

Cogénération bois SDCL / DALKIA

Plan de surveillance de la qualité de l'air - 2018

Périodes de mesure : du 5 novembre 2018 au 11 décembre 2018

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

Référence : IND-EXT-18-050

Version du : 20/04/2023

Ce rapport annule et remplace la version du : 20/02/2019

Auteur : Fiona PELLETIER
Contact Atmo Nouvelle-Aquitaine :
E-mail : contact@atmo-na.org
Tél. : 09 84 200 100

www.atmo-nouvelleaquitaine.org

Titre : Cogénération bois SDCL / DALKIA – Plan de surveillance de la qualité de l'air - 2018

Reference : IND-EXT-18-050

Version : du 20/04/2023 - Ce rapport annule et remplace la version du : 20/02/2019

Modifications apportées sur ce rapport : Correction d'erreurs : pour les métaux dans les retombées (Mn sur « Durkheim » et Zn sur « Rue des Sapins ») et pour les métaux dans l'air ambiant (Co, Se, Cd, Hg sur le site « Madoumier » et Se, Cd sur le site « Durkheim »)

Nombre de pages : 50 (couverture comprise)

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	Fiona PELLETIER, Emilie PALKA	Cyril HUE	Rémi FEUILLADE
Qualité	Ingénieures études	Responsable du service Etudes	Directeur Délégué Production et 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 (<http://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	7
2. Polluants suivis	7
2.1. Dioxines (PCDD) et furannes (PCDF)	7
2.2. Métaux.....	9
2.3. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	11
2.4. Oxydes d'azote (NOx).....	12
2.5. Dioxyde de soufre (SO ₂)	13
2.6. Particules en suspension (PM10)	14
2.7. Composés Organiques Volatils (COV)	15
3. Organisation de l'étude	16
3.1. Matériel et méthode	16
3.2. Dispositif de mesure	19
4. Conditions météorologiques	20
5. Résultats	23
5.1. Dioxines et furannes	23
5.1.1. Dioxines-furannes dans les retombées atmosphériques.....	23
5.1.2. Dioxines-furannes en air ambiant.....	25
5.2. Métaux.....	28
5.2.1. Métaux dans les retombées atmosphériques	28
5.2.2. Métaux en air ambiant	30
5.3. HAP	32
5.4. Dioxyde d'azote (NO ₂)	34
5.4.1. NO ₂ (prélèvements passifs)	35
5.4.2. NO ₂ (analyse en continu).....	36
5.5. Dioxyde de soufre (SO ₂)	38
5.5.1. SO ₂ (prélèvements passifs)	38
5.5.2. SO ₂ (analyse en continu).....	39
5.6. Particules en suspension (PM10)	40
5.7. Benzène.....	41
6. Conclusion	43
Annexes	44
Dioxines – Furannes.....	44
Dioxines – Furannes : Calculs de toxicité.....	45
Concentrations nettes des dioxines-furannes dans les retombées atmosphériques.....	46
Concentrations nettes des dioxines-furannes en air ambiant	47
Dioxines – Furannes : synthèse nationale	48

Unités de mesures :

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

Dioxines (PCDD) et 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)
PM _{2.5} :	Particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 2.5 µm
PM ₁₀ :	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.

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 (ETD-2013-14, E14-2014, E12-2015, IND-E19-2016 ; IND-EXT-17-094).

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 2018.

L'objectif des mesures est :

- d'évaluer l'impact des émissions des activités de la centrale biomasse sur son environnement pour l'année 2018,
- 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

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.

La quantification des dioxines et furannes dans les deux matrices étudiées ici (retombées atmosphériques et air ambiant) est relativement complexe car elle s'effectue dans l'infiniment petit (quantités en picogrammes = 10^{-12} grammes). Ainsi, selon la matrice et la quantité de l'extrait analysé, la détection des molécules est obtenue avec plus ou moins de facilité (bruit de fond plus ou moins élevé) et les seuils de quantification en sont influencés (valeurs plus ou moins élevées).

