalier recommandé par l'OMS de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A titre indicatif, les concentrations moyennes en PM10 sont inférieures à la valeur limite pour la protection de la santé humaine (qui est de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle).

Le seuil en moyenne annuelle recommandé par l'OMS de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été dépassé sur les sites « Madoumier » et « Durkheim », mais aussi sur les stations fixes « Aine » et « Berland », 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.

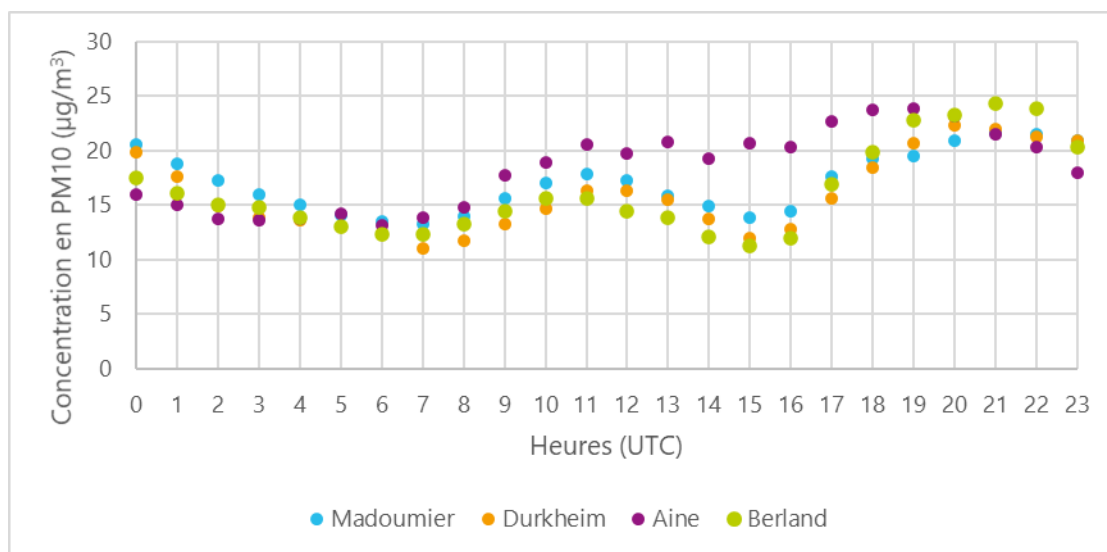


Figure 32 : Profil moyen journalier des PM10 pendant la période de mesures

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 vers 9h 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	08/12/2021	15/12/2021	22/12/2021	29/12/2021	Moyenne des 4 semaines
	15/12/2021	22/12/2021	29/12/2021	05/01/2022	
Madoumier	0.3	1.9	0.1	0.1	0.6
Durkheim	0.6	2.1	0.1	0.7	0.9
Landouge	1.2	1.4	0.1	1.3	1.0
Limoges Berland (station fond urbain)	Du 25/11 au 02/12/2021 = 0.8 µg/m³				

Tableau 29 : Concentrations en benzène mesurées sur les tubes à diffusion passives

Les concentrations en benzène mesurées sur les différents sites pendant ces 4 semaines sont soit du même ordre de grandeur soit inférieures à la concentration mesurée en « routine » au niveau de la station « Berland » de Limoges (station de fond urbain).

