

Cogénération bois

SDCL / DALKIA

Plan de surveillance de la qualité de l'air - 2019

Période de mesure : novembre/décembre 2019

Commune et département d'étude : Site du Val de l'Aurence, Limoges, Haute-Vienne (87)

Référence : IND EXT 19 006

Version finale du : 20/04/2023

Ce rapport annule et remplace la version du : 15/04/2020

Auteur(s) : Agnès Hulin
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 - 2019

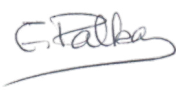


Reference : IND EXT 19 006

Version : finale du 20/04/2023 - Ce rapport annule et remplace la version du : 15/04/2020

Délivré à : DALKIA Limoges Biomasse SDCL

Modifications apportées sur ce rapport : Correction d'erreurs sur les concentrations en métaux Mn et Zn dans les retombées atmosphériques en 2018 et dans les tableaux en annexe 1.

Nombre de pages : 55 (couverture comprise)

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	Agnès Hulin / Emilie PALKA	NA	Rémi Feuillade
Qualité	Ex responsable service études et modélisation / Ingénieure d'études	NA	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 totale ou partielle 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 utilisées pour la validation des résultats des mesures obtenues.

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. Contexte et objectifs.....	9
2. Polluants suivis et méthodes de mesure.....	9
2.1. Dioxines (PCDD) et furannes (PCDF)	9
2.2. Métaux lourds.....	10
2.3. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	12
2.4. Dioxyde d'azote (NO ₂).....	13
2.5. Dioxyde de soufre (SO ₂)	14
2.6. Particules en suspension (PM10)	15
2.7. Composés Organiques Volatils (COV)	17
2.8. Normes et accréditation associées aux polluants mesurés.....	18
3. Organisation de l'étude.....	19
3.1. Matériel et méthode	19
3.1.1. Tubes passifs pour la mesure du NO ₂ , SO ₂ et des BTEX	19
3.1.2. Analyseurs automatiques pour la mesure des NO _x , PM10 et SO ₂	20
3.1.3. Préleveurs dynamiques bas volume pour la mesure des HAP	20
3.1.4. Préleveurs dynamiques haut volume pour la mesure des PCDD/F et métaux lourds dans l'air ambiant	20
3.1.5. Jauges de dépôt pour la mesure des retombées des PCDD/F métaux lourds	20
3.2. Dispositif de mesure	21
4. Conditions météorologiques.....	22
5. Résultats	26
5.1. Dioxines et furannes.....	26
5.1.1. Dioxines-furannes dans les retombées atmosphériques.....	26
5.1.2. Dioxines-furannes en air ambiant.....	28
5.2. Métaux.....	30
5.2.1. Métaux dans les retombées atmosphériques	30
5.2.2. Métaux en air ambiant.....	32
5.3. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	34
5.3.1. Analyse des blancs terrains de HAP	36
5.4. Dioxyde d'azote (NO ₂).....	37
5.4.1. NO ₂ (prélèvements passifs).....	37
5.4.2. NO ₂ (analyse en continu).....	38
5.5. Dioxyde de soufre (SO ₂)	40
5.5.1. SO ₂ (prélèvements passifs).....	40
5.5.2. SO ₂ (analyse en continu).....	41
5.6. Particules en suspension (PM10)	42
5.7. Benzène.....	43
6. Conclusions.....	45

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 furannes (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-TétraChloroDibenzoFuranne
1,2,3,7,8-PeCDF :	1,2,3,7,8-PentaChloroDibenzoFuranne
2,3,4,7,8-PeCDF :	2,3,4,7,8-PentaChloroDibenzoFuranne
1,2,3,4,7,8-HxCDF :	1,2,3,4,7,8-HexaChloroDibenzoFuranne
1,2,3,6,7,8-HxCDF :	1,2,3,6,7,8-HexaChloroDibenzoFuranne
1,2,3,7,8,9-HxCDF :	1,2,3,7,8,9-HexaChloroDibenzoFuranne
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF :	1,2,3,4,6,7,8-HeptaChloroDibenzoFuranne
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF :	1,2,3,4,7,8,9-HeptaChloroDibenzoFuranne
OCDF :	1,2,3,4,6,7,8,9-OctaChloroDibenzoFuranne

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.

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 furannes, 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 novembre/décembre 2019. L'objectif des mesures est :

- d'évaluer l'impact des émissions des activités de la centrale biomasse sur son environnement pour l'année 2019,
- et de suivre l'évolution des concentrations des différents polluants par rapport aux années passées.

Concentrations en dioxines et furannes

Les concentrations mesurées dans l'air ambiant et les retombées atmosphériques en 2019 sont proches de celles mesurées les années précédentes. Elles sont faibles en regard des données de mesures équivalentes réalisées en France autour de sites industriels.

Concentrations en métaux lourds dans les retombées atmosphériques

A titre indicatif, pour les métaux qui possèdent une valeur de référence, les concentrations mesurées dans les retombées sont largement inférieures aux valeurs existantes. Une concentration un peu plus élevée en plomb a été quantifiée cette année sur le site Durkheim.

Par rapport au site de référence « rue des Sapins », les valeurs des deux sites exposés (Madoumier et Durkheim) sont plus élevées en particulier pour le manganèse et le nickel. Pour ces deux métaux, les concentrations sont plus élevées sur le site Durkheim (exposé 40% du temps) que sur le site Madoumier (exposé 7% du temps).

Concentrations en métaux lourds dans l'air ambiant

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.

Quel que soit le composé, on observe peu de différence dans les concentrations en 2019 par rapport aux années précédentes.

Concentrations en Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Sur le site Madoumier, le plus proche de la chaufferie, les valeurs les plus élevées correspondent aux prélèvements les plus exposés, traduisant l'impact potentiel de la chaufferie sur les HAP.

A titre indicatif, les concentrations pour le B(a)P, seul HAP réglementé, sont très inférieure à la valeur cible.

*** : les concentrations de indeno(1.2.3-cd)pyrène sont en cours de validation, les valeurs consolidées seront données dans le rapport final.*

Concentrations en benzène

Les concentrations en benzène mesurées sur les différents sites pendant ces 4 semaines sont soit du même ordre de grandeur soit légèrement supérieures à la concentration mesurée sur la place d'Aine (centre de Limoges, station trafic d'Atmo Nouvelle-Aquitaine). *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 inférieures à l'objectif de qualité annuel (qui est de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle). Les concentrations en benzène les plus élevées ont été observées en 2013 sur ces 2 sites de mesures. Depuis 2014 les concentrations en benzène sont stables.

Concentrations en dioxyde de soufre (SO₂)

Les concentrations en SO₂ prélevées sur échantillonneurs passifs et mesurées par analyseurs automatiques sont très faibles et proches des valeurs des années précédentes. Elles sont, à titre indicatif, très en dessous des valeurs réglementaires définies à l'échelle annuelle.

Concentrations en dioxyde d'azote (NO₂)

Pendant la campagne de mesures, les concentrations en NO₂ sont supérieures sur Durkheim par rapport à Madoumier. Les concentrations sur Madoumier 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 très inférieures aux valeurs de la station trafic Place d'Aine à Limoges.

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 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle).

Concentrations en particules fines (PM10)

Pendant la campagne de mesures, les concentrations en PM10 sont du même ordre de grandeur entre les sites de la station Madoumier et de Durkheim. Elles sont également du même ordre de grandeur que les niveaux observés sur la station fixe de fond urbain à Limoges et un peu inférieur aux valeurs mesurées en proximité du trafic à Limoges.

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).

1. Contexte et objectifs

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 furannes, 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 novembre/décembre 2019.

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 furannes (PCDF)

Définition

Le terme « dioxine » regroupe deux grandes familles, les PolyChloroDibenzoDioxines (PCDD) et les PolyChloroDibenzoFurannes (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 Furannes).

Origines

Les dioxines et furannes 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 furannes 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 furannes 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
Furannes Tétrachlorées	TCDF
Furannes Pentachlorées	PeCDF
Furannes Hexachlorées	HxCDF
Furannes Heptachlorées	HpCDF
Furannes 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 maximalisées.

Réglementation concernant les dioxines et furannes

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)					
			2018	2017	2016	2015	2014	2013
Palais sur Vienne (Rivaillès) Station péri-urbaine industrielle	As	1	0.3	0.4	0.6	0.6	0.5	0.7
	Cd	24.8	0.1	0.1	0.1	4.3	4.9	5.0
	Ni	11.1	0.5	0.4	1.0	3.5	3.2	7.2
	Pb	7.8	1.0	2.0	2.0	2.3	2.4	3.0
Guéret (Nicolas) Station de fond urbaine	As	0.6	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3
	Cd	0.1	0.05	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2
	Ni	2.2	0.7	0.4	0.7	0.9	0.8	1.0
	Pb	4.8	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

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 2018 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 hydrophobe (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 montrés que des teneurs en HAP peuvent être retrouvées entre autre 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)					
		2018	2017	2016	2015	2014	2013
Limoges (place d'Aine) Station trafic	0.69		0.20	0.10	0.16	0.14	0.12
Limoges (Presidial) Station urbaine de fond	0.1	0.1					
Saillat-sur-Vienne (I. Paper) Station péri-urbaine industrielle	0.66	0.1	0.10	0.10	0.06	0.05	0.09

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

L'ensemble des concentrations mesurées de 2013 à 2018 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 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	200 µg/m ³ en moyenne horaire 40 µg/m ³ en moyenne annuelle

Bilan des données dans le Limousin

NO ₂ Résultats (en µg/m ³)	Maximum horaire relevé (en 2018)	Nb d'heures > 200 µg/m ³ (en 2018)	Moyennes annuelles en µg/m ³					
			2018	2017	2016	2015	2014	2013
BRIVE (fond urbain)	84	0	14	16	17	16	15	16
GUERET (fond urbain)	97	0	12	12	16	15	15	17
LIMOGES (trafic)	141	0	26	28	28	30	34	34
LIMOGES (fond urbain)	95	0	16	18	20	21	20	21
SAILLAT (industriel)	49	0	6	10	8	9	11	9
ST-JUNIEN (fond urbain)	51	0	7	9	9	10	10	13
TULLE (fond urbain)	67	0	13	17	15	15	16	17
TULLE (trafic)	112	0	18	21	21	22	20	18

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

Toutes les autres concentrations mesurées dans le Limousin en 2018 sont inférieures aux valeurs de référence.

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	20 µg/m ³ en moyenne journalière

Bilan des données dans le Limousin

SO ₂ Résultats (en µg/m ³)	Maximum horaire relevé (en 2018)	Nb d'heures > 350 µg/m ³ (en 2018)	Moyennes annuelles en µg/m ³					
			2018	2017	2016	2015	2014	2013
LIMOGES (fond urbain)	/	/	/	/	0	0.4	0.3	0.5
PALAIS s/ VIENNE (fond péri-urbain)	/	/	/	/	0	0.2	1.0	0.6
SAILLAT* (industriel)	32	0	-	1.0	0	1.1	0.8	0.4
ST-JUNIEN (fond urbain)	6	0	1	0	1.0	0.3	0.6	0.1

Tableau 6 : synthèse des résultats du SO₂ en Limousin

* en raison d'un problème technique, les mesures 2018 du site de Saillat sur Vienne sont incomplètes. Certains indicateurs restent cependant disponibles.

L'ensemble des concentrations mesurées de 2013 à 2018 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 cancérogènes : 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	50 µg/m ³ en moyenne journalière 20 µg/m ³ en moyenne annuelle

Bilan des données dans le Limousin

PM10 Résultats (en µg/m ³)	Maximum journalier relevé (en 2018)	Nb de jours > 50 µg/m ³ (en 2018)	Moyennes annuelles en µg/m ³					
			2018	2017	2016	2015	2014	2013
BRIVE * (fond urbain)	41	-	-	18	15	19	21	16
GUERET (fond urbain)	42	0	12	14	13	16	15	17
LIMOGES (trafic)	38	0	12	11	14	17	16	18
LIMOGES (fond urbain)	37	0	14	11	14	15	13	17
PALAIS s/ VIENNE (fond péri-urbain)	51	1	12	12	11	13	12	14
SAILLAT (industriel)	49	0	17	16	18	18	16	19
ST-JUNIEN (fond urbain)	46	0	13	15	14	17	17	19
TULLE (fond urbain)	32	0	12	11	15	18	16	14

Tableau 7 : synthèse des résultats en PM10 en Limousin

* En raison d'un problème technique, les mesures 2018 du site de Brive sont incomplètes. Certains indicateurs restent cependant disponibles.

Sur l'année 2018, seule la station du Palais sur Vienne a dépassé le seuil d'information pour les PM10 de 50 µg/m³. Ce dépassement était dû à un épisode de pollution à l'échelle régionale voir nationale.

2.7. Composés Organiques Volatils (COV)

Origines

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

Effets sur la santé

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

Effets sur l'environnement

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

Valeur de référence 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 hebdomadaire relevé (depuis 2013)	Moyennes annuelles (à raison de 13 semaines d'échantillonnage réparties dans l'année)					
			2018	2017	2016	2015	2014	2013
Limoges (place d'Aine) Station 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
Guéret (Nicolas) Station de fond urbaine	benzène	1.9	0.7	0.7	0.9	0.8	0.6	0.8
	toluène	4.2	1.0	1.0	1.4	1.1	1.2	1.2
	éthylbenzène	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
	m/p-xylènes	1.1	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.9
	o-xylène	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4

Tableau 8 : synthèse des résultats en BTEX en Limousin

L'ensemble des concentrations mesurées de 2013 à 2018 est inférieur aux valeurs de référence.