Réglementation concernant les dioxines et furannes

Le contexte réglementaire de la mesure des dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques et en air ambiant est particulier. En effet, 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

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

Origines

Les ETM 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 ETM 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).

Effets sur l'environnement

En s'accumulant dans les organismes vivants, ils perturbent les équilibres biologiques et contaminent les sols et les aliments. L'utilisation de certaines mousses ou lichens permet de suivre l'évolution des concentrations de métaux dans l'air ambiant.

Métaux analysés

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

Réglementation concernant les métaux dans les retombées

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

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

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

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

Valeurs de référence 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

Résultats (en ng/m³)	Polluants	Maximum hebdomadaire relevé (depuis 2013)	Moyennes annuelles (à raison de 13 semaines d'échantillonnage réparties dans l'année)				
			2017	2016	2015	2014	2013
Palais sur Vienne (Rivailles) Station péri-urbaine industrielle	As	1	0.4	0.6	0.6	0.5	0.7
	Cd	24.8	0.1	0.1	4.3	4.9	5.0
	Ni	11.1	0.4	1.0	3.5	3.2	7.2
	Pb	7.8	2.0	2.0	2.3	2.4	3.0
Guéret (Nicolas) Station de fond urbaine	As	0.6	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3
	Cd	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2
	Ni	2.2	0.4	0.7	0.9	0.8	1.0
	Pb	4.8	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 2017 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 données dans le Limousin

Résultats (en ng/m ³)	Maximum quotidien relevé (depuis 2013)	Moyennes annuelles (à raison de 120 jours d'échantillonnage répartis dans l'année)				
		2017	2016	2015	2014	2013
Limoges (place d'Aine) Station trafic	0.69	0.20	0.10	0.16	0.14	0.12
Saillat-sur-Vienne (I. Paper) Station péri-urbaine industrielle	0.66	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 2017 sont inférieures à la valeur de référence réglementaire de 1 ng/m³.

2.4. Oxydes d'azote (NOx)

Origines

Les oxydes d'azote NOx (=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 NOx 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

Résultats (en µg/m ³)	Maximum horaire relevé (en 2017)	Nb d'heures > 200 µg/m ³ (en 2017)	Moyennes annuelles				
			2017	2016	2015	2014	2013
BRIVE (fond urbain)	110	0	16	17	16	15	16
GUERET (fond urbain)	150	0	12	16	15	15	17
LIMOGES (trafic)	146	0	28	28	30	34	34
LIMOGES (fond urbain)	120	0	18	20	21	20	21
SAILLAT (industriel)	48	0	10	8	9	11	9
ST-JUNIEN (fond urbain)	89	0	9	9	10	10	13
TULLE (fond urbain)	88	0	17	15	15	16	17
TULLE (trafic)	119	0	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 2017 sont inférieures aux valeurs de référence réglementaires.

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

Résultats (en µg/m ³)	Maximum horaire relevé (en 2017)	Nb d'heures > 350 µg/m ³ (en 2017)	Moyennes annuelles				
			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)	166	0	1.0	0	1.1	0.8	0.4
ST-JUNIEN (fond urbain)	13	0	0	1.0	0.3	0.6	0.1

Tableau 6 : synthèse des résultats du SO₂ en Limousin

L'ensemble des concentrations mesurées de 2013 à 2017 sont largement inférieures aux valeurs de référence.

2.6. Particules en suspension (PM10)

Origines

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

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

Effets sur la santé

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

Effets sur l'environnement

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

Valeurs de référence concernant les PM10

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (en moyenne journalière) à ne pas dépasser plus de 35 jours par an 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle
Objectif de qualité décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle
Lignes Directrices de l'OMS	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle