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

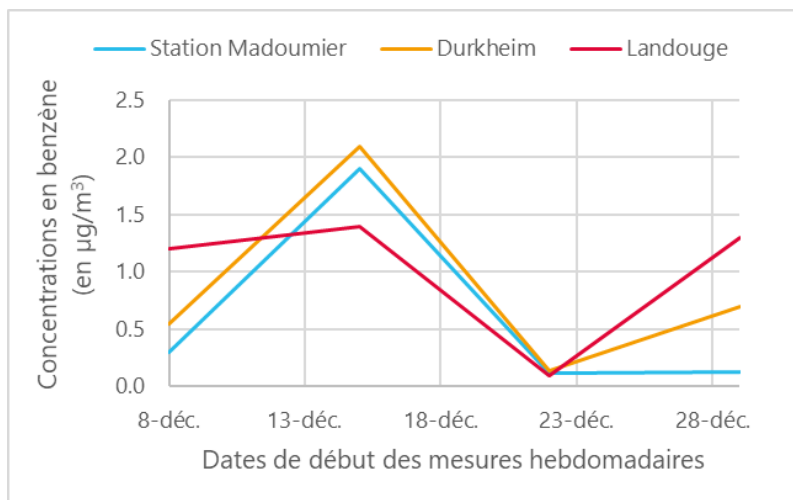


Figure 33 : Evolution des concentrations moyennes en benzène au cours des 4 semaines de mesures

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 ».

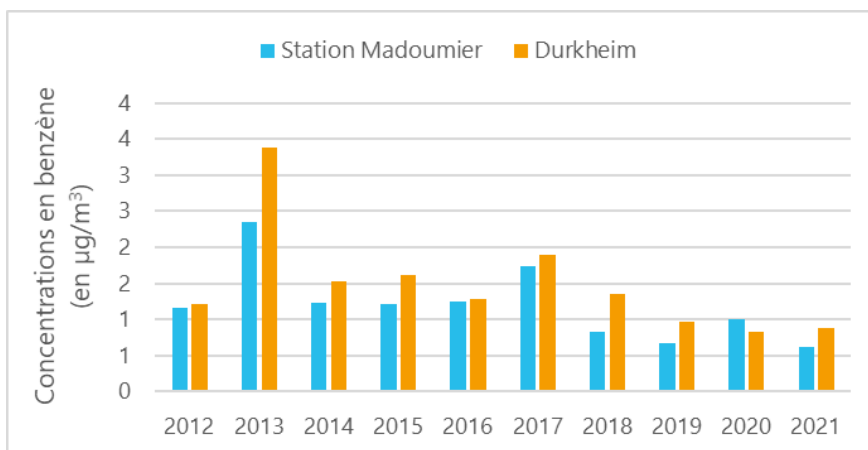


Figure 34 : Evolution des concentrations en benzène depuis 2012

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 qui découlent 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 mesurées dans l'air ambiant sont du même ordre de grandeur que celles mesurées les années précédentes. Elles sont faibles au regard des données de mesures équivalentes réalisées en France autour de sites industriels.

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.

Par rapport au site de référence « Rue des Sapins », les valeurs des deux sites exposés (« Madoumier » et « Durkheim ») sont plus élevées pour le manganèse. Il apparaît que, depuis 2018, des concentrations plus élevées en cuivre sont observées sur les sites « Madoumier », « Durkheim » et « Rue des Sapins ».

→ 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 tous les composés, les concentrations relevées sont du même ordre de grandeur en 2021 que pour les années passées.

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 un peu 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).

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 « Place d'Aine » à Limoges.

Les concentrations moyennes horaires en NO₂ sont très largement inférieures à la valeur limite en moyenne horaire (200 µg/m³). La recommandation de l'OMS en moyenne journalière a été dépassée pendant 4 jours sur le site « Madoumier » et pendant 7 jours sur le site « Durkheim ». Ce seuil a aussi été dépassé sur les stations de référence : 24 jours sur la station « Aine » et 14 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).

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 » sont toutes inférieures aux limites de quantification. 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 plutôt du même ordre de grandeur que la station fixe de Saillat-sur-Vienne (péri-urbaine sous influence industrielle).

Les concentrations horaires sont très largement inférieures au seuil d'alerte (qui est de 500 µg/m³ en moyenne horaire) et au seuil d'information/recommandations (qui est de 300 µg/m³ en moyenne horaire) pendant la durée de la campagne.

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. De plus, la recommandation de l'OMS en moyenne journalière de 40 µg/m³ est respectée.