2.8. Normes et accréditation associées aux polluants mesurés

Caractéristique mesurée	Matériel	Principe de la méthode	Référence de la méthode	Accréditation
Concentration en oxydes d'azote (NOx)	Analyseurs automatiques	Dosage du dioxyde d'azote et du monoxyde d'azote par chimiluminescence	NF EN 14211	 ACCREDITATION COFRAC N° 1-6354* Portée disponible sur www.cofrac.fr
Concentration en dioxyde de soufre (SO ₂)		Dosage du dioxyde de soufre par fluorescence UV	NF EN 14212	
Concentration en particules (PM10)		Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM10 ; PM2.5)	NF EN 16450	
Concentration en benzène	Préleveur	Échantillonnage par pompage suivi d'une désorption thermique et d'une méthode chromatographique en phase gazeuse	NF EN 14662-1	Pas d'accréditation
Concentration en B(a)P		Méthode normalisée pour la mesure de la concentration du benzo[a]pyrène dans l'air ambiant	NF EN 15549	
Concentration en métaux lourds dans l'air ambiant		Méthode normalisée pour la mesure du plomb, du cadmium, de l'arsenic et du nickel dans la fraction MP10 de matière particulaire en suspension	NF EN 14902	
Concentration en mercure dans l'air ambiant		Méthode pour la mesure du mercure dans la fraction MP10 de matière particulaire en suspension – Minéralisation AFS	Pas concerné	
Concentration en HAP		Méthode normalisée de mesurage gravimétrique pour la détermination de la concentration massique MP10 ou MP2,5 de matière particulaire en suspension	EN12341	
		Chromatographie liquide haute performance (HPLC) + détecteur à barrette de diodes (DAD) / Fluorescence (FLD)	NF EN 15549	
Dioxines et furannes chlorées en air ambiant		Détermination de la concentration massique en PCDD/PCDF et en PCB de type dioxine	XP CEN/TS 16645 NF EN 1948-2 NF EN 1948-3	
Concentration en dioxydes d'azote (NO ₂)		Echantillonneur passif	Méthode pour la détermination de la concentration du dioxyde d'azote au moyen d'échantillonneurs par diffusion	
Concentration en dioxyde de soufre (SO ₂)	Méthode pour la détermination de la concentration du dioxyde de soufre au moyen d'échantillonneurs par		Pas concerné	

		diffusion	
Concentration en benzène		Prélèvement par diffusion suivi d'une désorption thermique et d'une analyse par chromatographie en phase gazeuse	NF EN 14662-4 NF EN 16017 - 2
Métaux lourds dans les retombées atmosphériques	Jauges OWEN	Méthode normalisée pour la détermination des dépôts d'arsenic de cadmium, de nickel et de plomb	NF EN 15841
		Détermination des retombées atmosphériques totales	NF X 43-014
		Analyse des métaux après minéralisation par spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS)	NF EN ISO 17294-2
Mercure dans les retombées atmosphériques		Méthode normalisée pour la détermination des dépôts d'arsenic de cadmium, de nickel et de plomb	NF EN 15841
	Détermination des retombées atmosphériques totales	NF X 43-014	
	Analyse : minéralisation AFS	Pas concerné	
Dioxines et furannes chlorées dans les retombées atmosphériques		Détermination du benzo[a]anthracène, benzo[b]fluoranthène, benzo[j]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène ; benzo[a]pyrène, dibenz[a,h]anthracène et indeno[1,2,3-cd]pyrène dans les dépôts atmosphériques	NF EN 15980

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"

3. Organisation de l'étude

3.1. Matériel et méthode

3.1.1. 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



Figure 1 : tube passif (type Radiello)

la plus concentrée en polluants (air ambiant) vers la surface de l'adsorbant (cartouche) où ils sont captés et accumulés.

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.

3.1.2. 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.

3.1.3. 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

3.1.4. Préleveurs dynamiques haut volume pour la mesure des PCDD/F et métaux lourds dans l'air ambiant

Les dioxines-furannes et les métaux 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

3.1.5. 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 d'une capacité de 20 litres (en plastique PEHD pour les métaux lourds ou en verre pour les dioxines-furannes). 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. La surface de contact avec l'air ambiant est de 471 cm² (pour les jauges en verre) et de 707 cm² (pour les jauges en plastique).

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)

3.2. Dispositif de mesure

Le plan d'échantillonnage a été adapté au vu des résultats obtenus depuis 2012. Ainsi 5 sites de mesures ont été investigués (contre 7 les années précédentes). 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	Station 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 : synthèse des 5 sites de mesures

Les 4 sites de mesures sont représentés sur la Figure 4, ci-après.

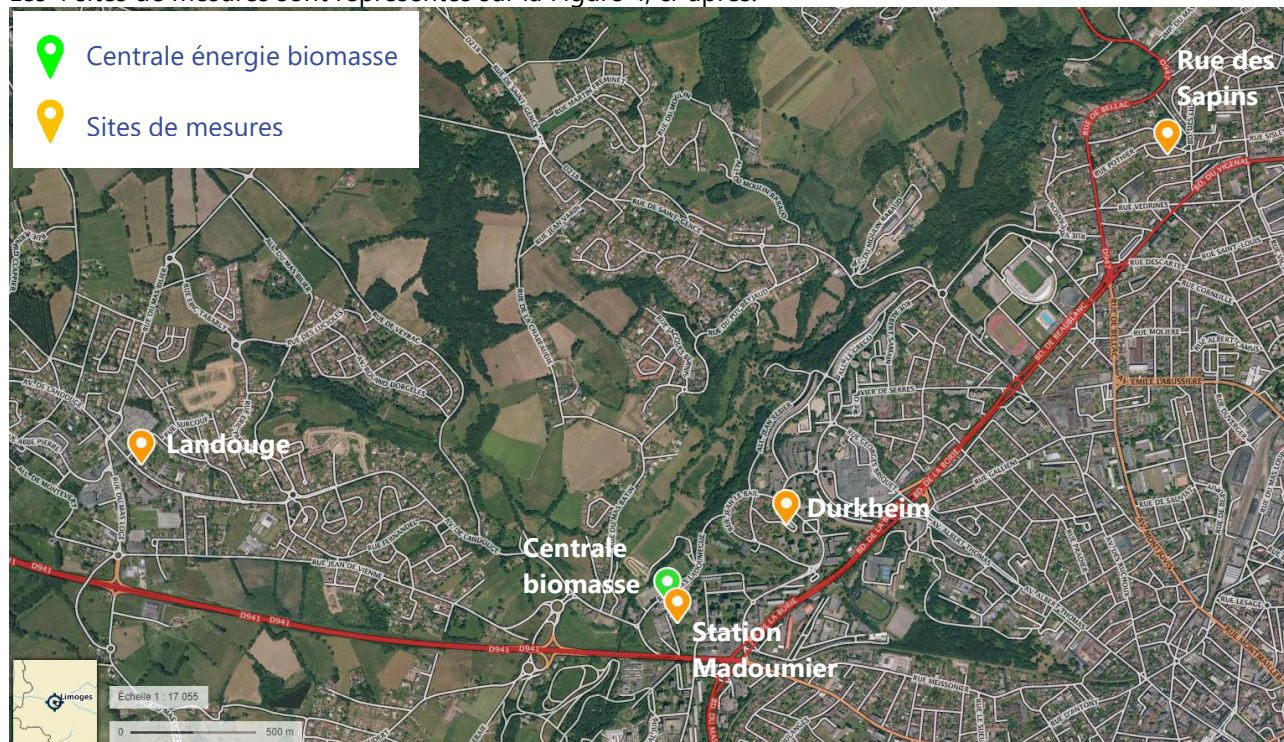


Figure 4 : carte de situation (Source : Geoportail)

Le matériel de mesure ainsi que les dates où ont été réalisées les mesures sont rassemblées dans le tableau suivant. **Cette année, suite à des incidents techniques, les mesures par analyseurs automatiques n'ont pas pu avoir lieu en même temps que les prélèvements.**

Polluants	Matrice de prélèvement	Sites	Dates de prélèvement
Dioxines-furannes	Air ambiant (préleveur haut volume)	Station Madoumier	20/11 au 27/11/19
		Durkheim	29/11 au 06/12/19
	Retombées atmosphériques (jauges en verre)	Station Madoumier	20/11/19 au 18/12/19
		Durkheim	
		Rue des sapins	
	Métaux lourds	Air ambiant (préleveur haut volume)	Station Madoumier
Durkheim			29/11 au 06/12/19
Retombées atmosphériques (jauges en PEHD)		Station Madoumier	20/11/19 au 18/12/19
		Durkheim	
		Rue des sapins	
HAP		Air ambiant (préleveurs bas volume)	Station Madoumier
	Durkheim		
NO2	Analyseurs automatiques	Station Madoumier	04/12/19 au 07/01/20
		Durkheim	
	Tubes passifs (Gradko)	Station Madoumier	20/11/19 au 18/12/19 (4*7 jours)
		Landouge (témoin)	
SO2	Analyseurs automatiques	Station Madoumier	04/12/19 au 07/01/20
		Durkheim	
	Tubes passifs (Radiello 166)	Station Madoumier	20/11/19 au 18/12/19 (4*7 jours)
		Landouge (témoin)	
PM10	Analyseurs automatiques	Station Madoumier	04/12/19 au 07/01/20
		Durkheim	
Benzène	Tubes passifs (Radiello 145)	Station Madoumier	20/11/19 au 18/12/19 (4*7 jours)
		Durkheim	
		Landouge (témoin)	

Tableau 11 : dates et matériels de mesure de la campagne

4. Conditions météorologiques

Direction et vitesse de vent

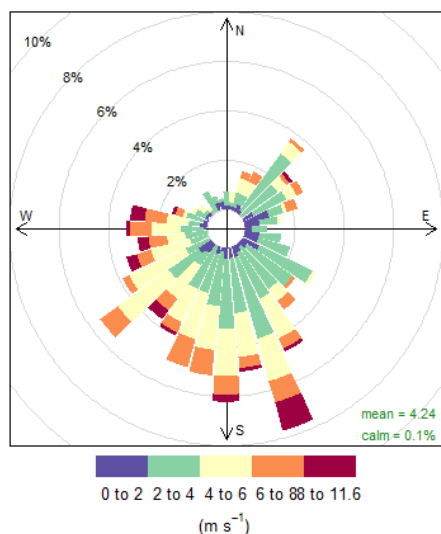
Le vent, sa direction ainsi que sa vitesse, jouent un rôle important dans l'impact des rejets gazeux et particulaires des industriels sur la qualité de l'air ambiant. En effet, il suffit qu'un point quelconque ne soit jamais sous les vents d'un industriel pour qu'il ne soit pas impacté par les émissions 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 Bellegarde », située à 6 km au nord-ouest de la chaufferie, pour deux périodes

- La période des prélèvements (du 20/11/2019 au 18/12/2019).
- La période des mesures automatique (du 04/12/2019 au 07/01/2020)

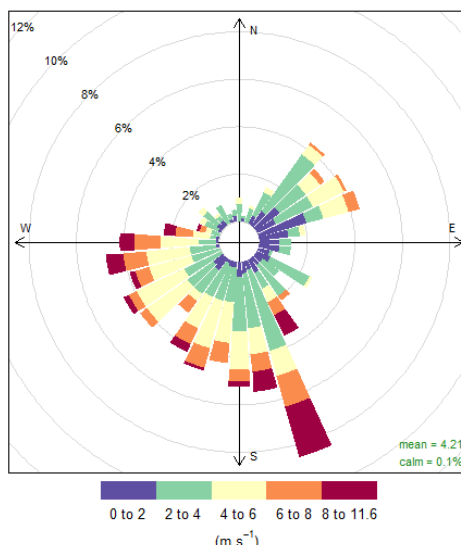
Prélèvements
20/11/2019 au 18/12/2019
 LIMOGES-BELLEGARDE (Météo-France)



Frequency of counts by wind direction (%)

Figure 5 : Rose des vents "Limoges-Bellegarde" du 20/11/2019 au 18/12/2019

Analyseurs automatiques
04/12/2019 au 07/01/2020
 LIMOGES-BELLEGARDE (Météo-France)



Frequency of counts by wind direction (%)

Figure 6 : Rose des vents "Limoges-Bellegarde" du 04/12/2019 au 07/01/2020

Sur la période de mesures, les vents proviennent majoritairement des secteurs Sud à Ouest.

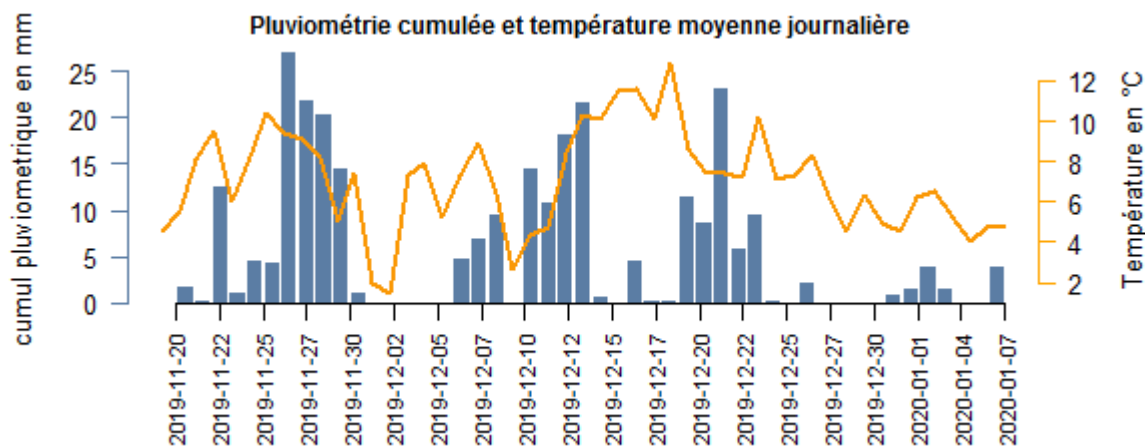


Figure 7 : évolution des précipitations et de la température à Limoge Bellegarde (du 20/11/2019 au 07/01/2019)

Pendant la période de mesures, les précipitations ont été abondantes (le cumul est de 200 mm) et réparties sur l'ensemble de la période en dehors de quelques jours d'accalmie début décembre puis fin décembre/début janvier. Ces précipitations peuvent contribuer à faire baisser les concentrations de polluants dans l'air ambiant.

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 20/11/2019 au 18/12/2019		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	7	200	7.2
Durkheim	40		
Sapins	35		
Landouge	25		

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

La station Madoumier a été peu exposée aux vents en provenance de la centrale de cogénération pendant la période de mesures. Les autres sites ont été bien exposés aux vents en provenance de la centrale de cogénération.

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.

Prélèvements de métaux et dioxines en air ambiant						
Sites	Du 20/11 au 27/11/19			Du 29/11 au 06/12/19		
	Expo en %	Précipitation en mm	Température en °C	Expo en %	Précipitation en mm	Température en °C
Station Madoumier	1	27	7.5	-	-	-
Durkheim	-	-	-	17	36	5.6

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

Le prélèvement réalisé sur Madoumier a été très peu exposé aux rejets de l'installation, les résultats ne seront donc pas représentatifs.