Bilan des données dans le Limousin

Résultats (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum journalier relevé (en 2017)	Nb de jours > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (en 2017)	Moyennes annuelles				
			2017	2016	2015	2014	2013
BRIVE (fond urbain)	51	1	18	15	19	21	16
GUERET (fond urbain)	52	1	14	13	16	15	17
LIMOGES (trafic)	31	0	11	14	17	16	18
LIMOGES (fond urbain)	36	0	11	14	15	13	17
PALAIS s/ VIENNE (fond péri-urbain)	34	0	12	11	13	12	14
SAILLAT (industriel)	56	2	16	18	18	16	19
ST-JUNIEN (fond urbain)	53	2	15	14	17	17	19
TULLE (fond urbain)	30	0	11	15	18	16	14

Tableau 7 : synthèse des résultats en PM10 en Limousin

Sur l'année 2017, les concentrations en PM10 sur certaines stations de mesures sont supérieures aux valeurs de référence. Ces dépassements sont dus à des épisodes 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle
Objectif de qualité	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle

Bilan des données dans le Limousin

Résultats (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Polluants	Maximum hebdomadaire relevé (depuis 2013)	Moyennes annuelles (à raison de 13 semaines d'échantillonnage réparties dans l'année)				
			2017	2016	2015	2014	2013
Limoges (place d'Aine) Station trafic	benzène	1.8	1.1	1.4	1.3	1.3	1.3
	toluène	4.2	1.8	2.7	2.9	3.3	3.2
	éthylbenzène	0.7	0.3	0.5	0.4	0.5	0.5
	m/p-xylènes	2.0	0.8	1.4	1.4	1.8	1.8
	o-xylène	0.9	0.5	0.7	0.6	0.8	0.9
Guéret (Nicolas) Station de fond urbaine	benzène	1.9	0.7	0.9	0.8	0.6	0.8
	toluène	3.4	1.0	1.4	1.1	1.2	1.2
	éthylbenzène	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
	m/p-xylènes	1.1	0.5	0.5	0.5	0.6	0.9
	o-xylène	0.5	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 2017 sont inférieures aux valeurs de référence.

3. Organisation de l'étude

3.1. Matériel et méthode

Tubes passifs

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

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

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

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

Après exposition, les tubes passifs sont conditionnés et envoyés au laboratoire pour analyse. Les méthodes d'analyse des différents types de tubes passifs sont détaillées dans le .



Figure 1 : tube passif (type Radiello)

Polluants	Durée d'exposition	Marque / Type	Méthode d'analyse
NO ₂	7 jours	Gradko	Dosage colorimétrique par spectrophotométrie UV/Visible
SO ₂		Radiello code 166	Détection par chromatographie ionique
BTEX		Radiello code 145	Thermodésorption + Détection GC-MS selon la norme NF EN ISO 16017-2

Analyseurs automatiques

Les analyseurs automatiques mesurent les concentrations de polluants en continu (avec un pas de temps de 15 minutes). Ils sont installés dans un laboratoire mobile (Figure 2). Les principes de fonctionnement des différents analyseurs automatiques sont précisés dans le Tableau 9.



Figure 2 : laboratoire mobile

Polluants	Matériel	Principe de la méthode	Référence de la méthode	Accréditation
NO _x	Analyseurs automatiques (pas de temps : quart-horaire)	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
SO ₂		Dosage du dioxyde de soufre par fluorescence UV	NF EN 14212	
PM10		Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM10 ; PM2.5)	NF EN 16450	Pas d'accréditation

Tableau 9 : principes d'analyse des analyseurs automatiques

* Les avis et interprétations ne sont pas couverts par l'accréditation COFRAC d'Atmo Nouvelle-Aquitaine. Toute utilisation des données d'Atmo Nouvelle-Aquitaine, couvertes par l'accréditation doit faire mention : "Ces essais ont été réalisés par Atmo Nouvelle-Aquitaine – Accréditation n°1-6354, portée disponible sous www.cofrac.fr"

Préleveurs dynamiques bas volume

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 (conformément à la norme européenne EN12341) 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 (voir principe d'analyse dans le Tableau 10).