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 à la valeur limite journalière de 50 µg/m³. 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 à la valeur limite pour la protection de la santé humaine (qui est de 40 µg/m³ en moyenne annuelle). Le seuil en moyenne annuelle recommandé par l'OMS de 15 µg/m³ a été dépassé sur les sites « Madoumier » et « Durkheim », mais aussi sur les stations fixes « Aine » et « Berland », ce qui témoigne d'une pollution de fond.

Benzène

→ Tubes passifs

Les concentrations en benzène mesurées sur les différents sites pendant quatre semaines sont soit du même ordre de grandeur soit inférieur à la concentration mesurée en « routine » au niveau de la station « Berland » (station de fond urbain).

A titre indicatif, les concentrations moyennes sont inférieures à la valeur limite réglementaire (qui est de 5 µg/m³ en moyenne annuelle) et à l'objectif de qualité annuel (qui est de 2 µg/m³ en moyenne annuelle), sauf pour le site « Durkheim » qui dépasse légèrement ce dernier pendant une des quatre semaines de mesure.

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 2 sites de mesures sont stables.

Annexes

Dioxines – Furanes

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.

Dioxines – Furanes : Calculs 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 08/12/2021 au 05/01/2022, soit l'équivalent de 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)

Concentrations nettes par famille d'homologues

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	<LQ	<LQ	7
OCDD	1	4	6
PCDD	1 < Total < 3	4 < Total < 103	14 < Total < 104
TCDF	<LQ	<LQ	<LQ
PeCDF	<LQ	<LQ	<LQ
HxCDF	<LQ	<LQ	<LQ
HpCDF	<LQ	<LQ	<LQ
OCDF	<LQ	2	2
PCDF	1 < Total < 5	2 < Total < 100	2 < Total < 99

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 sur filtres par un préleveur haut volume du 08 au 15/12/2021 sur le site « Madoumier » puis du 15 au 22/12/2021 sur le site « Durkheim ».

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)

Concentrations nettes par famille d'homologues :

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	<LQ	12
PeCDD	<LQ	33
HxCDD	84	87
HpCDD	153	107
OCDD	145	100
PCDD	382 < Total < 457	339
TCDF	<LQ	71
PeCDF	<LQ	39
HxCDF	<LQ	39
HpCDF	53	26
OCDF	32	9
PCDF	85 < Total < 258	185

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

Dioxines – Furanes : synthèse nationale

Synthèse des mesures de dioxines et furanes réalisées par les AASQA de 2006 à 2010

Réponses au questionnaire envoyé à l'ensemble des AASQA concernant la mesure des dioxines et furanes entre 2006 et 2010. Les résultats détaillés sont fournis dans un fichier à part.

Remarques concernant l'homogénéité des résultats :

- Certaines AASQA retranchent les valeurs mesurées dans les blancs terrains pour la mesure par jauge de sédimentation, d'autres non.
- Une typologie (industrielle/rurale/urbaine...) avait été demandée pour chacun des prélèvements. Sans précisions supplémentaires, cette notion a été interprétée différemment selon les AASQA, en particulier dans le cas d'études industrielles ; dans certains cas tous les sites ont été classés dans la catégorie « industrielle », et dans d'autres seuls les sites les plus proches ont reçu cette mention.