Prélèvements de HAP en air ambiant					
		Exposition des sites		Précipitation en mm	Température en °C
		Madoumier	Durkheim		
20-nov	21-nov	0 %	0 %	0	4.5
23-nov	24-nov	0 %	56 %	13	9.3
26-nov	27-nov	0 %	16 %	7	10.3
29-nov	30-nov	4 %	68 %	20	8.0
02-déc	03-déc	44 %	0 %	0	1.8
05-déc	06-déc	32 %	0 %	0	7.8
08-déc	09-déc	0 %	100 %	7	8.9
11-déc	12-déc	8 %	56 %	14	4.2
14-déc	15-déc	0 %	100 %	22	10.3
17-déc	18-déc	4 %	48 %	5	11.4

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

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 04/12/2019 au 07/01/2020		
	Exposition (en %)	Précipitation (cumul en mm)	Température moyenne (°C)
Madoumier	7	160	7.3
Durkheim	40		

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

5. Résultats

5.1. Dioxines et furannes

5.1.1. Dioxines-furannes dans les retombées atmosphériques

Les jauges de dépôt en verre ont été exposées pendant 1 mois du 20/11/19 au 18/12/19. Les concentrations nettes de dioxines et furannes sont présentées en annexe.

Seules les familles d'homologues de dioxines HxCDD, HpCDD OCDD et OCDF ont été quantifiées au cours de cette campagne de mesures sur certains sites. Comme en 2018, les concentrations les plus faibles sont observées sur le site « station Madoumier » qui est le site le plus proche de la centrale.

Les concentrations nettes totales observées en 2019 sont du même ordre de grandeur que celles observées les années précédentes. Les concentrations nettes totales à la station Madoumier et à Durkheim sont du même ordre de grandeur que la concentration mesurée sur le site témoin (rue des Sapins) situé en dehors de l'influence de la chaufferie. Ainsi, pendant la période de mesures, les activités de la chaufferie n'ont pas d'impact sur les retombées de dioxines et furannes.

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	Station 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>	0.02	0.07
OCDD	0.001	0.01	0.01	0.03
2,3,7,8-TCDF	0.1	<i>0.02</i>	<i>0.02</i>	<i>0.02</i>
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	<i>0.02</i>	<i>0.02</i>	<i>0.02</i>
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	<i>0.02</i>	<i>0.18</i>	<i>0.18</i>
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	<i>0.18</i>	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	<i>0.04</i>	<i>0.04</i>	<i>0.04</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>0.04</i>	<i>0.01</i>	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	<i>0.01</i>	<i>0.01</i>	<i>0.01</i>
OCDF	0.001	<i>0.01</i>	<i>0.00</i>	0.00
TOTAL	-	0.84	0.85	0.94

Tableau 16 : 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 (voir Annexe), les résultats de la présente étude sont cette année encore très faibles.

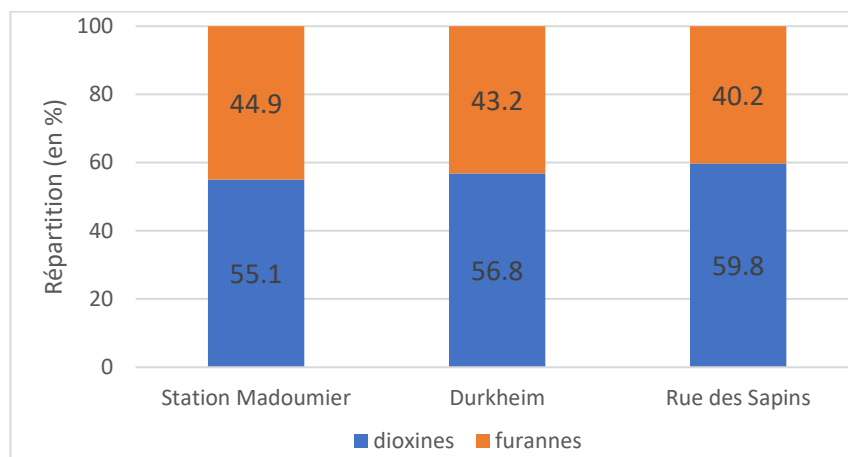


Figure 8 : répartition entre dioxines et furannes dans les retombées en I-TEQ

Comme les années précédentes, les dioxines sont légèrement prépondérantes par rapport aux furannes (en I-TEQ).

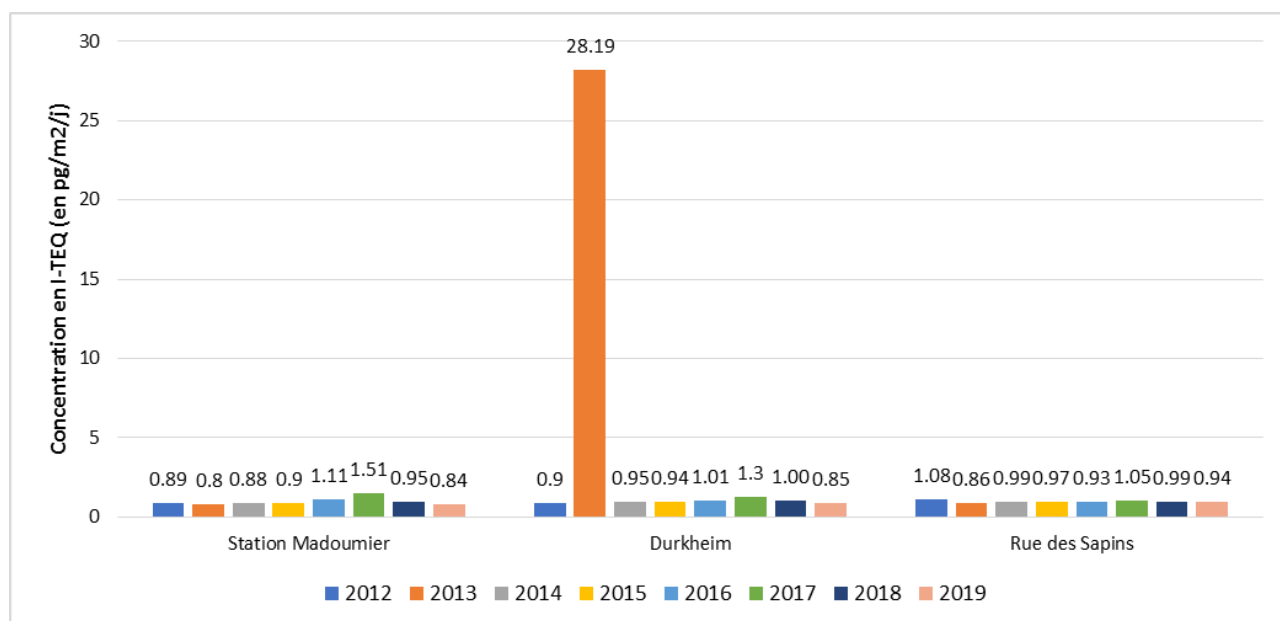


Figure 9 : évolution des concentrations en I-TEQ des dioxines-furannes dans les retombées

Les concentrations en I-TEQ observées en 2019 sont du même ordre de grandeur que celles observées les années précédentes.

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

5.1.2. Dioxines-furannes en air ambiant

Les dioxines-furannes ont été prélevées en air ambiant sur filtres par un préleveur haut volume du 20 au 27/11/2019 sur le site de la station Madoumier puis du 29/11 au 06/12/2019 sur le site de 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	Station Madoumier	Durkheim
2,3,7,8-TCDD	1	<i>0.22</i>	0.36
1,2,3,7,8-PeCDD	1	0.59	0.81
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.13	0.16
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.28	0.73
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.20	0.44
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.27	0.69
OCDD	0.001	0.04	0.12
2,3,7,8-TCDF	0.1	0.16	1.17
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	0.06	0.23
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	0.86	5.48
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.15	0.52
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.13	0.47
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	0.19	0.61
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.04	0.21
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.05	0.21
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.01	0.03
OCDF	0.001	0.00	0.02
TOTAL	-	3.37	12.26

Tableau 17 : 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)

Les concentrations sont plus élevées en 2019 sur le site Durkheim, plus exposé aux vents provenant de la chaufferie (17% du temps) que le site Madoumier (1 % du temps).

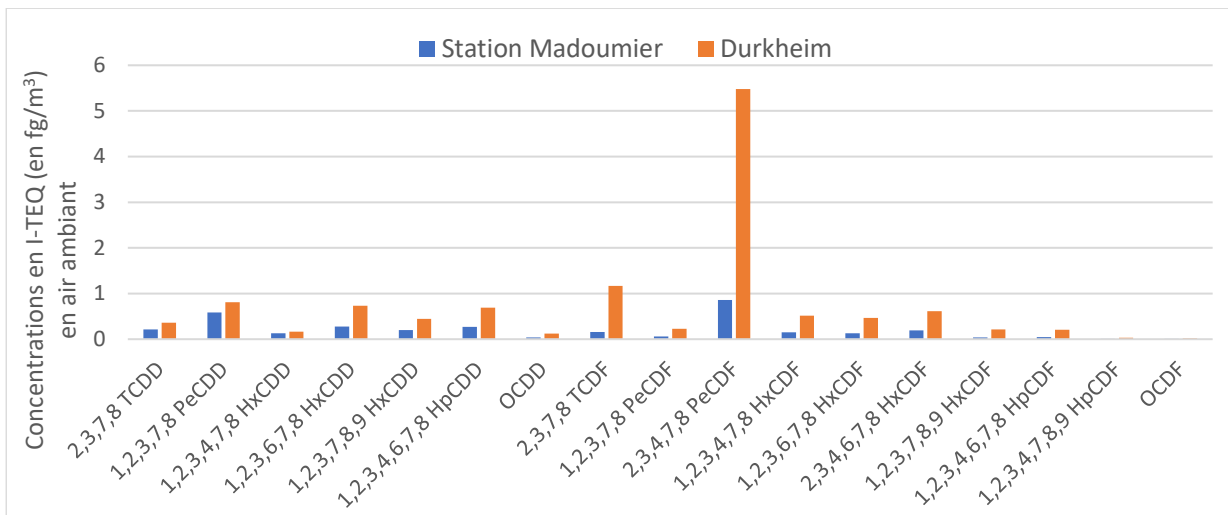


Figure 10 : concentrations des dioxines-furannes en équivalent toxique en air ambiant

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

Les concentrations sur le site de Madoumier, qui n’a presque pas été exposé aux vents provenant de la chaufferie, sont parmi les plus faibles mesurées ces dernières années. Sur le site de Durkheim, exposé pendant 17% du temps, les valeurs sont élevées que celle de 2018, mais conformes à ce qui a été mesuré sur le site ces dernières années.

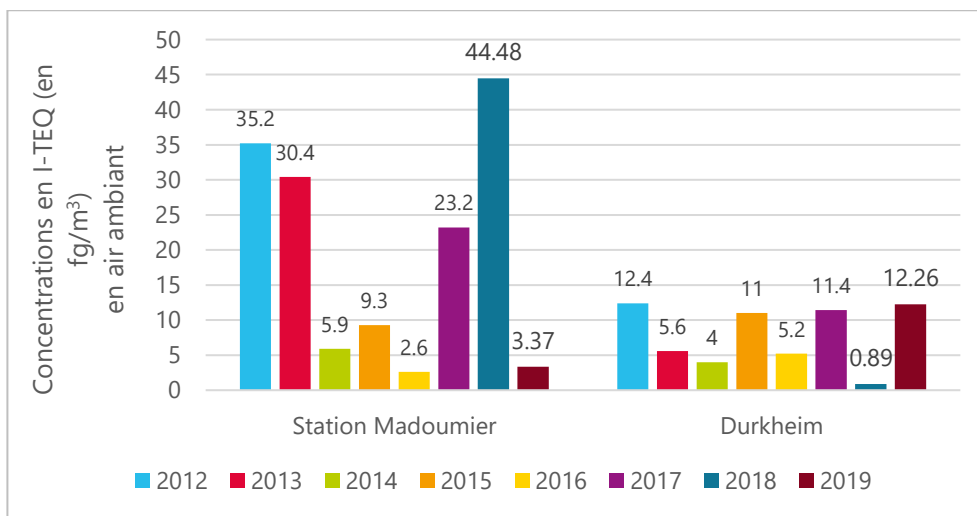


Figure 11 : évolution des concentrations en I-TEQ des dioxines-furannes dans l'air ambiant

5.2. Métaux

5.2.1. Métaux dans les retombées atmosphériques

Les jauges de dépôt en plastique (PEHD) ont été exposées pendant 1 mois du 20/11/2019 au 18/12/2019. La surface de collecte de ces jauges est de 707 cm².

Métaux	Concentrations (en µg/m ² /j)			Valeurs de référence allemande et suisse (en µg/m ² /j)
	Station Madoumier	Durkheim	Rue des Sapins	
V – Vanadium	1.15	1.34	1.13	-
Cr – Chrome	0.86	0.94	0.77	-
Mn – Manganèse	32.20	42.56	9.12	-
Co – Cobalt	0.19	0.24	0.20	-
Ni – Nickel	0.39	2.63	0.17	15
Cu – Cuivre	12.48	17.89	11.00	-
Zn – Zinc	25.99	25.65	18.90	400
As – Arsenic	0.66	0.79	0.59	4
Se – Sélénium	0.38	0.48	0.52	-
Cd - Cadmium	< LQ	0.89	< LQ	2
Sn – Etain	0.16	0.44	0.38	-
Sb – Antimoine	0.14	0.17	0.15	-
Te – Tellure	< LQ	< LQ	< LQ	-
Tl – Thallium	< LQ	< LQ	< LQ	2
Pb – Plomb	< LQ	8.32	< LQ	100
Hg - Mercure	< LQ	< LQ	< LQ	1

Tableau 18 : 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 de la station Madoumier et Durkheim sont : le manganèse (Mn), le zinc (Zn) et le cuivre (Cu). Une concentration plus élevée en plomb a également été quantifiée cette année sur le site Durkheim. Elle reste très inférieure au seuil de référence de 100 µg/m²/j.

Par rapport au site de référence « rue des Sapins », les valeurs des deux sites exposés (Madoumier et Durkheim) sont plus élevées en particulier pour le manganèse et le nickel. Pour ces deux métaux, les concentrations sont plus élevées sur le site Durkheim (exposé 40% du temps) que sur le site Madoumier (exposé 7% du temps). Il est donc probable que la chaufferie soit à l'origine d'une partie de la présence de ces deux métaux.