Polluants	Prélèvement	Principe d'analyse
HAP	Préleveur bas volume (sur filtre quartz)	Chromatographie liquide haute performance (HPLC) + détecteur à barrette de diodes (DAD) / Fluorescence (FLD) Selon la norme NF EN 15549

Tableau 10 : principe d'analyse des HAP sur filtres

Préleveurs dynamiques haut volume

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 (conformément à la norme européenne EN12341) 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 (voir principes d'analyse dans le Tableau 11).



Figure 3 : préleveur haut volume

Polluants	Prélèvement	Principe d'analyse
Dioxines-Furannes	Préleveur haut volume (sur filtre quartz et sur mousse polyuréthane)	Chromatographie gazeuse à haute résolution et détection par spectrométrie de masse à haute résolution (HRGC/HRMS) selon les normes NF EN 1948-2 et NF EN 1948-3
Métaux		Digestion acide (HNO ₃ et H ₂ O ₂) en micro-ondes fermé + détection ICP-MS selon la norme NF EN 14902

Tableau 11 : principes d'analyse des dioxines-furannes et métaux sur filtres et mousses

Jauges de dépôt

Les prélèvements de retombées atmosphériques sont réalisés au moyen de collecteurs nommés « jauges Owen » (voir Figure 4). 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-entrainement de poussières sur le lieu de prélèvement. La surface de contact avec l'air ambiant est de 471cm² (pour les jauges en verre) et de 707cm² (pour les jauges en plastique).

Les prélèvements de dépôts atmosphériques sont réalisés selon les normes : NF X 43-014 : novembre 2017 (détermination des retombées atmosphériques totales) et la norme NF EN 15841 : janvier 2010 (méthode normalisée pour la détermination des dépôts d'arsenic, de cadmium, de nickel et de plomb).



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

Après exposition, les jauges sont conditionnées et envoyées au laboratoire pour l'analyse de leur contenu. Les analyses sont réalisées par le laboratoire Micropolluants Technologie SA (accrédité COFRAC Essais 17025) selon les méthodes suivantes.

- L'analyse des métaux est réalisée après minéralisation par spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) selon la norme NF EN ISO 17294-2 : octobre 2016.
- L'analyse des dioxines-furannes est réalisée par HRGC/HRMS (chromatographie gazeuse haute résolution et détection par spectrométrie de masse à haute résolution).

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 12. 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 5	Site 6	Site 7
Nom du site	Station Madoumier	Madoumier bât 5	Durkheim	Rue des sapins	Landouge
Coordonnée X	562093	562270	562534	564086	559969
Coordonnée Y	6527796	6527884	6528213	6529584	6528543
Secteur d'exposition (+/- 45°)	337°	270°	225°	230°	107°
Distance à la chaufferie (en m)	110	220	580	2640	2180

Tableau 12 : synthèse des 5 sites de mesures

Les 5 sites de mesures sont représentés sur la Figure 5, ci-après.