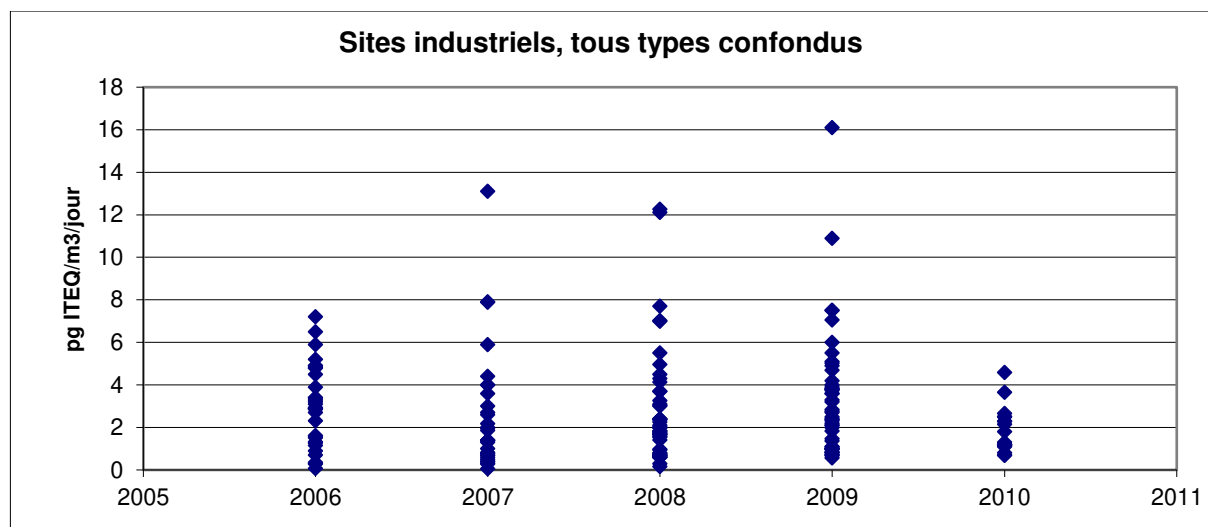
Les valeurs sont données tel qu'elles ont été reçues (en enlevant cependant toute indication de lieu).

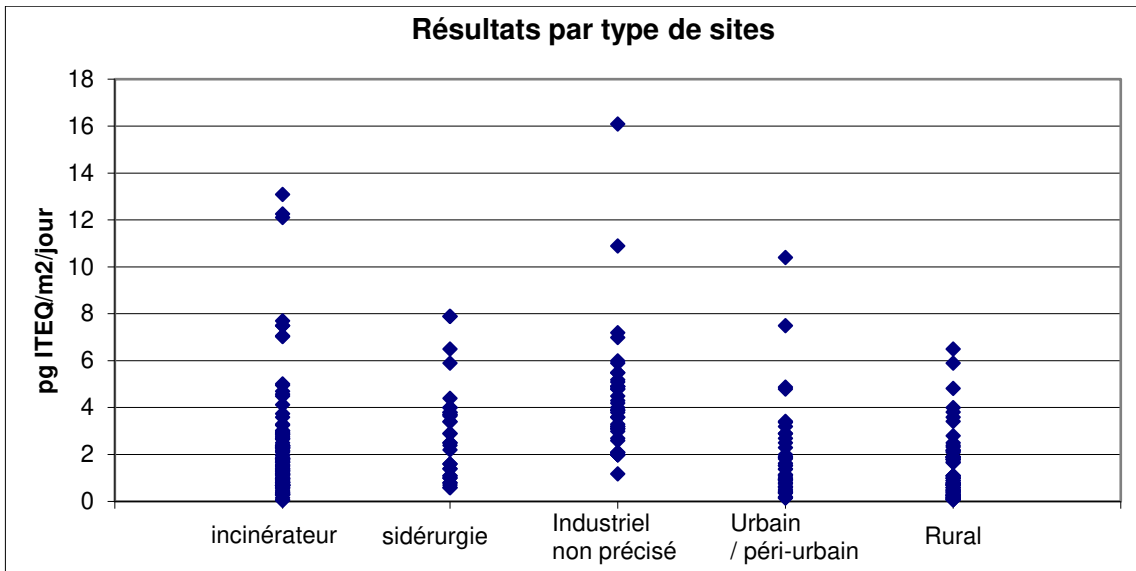
Mesure dans les retombées atmosphériques (prélèvements par jauges de sédimentation)

Remarques :