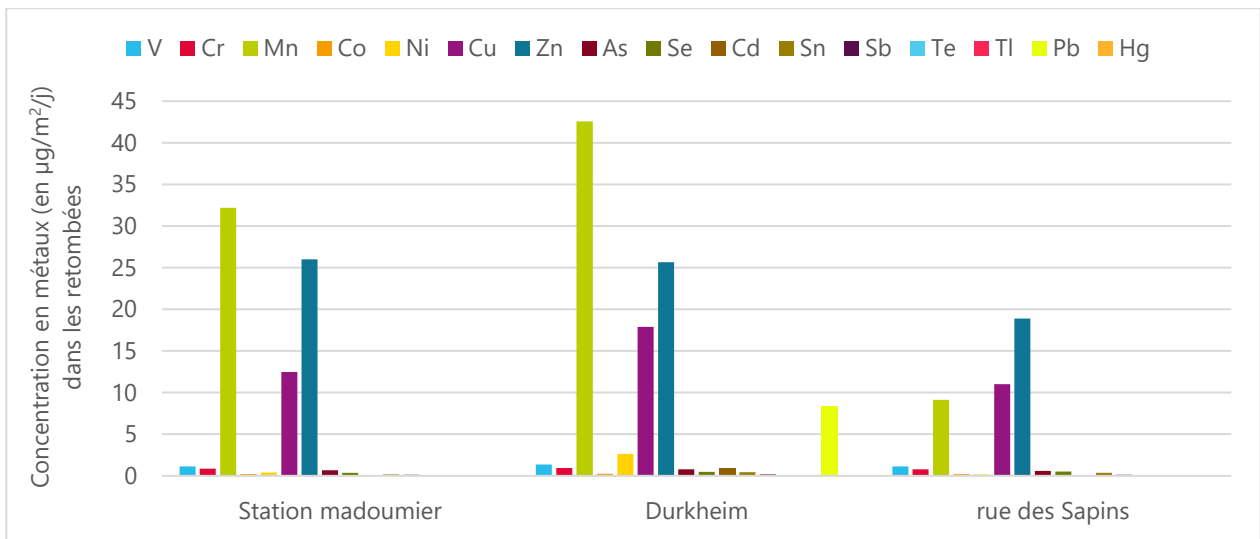


Figure 12 : concentrations en métaux dans les retombées

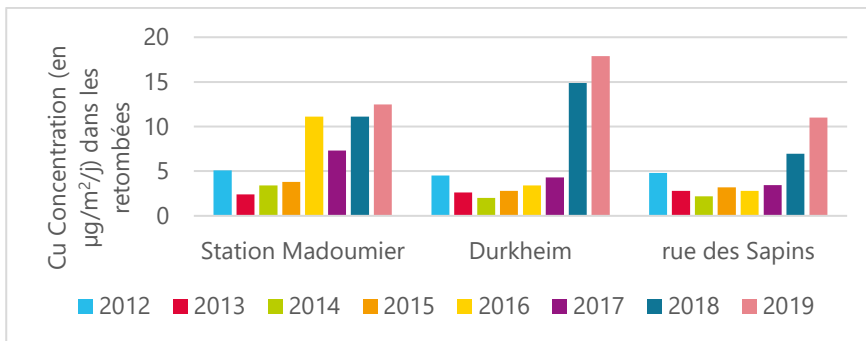


Figure 13 : évolution des concentrations en cuivre (Cu) dans les retombées

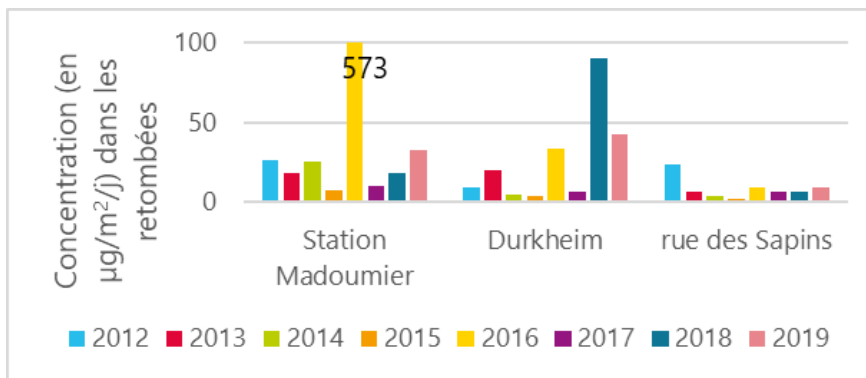


Figure 14 : évolution des concentrations en manganèse (Mn) dans les retombées

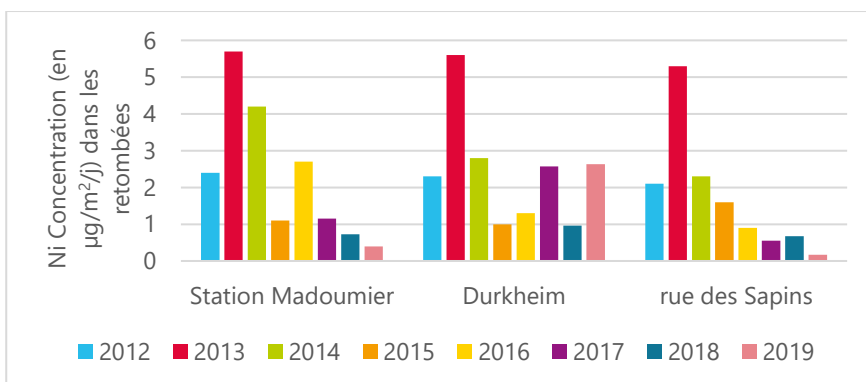


Figure 15 : évolution des concentrations en nickel (Ni) dans les retombées

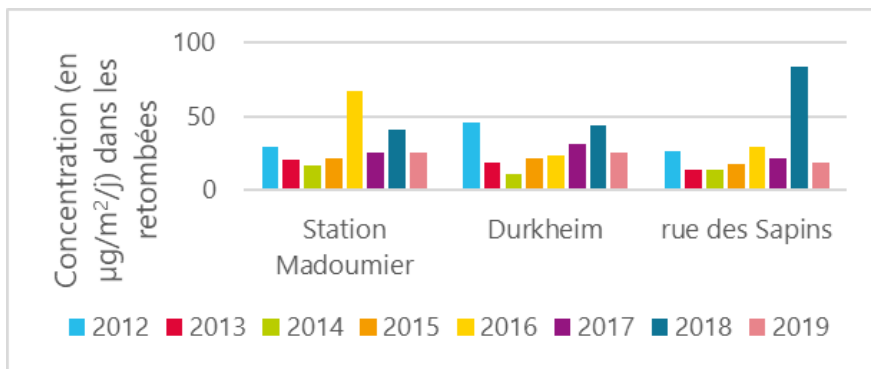


Figure 16 : évolution des concentrations en **zinc (Zn)** dans les retombées

De même qu'en 2018, les concentrations de 2019 de cuivre sont plus élevées que les années précédentes. 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 Zinc le Nickel, les concentrations sont conformes à celles des années précédentes. Les concentrations de Manganèse sont en légère augmentation.

5.2.2. Métaux en air ambiant

Les métaux ont été prélevés en air ambiant sur filtres par un préleveur haut volume du 20 au 27/11/19 sur le site de la station Madoumier puis du 29/11 au 6/12/18 sur le site de Durkheim. Environ 4700 m³ d'air ont ainsi été prélevé sur chacun des sites. Pour rappel, la station Madoumier a été exposée pendant 1% du temps seulement aux vents en provenance de la centrale alors que Durkheim a été exposé 17 % du temps.

Métaux	Concentrations (en ng/m ³)		Valeurs de référence (en ng/m ³)
	Station Madoumier	Durkheim	
V – Vanadium	0.2	0.2	-
Cr – Chrome	0.7	1.5	-
Mn – Manganèse	1.3	3.1	-
Co – Cobalt	<LQ	<LQ	-
Ni – Nickel	0.3	0.4	20 (valeur cible)
Cu – Cuivre	5.2	10.6	-
Zn – Zinc	7.9	9.3	-
As – Arsenic	0.1	0.3	6 (valeur cible)
Se – Sélénium	<LQ	0.2	-
Cd – Cadmium	0.0	0.1	5 (valeur cible)
Sn – Etain	1.6	2.0	-
Sb – Antimoine	0.3	0.4	-
Te – Tellure	<LQ	<LQ	-
Tl – Thallium	<LQ	<LQ	-
Pb – Plomb	0.7	1.1	250 (objectif de qualité) 500 (valeur limite)
Hg - Mercure	<LQ	<LQ	-

Tableau 19 : concentrations en métaux dans l'air ambiant (< LQ = inférieur aux limites de quantification)

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

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

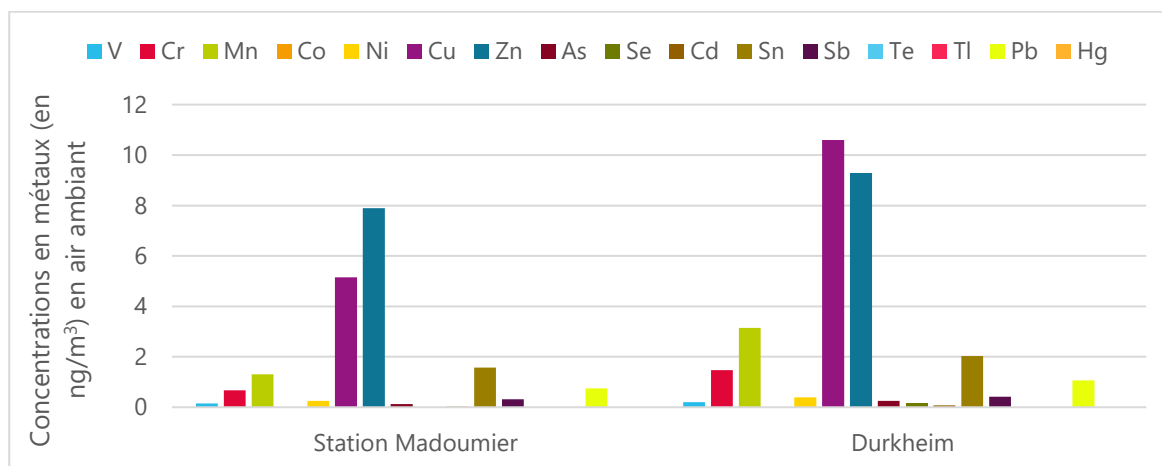


Figure 17 : concentrations en métaux dans l'air ambiant

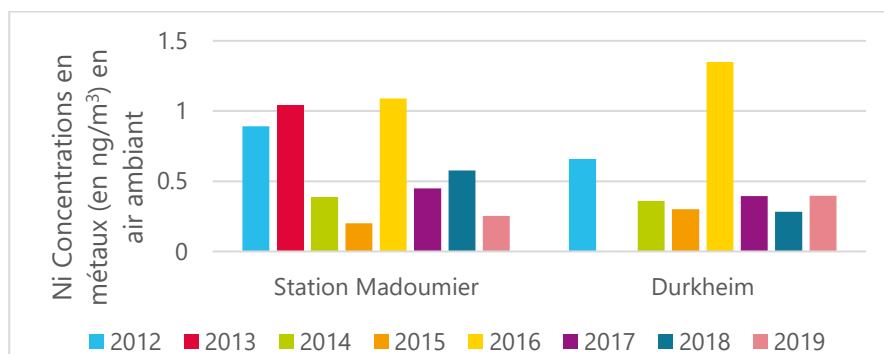


Figure 18 : évolution des concentrations en nickel (Ni) en air ambiant

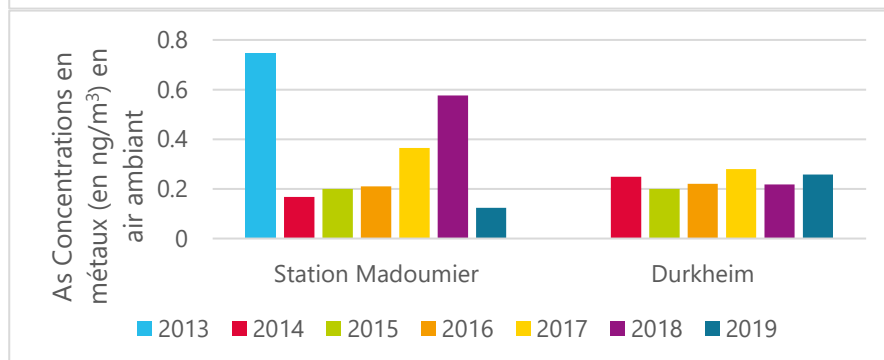


Figure 19 : évolution des concentrations en arsenic (As) en air ambiant

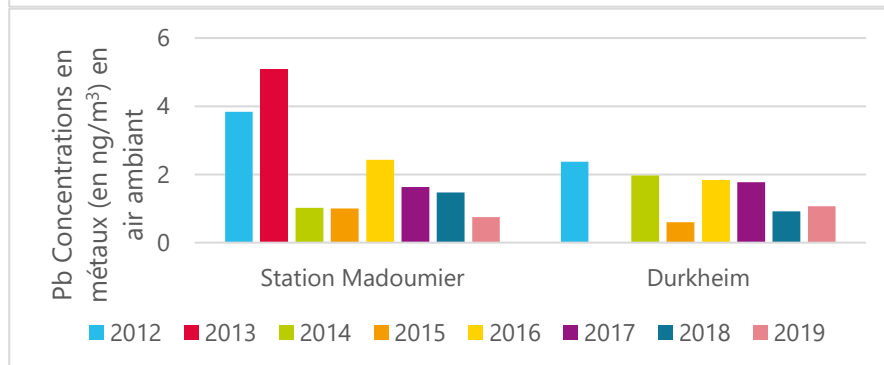


Figure 20 : évolution des concentrations en plomb (Pb) en air ambiant

Quel que soit le composé, on observe peu de différence dans les concentrations en 2019 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 20 à 23% de la valeur mesurée sur le filtre exposé et de 9% pour le zinc. Les concentrations de Madoumier pour ces trois éléments sont donc potentiellement surestimées d'autant.

Des traces de Chrome et zinc ont été analysées sur le blanc terrain de Durkheim, mais dans de faibles proportions en regard des concentrations analysées sur le filtre exposé.

	Contamination du blanc terrain en % de la valeur du filtre exposé.				
	Cr – Chrome	Mn – Manganèse	Ni – Nickel	Cu – Cuivre	Zn – Zinc
Madoumier - Blanc terrain	23%	2%	20%	1%	9%
Durkheim - Blanc terrain	3%	-	-	-	2%

Tableau 20 : Contamination des filtres blanc terrain – métaux lourds

5.3. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les HAP dans l'air ambiant ont été prélevés sur filtres au moyen de deux préleveurs bas débit, à raison de 24 heure de prélèvement toutes les 72 heures (soit 240 heures de fonctionnement réparties entre le 20 novembre et le 18 décembre 2019). Les prélèvements ont eu lieu en parallèle sur les deux sites de la station 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)
	Station Madoumier	Durkheim	
Phénanthrène	0.09	0.10	-
Anthracène	0.01	0.01	-
Fluoranthène	0.13	0.11	-
Pyrène	0.72	0.65	-
Benzo(a)anthracène	0.18	0.17	-
Chrysène	0.27	0.25	-
Benzo(j)fluorantène	0.14	0.13	-
Benzo(b)fluorantène	0.41	0.36	-
Benzo(k)fluorantène	0.17	0.16	-
Benzo(a)Pyrène	0.48	0.40	1 (valeur cible)
Dibenzo(a,h)anthracène	0.04	0.03	-
Benzo(g,h,i)perylène	0.33	0.33	-
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0.20	0.10	-

Tableau 21 : concentrations moyennes sur la période d'échantillonnage des HAP en air ambiant (< LQ = inférieur aux limites de quantification)

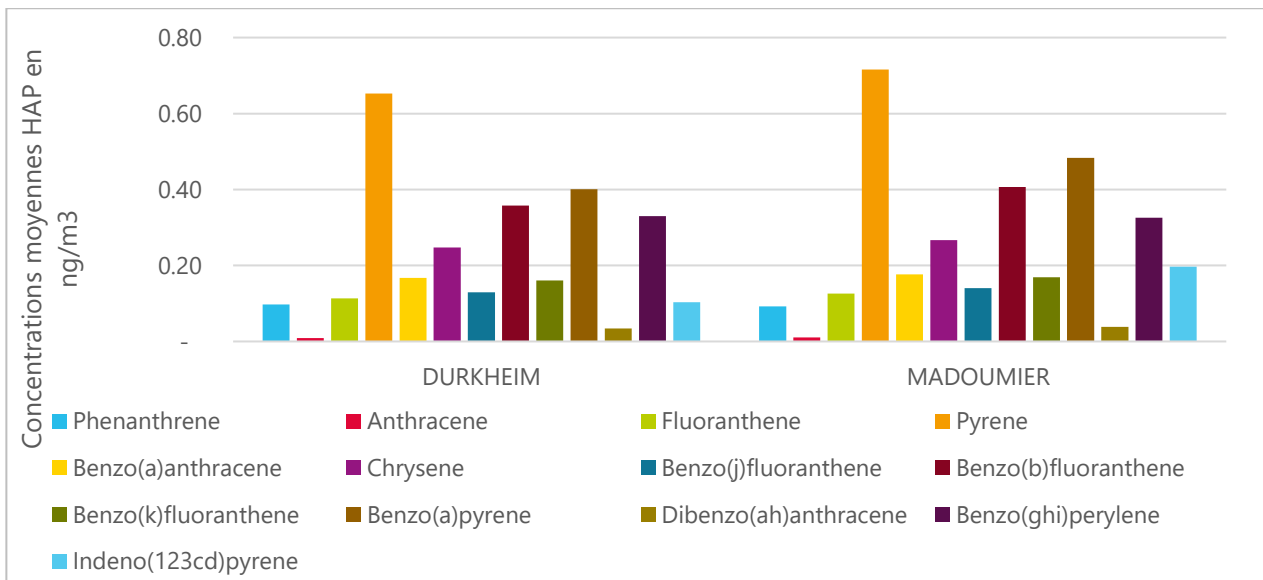


Figure 21 : concentrations moyennes sur la période d'échantillonnage des HAP en air ambiant

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.

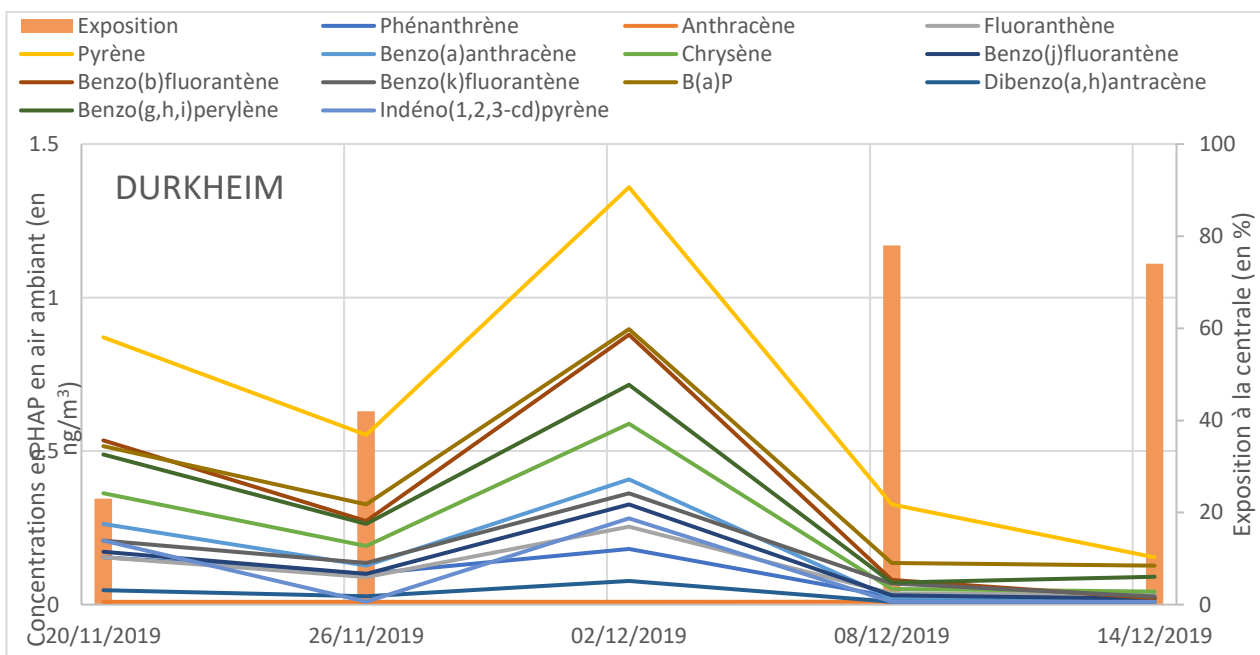


Figure 22 : détails des concentrations en HAP en air ambiant sur le site de **Durkheim** (au regard de l'exposition)

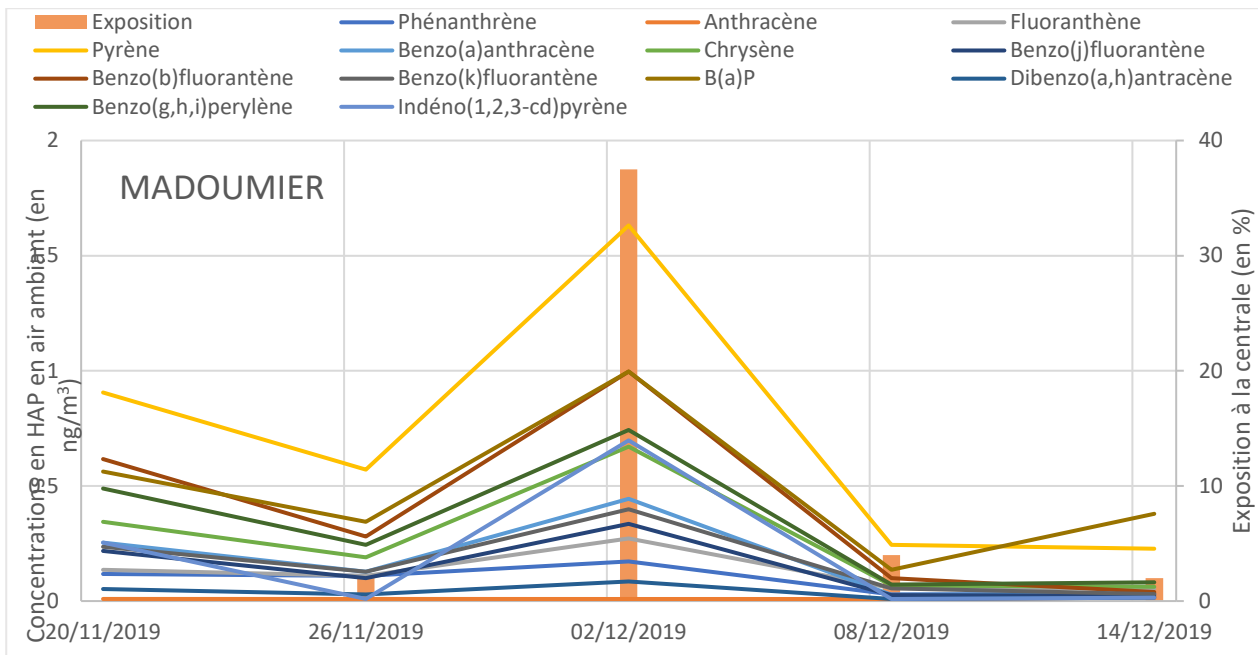


Figure 23 : détails des concentrations en HAP en air ambiant sur le site de la station **Madoumier** (au regard de l'exposition)

Dans le cas du site Madoumier, le plus proche de la chaufferie, les valeurs de HAP les plus élevées sont mesurées sur le prélèvement le plus exposé aux vents provenant de la cheminée, traduisant l'impact potentiel de la chaufferie sur les HAP.

A l'inverse, sur le site plus éloigné de Durkheim, les prélèvements les plus exposés sont également ceux où les concentrations en HAP sont les plus faibles,

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

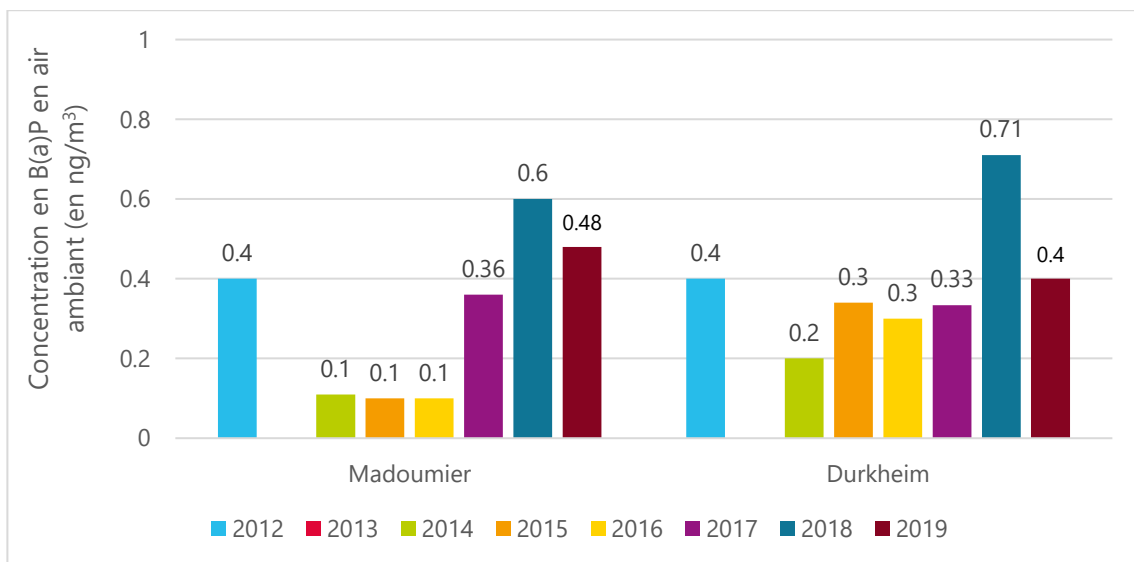


Figure 24 : évolution des concentrations en B(a)P en air ambiant depuis 2012

Sur les deux sites de mesures, les concentrations en B(a)P sont plus faibles que celles mesurées en 2018, et du même ordre de grandeur que les années précédentes.

5.3.1. Analyse des blancs terrains de HAP

Deux blancs terrains ont été réalisés du 19/11 au 23/11/2019 sur Madoumier et Durkheim. Un seul composé, le Benzo(a) pyrène, a été détecté sur le prélèvement réalisé sur Madoumier, avec une concentration très inférieure à celle mesurée sur les filtres exposés.

Les résultats de benzo(a)pyrène du site Madoumier sont donc potentiellement légèrement surestimés.

	Concentration de Benzo(a)pyrène en ng/filtre					
	Blanc terrain	20/11/19	26/11/19	2/12/19	8/12/19	14/12/19
Madoumier	1.3	62	38	110	15	25
Durkheim	<1	57	36	99	15	14

5.4. Dioxyde d'azote (NO₂)

Le NO₂ a été mesuré de 2 façons différentes :

- en continu, avec des analyseurs automatiques, sur les sites de la station Madoumier et de Durkheim du 04/12/19 au 07/01/20
- et au moyen de tubes à diffusion passive sur les sites de la station Madoumier, et Landouge pendant 4 semaines du 20/11/19 au 18/12/19. Le site de 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)					Moyenne des 4 semaines
	Du 20/11/19	27/11/19	04/12/19	11/12/19		
	Au 27/11/19	04/12/19	11/12/19	18/12/19		
Station Madoumier	17.0	11.5	16.6	13.0		14.5
Landouge	10.3	7.5	12.3	5.1		8.8

Tableau 22 : concentrations hebdomadaires en NO₂ par tubes passifs

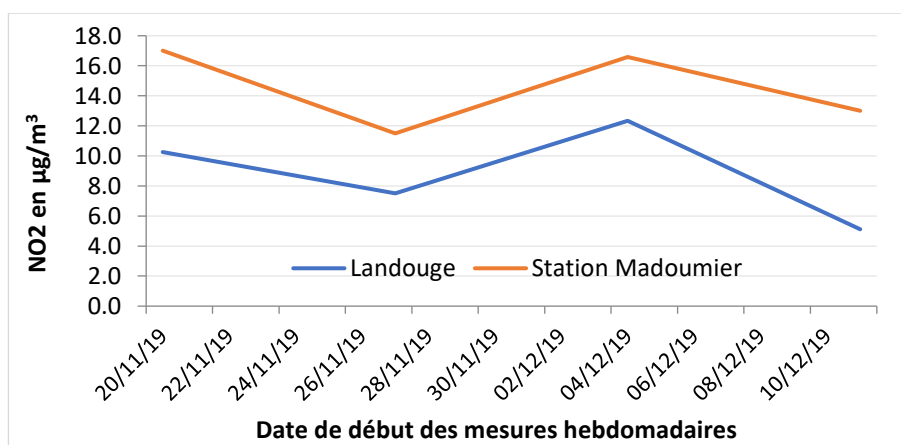


Figure 25 : évolution des concentrations moyennes en NO₂ au cours des 4 semaines de mesures

Les concentrations en NO₂ sont faibles au cours des 4 semaines de mesures. Les concentrations mesurées à la station Madoumier sont un peu supérieures à celles mesurées sur le site de fond de 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).