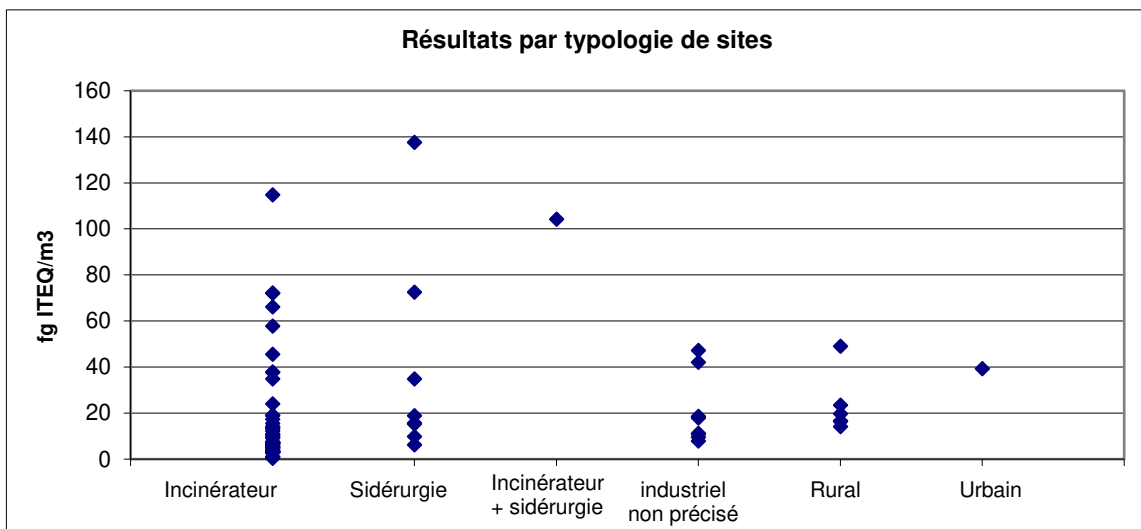
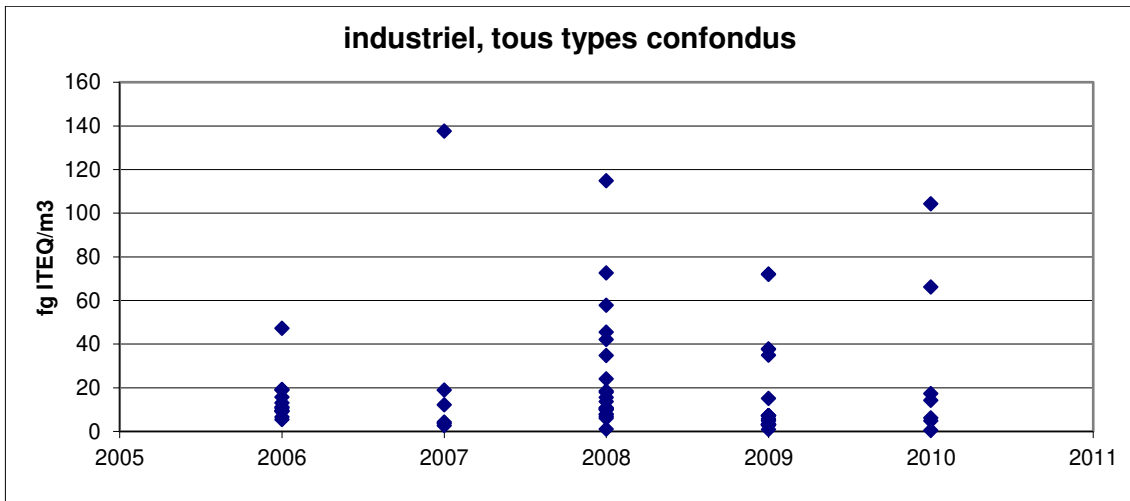
Deux valeurs sont non représentées, elles concernent des mesures réalisées autour du même incinérateur en 2006 et 2010, elles sont respectivement de 116 et 80 pg ITEQ/m³/jour.

Une valeur de 53, mesurée en site urbain est également non représentée ; selon l'AASQA concernée, il s'agirait d'une pollution de proximité accidentelle liée à du brûlage de plastique.





Mesure dans l'air ambiant (prélèvements actifs par DA80)





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