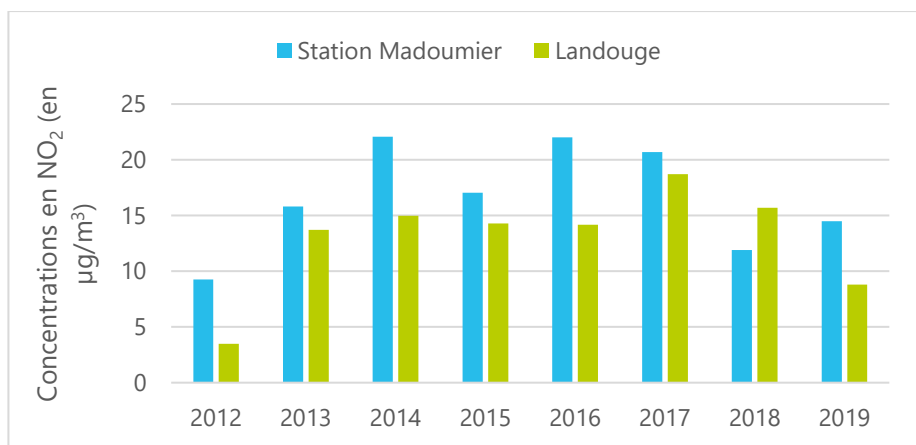


Figure 26 : évolution des concentrations en NO₂ depuis 2012

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 04/12/19 au 07/01/20 sur les sites de la station Madoumier et de 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) du 04/12/19 au 07/01/20			
	Station Madoumier	Durkheim	Limoges pl. d'Aine (station trafic)	Limoges Berland (station fond urbain)
Moyenne	11	17	31	20

Tableau 23 : Concentrations moyennes NO₂ – analyseurs automatiques

Pendant la campagne de mesures, les concentrations en NO₂ sont supérieures sur Durkheim par rapport à Madoumier. Les concentrations sur Madoumier 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 très inférieures aux valeurs de la station trafic Place d'Aine à Limoges.

Les concentrations moyennes horaires en NO₂ sont très largement inférieures au seuil d'alerte (qui est de 400 µg/m³ en moyenne horaire) et au seuil d'information/recommandations (qui est de 200 µg/m³ en moyenne horaire).

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).

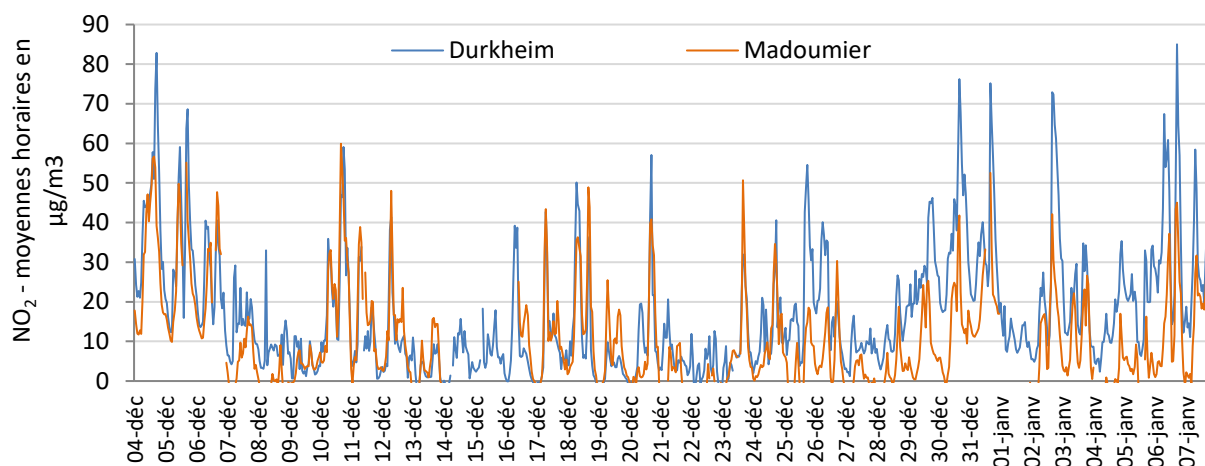


Figure 27 : concentrations moyennes horaires NO₂ du 04 décembre 2019 au 07 janvier 2020

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

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

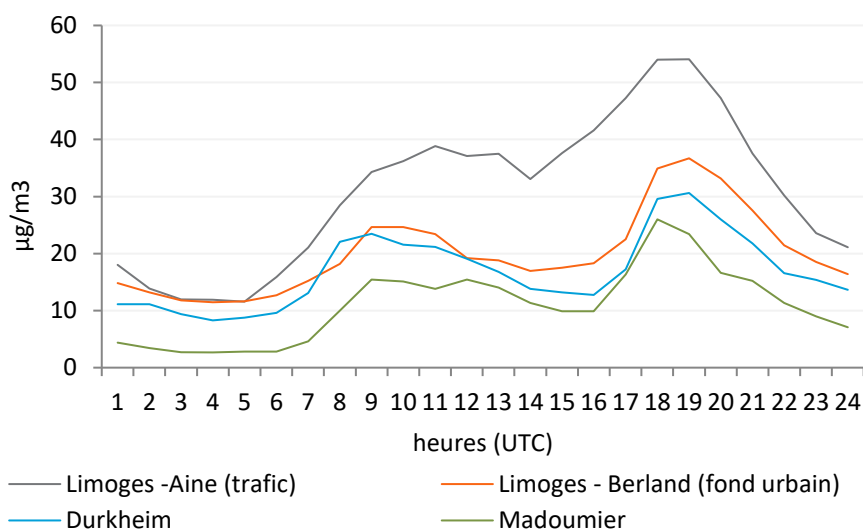


Figure 28 : profil moyen journalier du NO₂ (pendant la période de mesures)

Le NO₂ est un polluant principalement émis par le trafic routier. Le profil moyen journalier du NO₂ présente deux augmentations des concentrations le matin vers 8h TU (soit 7h locale) puis le soir vers 19h TU (soit 18h locale) qui correspondent aux trajets « domicile-travail ». Ainsi le NO₂ sur les stations de Madoumier et Durkheim semble être influencé par le trafic routier environnant au même titre que les stations fixes de la place d'Aine et de Présidial.

5.5. Dioxyde de soufre (SO₂)

Le SO₂ a été mesuré de 2 façons différentes.

- en continu, avec des analyseurs automatiques, sur les sites de la station Madoumier et de Durkheim (du 04/12/2019 au 07/01/19).
- au moyen de tubes à diffusion passive sur les sites de la station Madoumier, et Landouge pendant 4 semaines du 20/11/19 au 18/12/19. Le site de 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)				
	Du 20/11/19	27/11/19	04/12/19	11/12/19	Moyenne des 4 semaines
	Au 27/11/19	04/12/19	11/12/19	18/12/19	
Station Madoumier	1.03	0.36	0.55	<0.17	0.53
Landouge	<0.17	<0.17	<0.17	<0.17	<0.17

Tableau 24 : concentrations hebdomadaires en SO₂ par tubes passifs

L'ensemble des prélèvements du site Landouge présente une concentration en SO₂ inférieure à la limite de quantification (qui est ici de 0.17 µg/m³). Des concentrations très faibles mais supérieures aux limites de quantification ont été mesurées sur la station Madoumier. La moyenne de 0.53 µg/m³ est faible et conforme à des niveaux de fond (à titre de comparaison, l'objectif de qualité pour le SO₂ dans la réglementation Française est de 50µg/m³ en moyenne annuelle).

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).

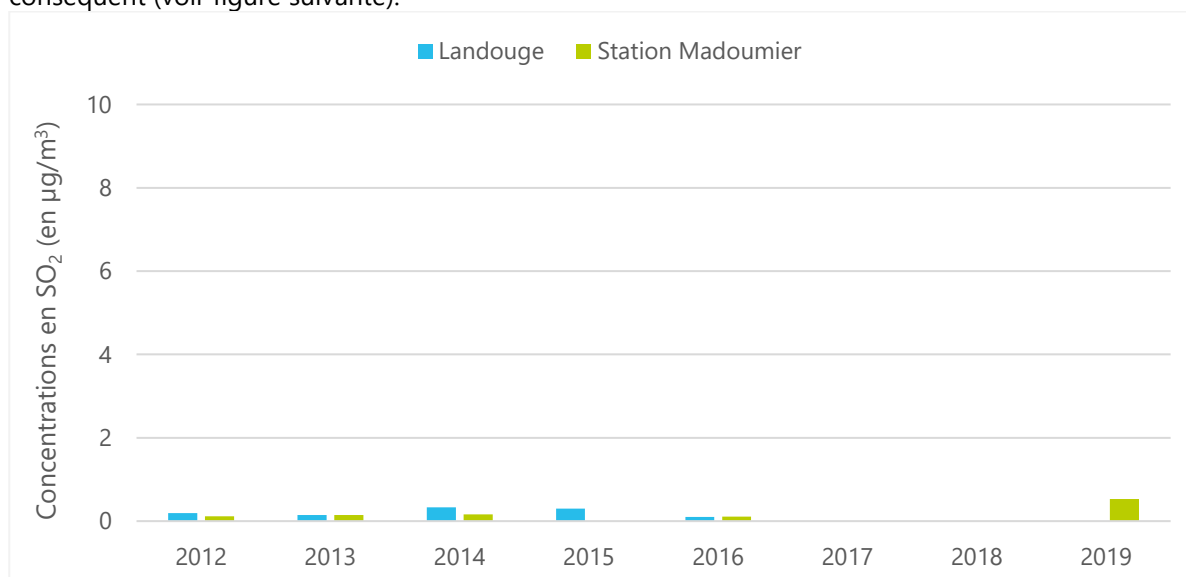


Figure 29 : évolution des concentrations en SO₂ depuis 2012

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 04/12/19 au 07/01/20 sur les sites de la station Madoumier et de 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) du 04/12/19 au 07/01/20			
	Station Madoumier	Durkheim	St Junien (fond urbain)	Saillat-sur-Vienne (station industrielle)
Moyenne	0.38	0.01	0.95	2.55
Nombre de dépassements de 300µg/m ³ en moyenne horaire	0	0	0	0

Tableau 25 : Données de synthèse sur la campagne de mesure des SO₂ du 04/12 au 07/01/2020

Pendant la campagne de mesures, les concentrations en SO₂ sont du même ordre de grandeur entre les sites de la station Madoumier et de Durkheim.

Pendant la campagne de mesures, les concentrations en SO₂ moyennes et maximales à la station Madoumier et à Durkheim sont du même ordre de grandeur que les niveaux observés sur les stations fixes de Saint Junien (fond urbain) et inférieures à celles 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.

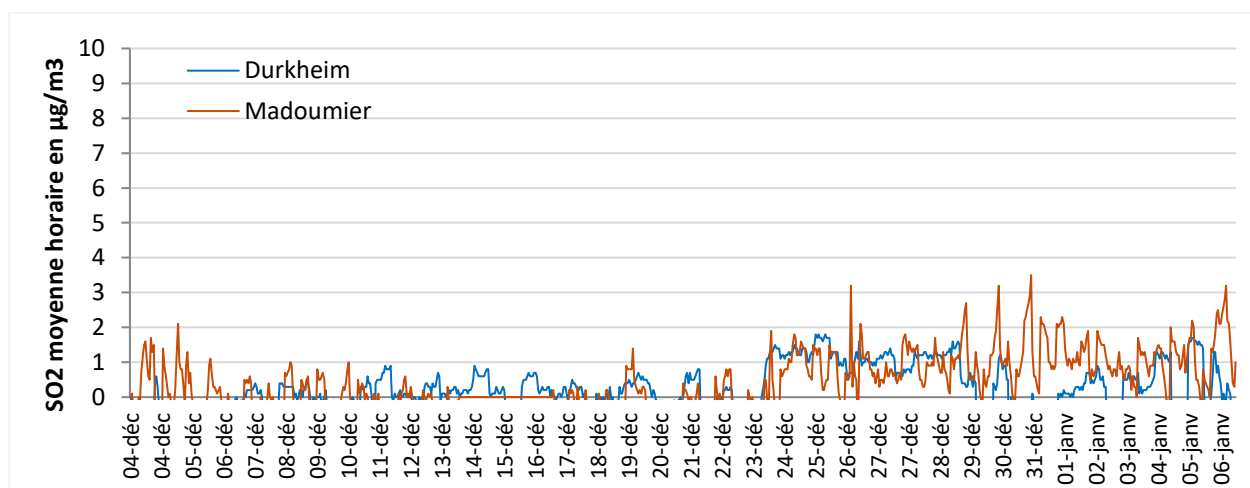


Figure 30 : évolution des concentrations en SO₂ pendant la période de mesures (données horaires)

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

5.6. Particules en suspension (PM10)

Les PM10 ont été mesurés en continu, avec des analyseurs automatiques, sur les sites de la station Madoumier et de Durkheim (du 04/12/19 au 07/01/20). 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) Du 04/12/19 au 07/01/20			
	Station Madoumier	Durkheim	Limoges pl. d'Aine (station trafic)	Limoges Présidial (station fond urbain)
Moyenne	15	14	17	15
Nombre de dépassements de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière	0	0	0	0

Tableau 26 : Données de synthèse sur la campagne de mesure des PM10 du 04/12 au 07/01/2020

Pendant la campagne de mesures, les concentrations en PM10 sont du même ordre de grandeur entre les sites de la station Madoumier et de Durkheim. Elles sont également du même ordre de grandeur que les niveaux observés sur la station fixe de fond urbain à Limoges et un peu inférieur aux valeurs mesurées en proximité du trafic à Limoges.

Les concentrations moyennes journalières en PM10 sont inférieures au seuil d'alerte (qui est de $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière) et au seuil d'information/recommandations (qui est de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière) sur la période de mesure.

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).

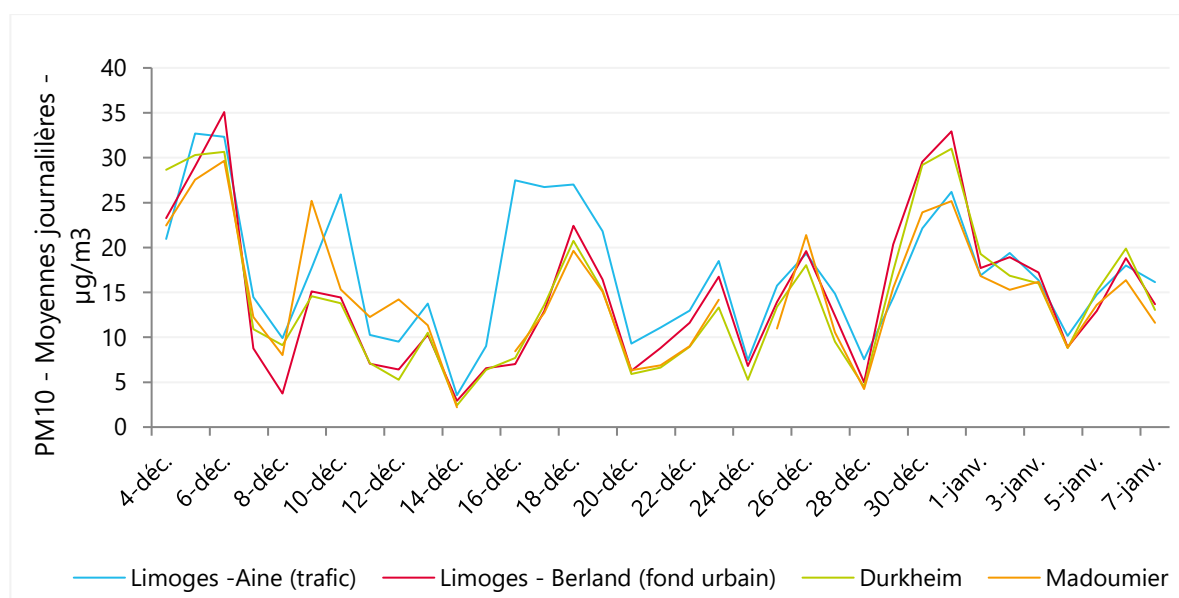


Figure 31 : évolution des concentrations en PM10 au cours de la campagne de mesures (moyennes journalières)

L'évolution des concentrations au cours du temps est très similaire entre les différents sites de mesures. Sur la période du 08 au 14 décembre, les concentrations ont été un peu supérieures à celles des autres sites de fond sur la station Madoumier.

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

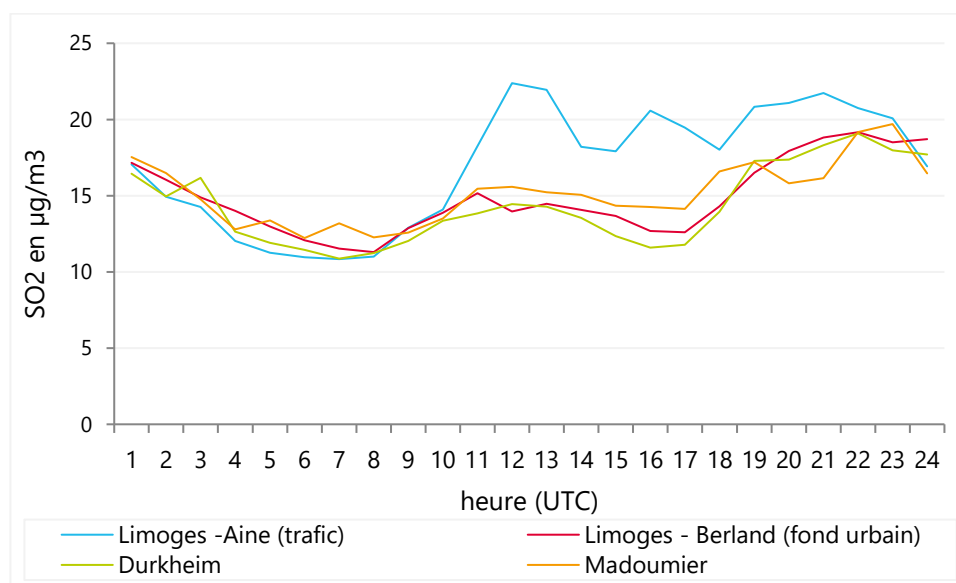


Figure 32 : profil moyen journalier des PM10 pendant la période de mesures

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 TU (8h heure locale) puis une seconde augmentation de plus faible intensité le soir vers 18h TU (17h heure locale) 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	Concentrations (en µg/m ³)					
	Du 20/11/19	27/11/19	04/12/19	11/12/19	Moyenne des 4 semaines	Blanc Terrain
	Au 27/11/19	04/12/19	11/12/19	18/12/19		
Station Madoumier	0.73	0.92	0.78	0.25	0.67	0.03
Durkheim	1.24	1.22	1.08	0.34	0.97	
Landouge	0.66	0.94	0.88	0.27	0.69	
Limoges pl. d'Aine (station trafic)	Du 21/11/19 au 28/11/19 = 0.61 µg/m ³					

Tableau 27 : 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 légèrement supérieures à la concentration mesurée sur la place d'Aine (centre de Limoges, station trafic d'Atmo Nouvelle-Aquitaine).

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 inférieures à l'objectif de qualité annuel (qui est de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle).

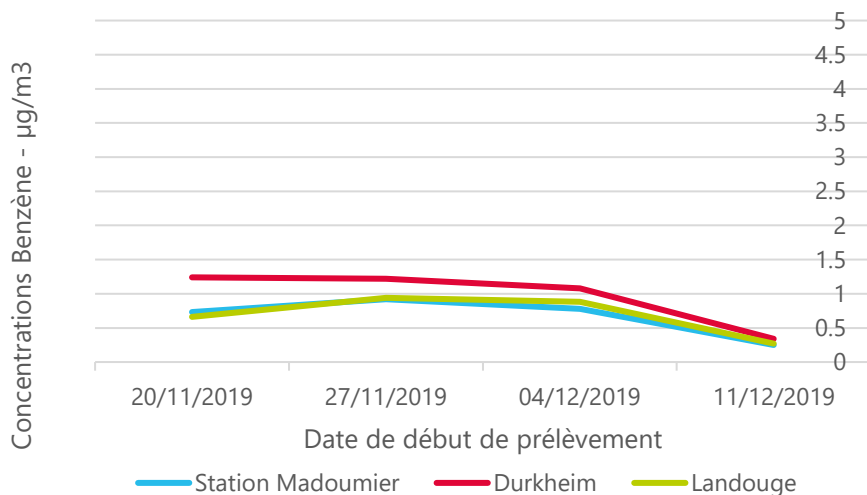


Figure 33 : évolution des concentrations moyennes en benzène au cours des 4 semaines de mesures

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

Les concentrations mesurées sur le site de la station Madoumier sont les plus faibles des 3 sites de mesures pendant cette période, très proches des valeurs du site de fond de Landouge.

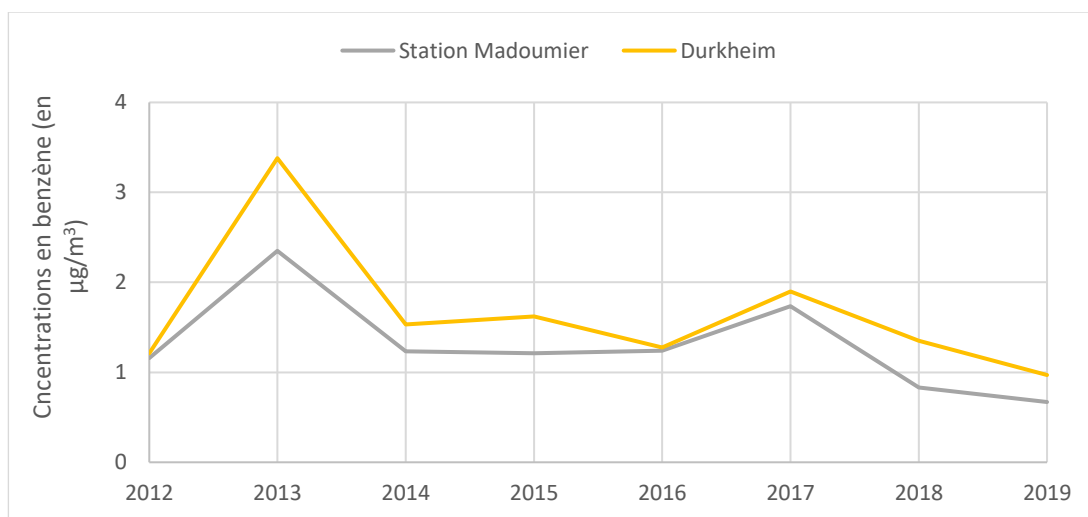


Figure 34 : évolution des concentrations en benzène depuis 2012

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

6. Conclusions

Concentrations en dioxines et furannes

Les concentrations mesurées dans l'air ambiant et les retombées atmosphériques en 2019 sont proches de celles mesurées les années précédentes. Elles sont faibles en regard des données de mesures équivalentes réalisées en France autour de sites industriels.

Concentrations en métaux lourds dans les retombées atmosphériques

A titre indicatif, pour les métaux qui possèdent une valeur de référence, les concentrations mesurées dans les retombées sont largement inférieures aux valeurs existantes. Une concentration un peu plus élevée en plomb a été quantifiée cette année sur le site Durkheim.

Par rapport au site de référence « rue des Sapins », les valeurs des deux sites exposés (Madoumier et Durkheim) sont plus élevées en particulier pour le manganèse et le nickel. Pour ces deux métaux, les concentrations sont plus élevées sur le site Durkheim (exposé 40% du temps) que sur le site Madoumier (exposé 7% du temps).

Concentrations en métaux lourds dans l'air ambiant

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.

Quel que soit le composé, on observe peu de différence dans les concentrations en 2019 par rapport aux années précédentes.

Concentrations en Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Sur le site Madoumier, le plus proche de la chaufferie, les valeurs les plus élevées correspondent aux prélèvements les plus exposés, traduisant l'impact potentiel de la chaufferie sur les HAP.

A titre indicatif, les concentrations pour le B(a)P, seul HAP réglementé, sont très inférieure à la valeur cible.

*** : les concentrations de indeno(1.2.3-cd)pyrène sont en cours de validation, les valeurs consolidées seront données dans le rapport final.*

Concentrations en benzène

Les concentrations en benzène mesurées sur les différents sites pendant ces 4 semaines sont soit du même ordre de grandeur soit légèrement supérieures à la concentration mesurée sur la place d'Aine (centre de Limoges, station trafic d'Atmo Nouvelle-Aquitaine). *A titre indicatif*, les concentrations moyennes sur les 4 semaines de mesures sont inférieures à la valeur limite réglementaire (qui est de 5 µg/m³ en moyenne annuelle) et inférieures à l'objectif de qualité annuel (qui est de 2 µg/m³ en moyenne annuelle). Les concentrations en benzène les plus élevées ont été observées en 2013 sur ces 2 sites de mesures.

Depuis 2014 les concentrations en benzène sont stables.

Concentrations en dioxyde de soufre (SO₂)

Les concentrations en SO₂ prélevées sur échantillonneurs passifs et mesurées par analyseurs automatiques sont très faibles et proches des valeurs des années précédentes. Elles sont, à titre indicatif, très en dessous des valeurs réglementaires définies à l'échelle annuelle.

Concentrations en dioxyde d'azote (NO₂)

Pendant la campagne de mesures, les concentrations en NO₂ sont supérieures sur Durkheim par rapport à Madoumier. Les concentrations sur Madoumier 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 très inférieures aux valeurs de la station trafic Place d'Aine à Limoges.

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).

Concentrations en particules fines (PM10)

Pendant la campagne de mesures, les concentrations en PM10 sont du même ordre de grandeur entre les sites de la station Madoumier et de Durkheim. Elles sont également du même ordre de grandeur que les niveaux observés sur la station fixe de fond urbain à Limoges et un peu inférieur aux valeurs mesurées en proximité du trafic à Limoges.

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).

Table des figures

Figure 1 : tube passif (type Radiello)	19
Figure 2 : préleveur haut volume	20
Figure 3 : jauge de prélèvement des retombées atmosphériques (en verre).....	20
Figure 4 : carte de situation (Source : Geoportail).....	21
Figure 5 : Rose des vents "Limoges-Bellegarde" du 20/11/2019 au 18/12/2019	23
Figure 6 : Rose des vents "Limoges-Bellegarde" du 04/12/2019 au 07/01/2020	23
Figure 7 : évolution des précipitations et de la température à Limoge Bellegarde (du 20/11/2019 au 07/01/2019)	23
Figure 8 : répartition entre dioxines et furannes dans les retombées en I-TEQ.....	27
Figure 9 : évolution des concentrations en I-TEQ des dioxines-furannes dans les retombées.....	27
Figure 10 : concentrations des dioxines-furannes en équivalent toxique en air ambiant.....	29
Figure 11 : évolution des concentrations en I-TEQ des dioxines-furannes dans l'air ambiant	29
Figure 12 : concentrations en métaux dans les retombées	31
Figure 13 : évolution des concentrations en cuivre (Cu) dans les retombées.....	31
Figure 14 : évolution des concentrations en manganèse (Mn) dans les retombées.....	31
Figure 15 : évolution des concentrations en nickel (Ni) dans les retombées	31
Figure 16 : évolution des concentrations en zinc (Zn) dans les retombées.....	32
Figure 17 : concentrations en métaux dans l'air ambiant	33
Figure 18 : évolution des concentrations en nickel (Ni) en air ambiant	33
Figure 19 : évolution des concentrations en arsenic (As) en air ambiant	33
Figure 20 : évolution des concentrations en plomb (Pb) en air ambiant	33
Figure 21 : concentrations moyennes sur la période d'échantillonnage des HAP en air ambiant	35
Figure 22 : détails des concentrations en HAP en air ambiant sur le site de Durkheim (au regard de l'exposition).....	35
Figure 23 : détails des concentrations en HAP en air ambiant sur le site de la station Madoumier (au regard de l'exposition)	36
Figure 24 : évolution des concentrations en B(a)P en air ambiant depuis 2012	36
Figure 25 : évolution des concentrations moyennes en NO ₂ au cours des 4 semaines de mesures	37
Figure 26 : évolution des concentrations en NO ₂ depuis 2012.....	38
Figure 27 : concentrations moyennes horaires NO ₂ du 04 décembre 2019 au 07 janvier 2020	39
Figure 28 : profil moyen journalier du NO ₂ (pendant la période de mesures)	39
Figure 29 : évolution des concentrations en SO ₂ depuis 2012.....	40
Figure 30 : évolution des concentrations en SO ₂ pendant la période de mesures (données horaires).....	41
Figure 31 : évolution des concentrations en PM10 au cours de la campagne de mesures (moyennes journalières)	42
Figure 32 : profil moyen journalier des PM10 pendant la période de mesures	43
Figure 33 : évolution des concentrations moyennes en benzène au cours des 4 semaines de mesures	44
Figure 34 : évolution des concentrations en benzène depuis 2012.....	44

Table des tableaux

Tableau 1 : valeurs de référence pour les dépôts en moyenne annuelle (en µg/m ² /j)	11
Tableau 2 : valeurs réglementaires pour les métaux en air ambiant	12
Tableau 3 : synthèse des moyennes annuelles pour les métaux en air ambiant dans le Limousin	12
Tableau 4 : synthèse des moyennes annuelles pour le B(a)P dans le Limousin	13

Tableau 5 : synthèse des résultats pour le NO ₂ dans le Limousin	14
Tableau 6 : synthèse des résultats du SO ₂ en Limousin	15
Tableau 7 : synthèse des résultats en PM10 en Limousin	16
Tableau 8 : synthèse des résultats en BTEX en Limousin	17
Tableau 9 : Matériel et méthodes de mesure.....	19
Tableau 10 : synthèse des 5 sites de mesures.....	21
Tableau 11 : dates et matériels de mesure de la campagne.....	22
Tableau 12 : taux d'exposition des 5 sites de mesures à la centrale de cogénération.....	24
Tableau 13 détails des taux d'exposition des sites à la centrale de cogénération durant les prélèvements actifs de dioxines et métaux en air ambiant.....	24
Tableau 14 détails des taux d'exposition des sites à la centrale de cogénération durant les prélèvements actifs de HAP	24
Tableau 15 : taux d'exposition des 5 sites de mesures à la centrale de cogénération.....	25
Tableau 16 : concentrations en équivalent toxique des 17 congénères dans les retombées.....	26
Tableau 17 : concentrations en équivalent toxique des 17 congénères en air ambiant.....	28
Tableau 18 : concentrations en métaux dans les retombées.....	30
Tableau 19 : concentrations en métaux dans l'air ambiant	32
Tableau 20 : Contamination des filtres blanc terrain – métaux lourds.....	34
Tableau 21 : concentrations moyennes sur la période d'échantillonnage des HAP en air ambiant	34
Tableau 22 : concentrations hebdomadaires en NO ₂ par tubes passifs.....	37
Tableau 23 : Concentrations moyennes NO ₂ – analyseurs automatiques	38
Tableau 24 : concentrations hebdomadaires en SO ₂ par tubes passifs.....	40
Tableau 25 : Données de synthèse sur la campagne de mesure des SO ₂ du 04/12 au 07/01/2020	41
Tableau 26 : Données de synthèse sur la campagne de mesure des PM10 du 04/12 au 07/01/2020	42
Tableau 27 : Concentrations en benzène mesurées sur les tubes à diffusion passives.....	43

Annexes

Dioxines – Furannes

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 PolyChloroDibenzoFurannes (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 – Furannes : 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
Furannes	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-furannes dans les retombées atmosphériques

Les jauges de dépôt en verre ont été exposées pendant 1 mois du 20/11 au 27/11/2019, soit l'équivalent de 720 heures. Les concentrations nettes de dioxines et furannes 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 furannes (PCDF = TCDF + PeCDF + HxCDF + HpCDF + OCDF).

Congénères	Concentrations nettes (en pg/m ² /j)		
	Station Madoumier	Durkheim	Rue des Sapins
TCDD	< LQ	< LQ	< LQ
PeCDD	< LQ	< LQ	< LQ
HxCDD	53	52	58
HpCDD	27	26	37
OCDD	7	8	33
PCDD	86 < Total < 143	86 < Total < 143	41 < Total < 43
TCDF	< LQ	< LQ	< LQ
PeCDF	< LQ	< LQ	< LQ
HxCDF	< LQ	< LQ	< LQ
HpCDF	< LQ	< LQ	< LQ
OCDF	< LQ	< LQ	2
PCDF	< 103	< 103	4 < Total < 7

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

Concentrations nettes des dioxines-furannes en air ambiant

Les dioxines-furannes ont été prélevées en air ambiant sur filtres par un préleveur haut volume du 20 au 27/11/2019 sur le site de la station Madoumier puis du 29/11 au 6/12/2019 sur le site de Durkheim. 4700 m³ d'air ont ainsi été prélevés sur chacun des sites. 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 furannes (PCDF = TCDF + PeCDF + HxCDF + HpCDF + OCDF).

Congénères	Concentrations nettes (en fg/m ³)	
	Station Madoumier	Durkheim
TCDD	14	30
PeCDD	17	44
HxCDD	35	71
HpCDD	48	126
OCDD	42	123
PCDD	156	393
TCDF	57	153
PeCDF	23	102
HxCDF	17	58
HpCDF	8	32
OCDF	3	17
PCDF	108	362

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

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

Réponses au questionnaire envoyé à l'ensemble des AASQA concernant la mesure des dioxines et furannes 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.

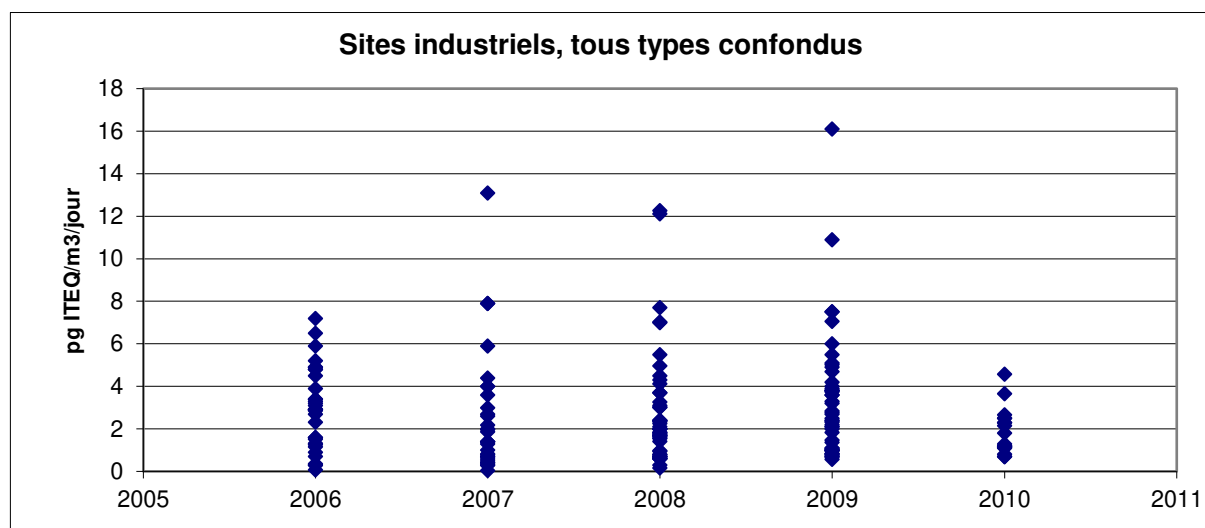
Les valeurs sont données tel qu'elles ont été reçues (en enlevant cependant toute indication de lieu).

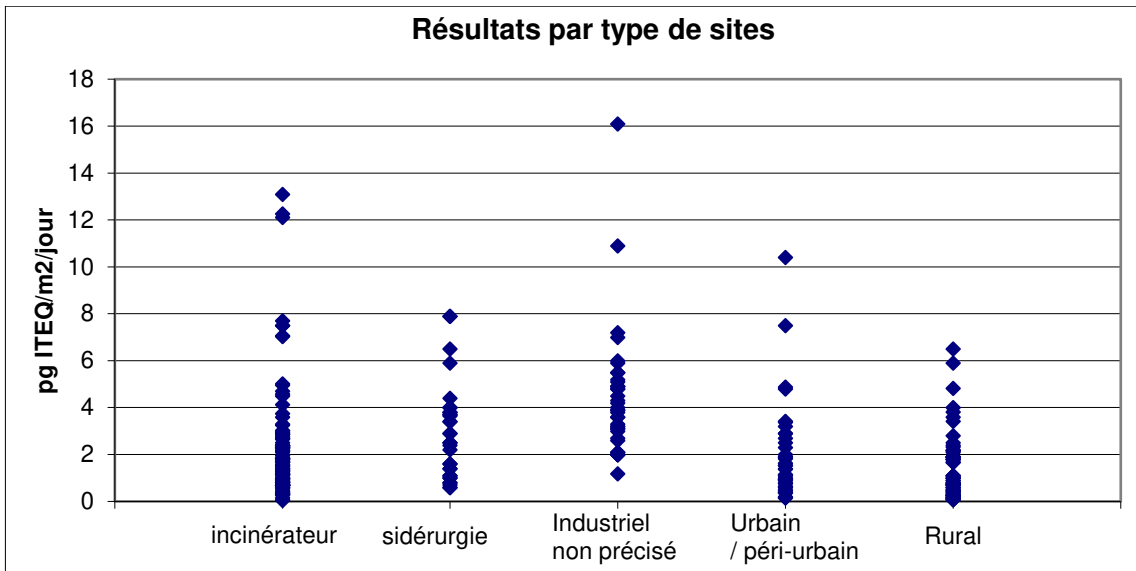
Mesure dans les retombées atmosphériques (prélèvements par jauges de sédimentation)

Remarques :

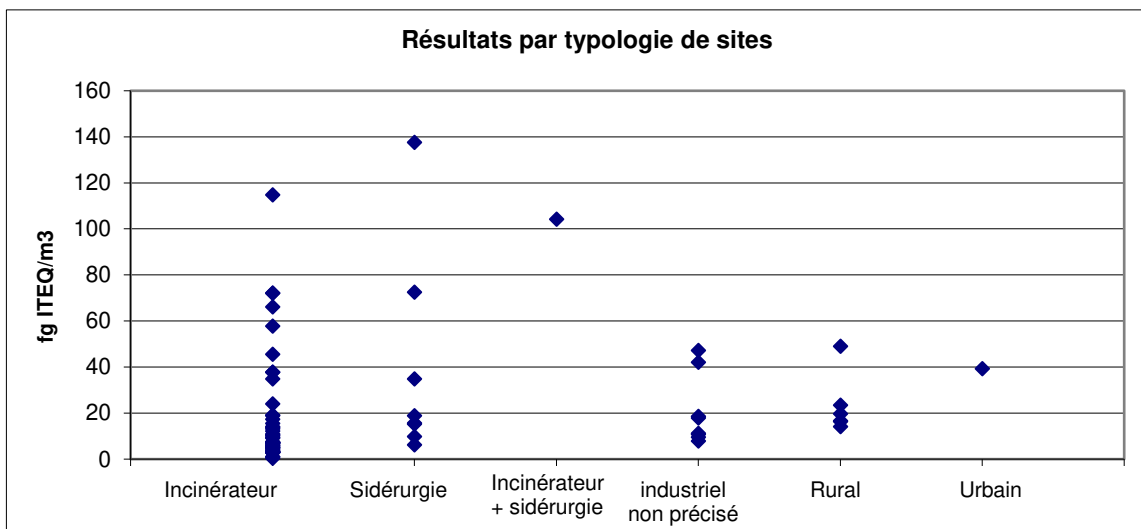
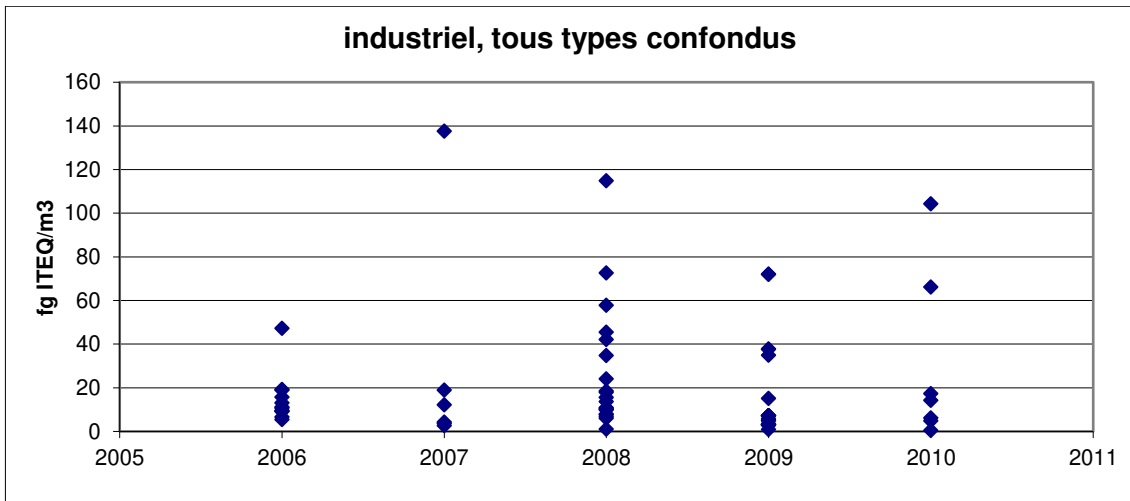
Deux valeurs sont non représentées, elles concernent des mesures réalisées autour du même incinérateur en 2006 et 2010, elles sont respectivement de 116 et 80 pg ITEQ/m³/jour.

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