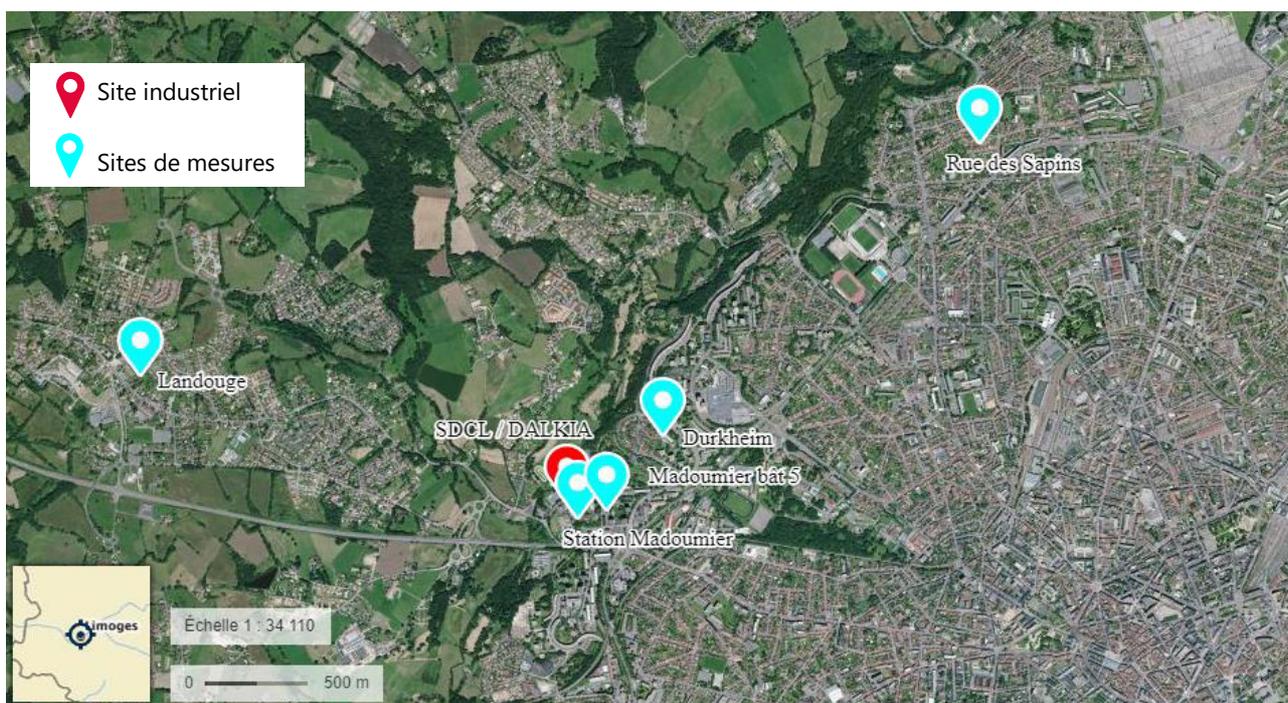


Figure 5 : carte de situation (Source : Geoportail)

Le matériel de mesure ainsi que les dates où ont été réalisées les mesures sont rassemblées dans le Tableau 13.

Moyens de mesures	Polluants	Sites de mesures	Périodes de mesures
Jauges de dépôts	Dioxines-furannes Métaux	Station Madoumier Durkheim Rue des sapins	9/11/18 au 6/12/18
Préleveurs haut volume	Dioxines-furannes	Station Madoumier Durkheim	Du 12/11/18 au 19/11/18 Puis du 29/11/18 au 6/12/18
	Métaux		
Préleveurs bas volume	HAP		12/11/18 au 10/12/18 (24h de prélèvements toutes les 72h)
Analyseurs automatiques	NO ₂ , SO ₂ , PM10		5/11/18 au 11/12/18
Tubes passifs	NO ₂ , SO ₂	Station Madoumier Madoumier bât 5 Landouge	6/11/18 au 4/12/18 (4 * 7 jours)
	Benzène	Station Madoumier Durkheim Madoumier bât 5	

Tableau 13 : synthèse du dispositif de mesures

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 la période de mesures (6/11/18 au 10/12/18).

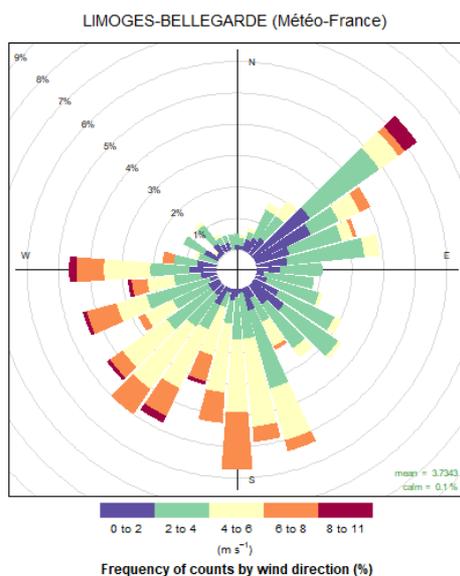


Figure 6 : Rose des vents "Limoges-Bellegarde" du 6/11/18 au 10/12/18

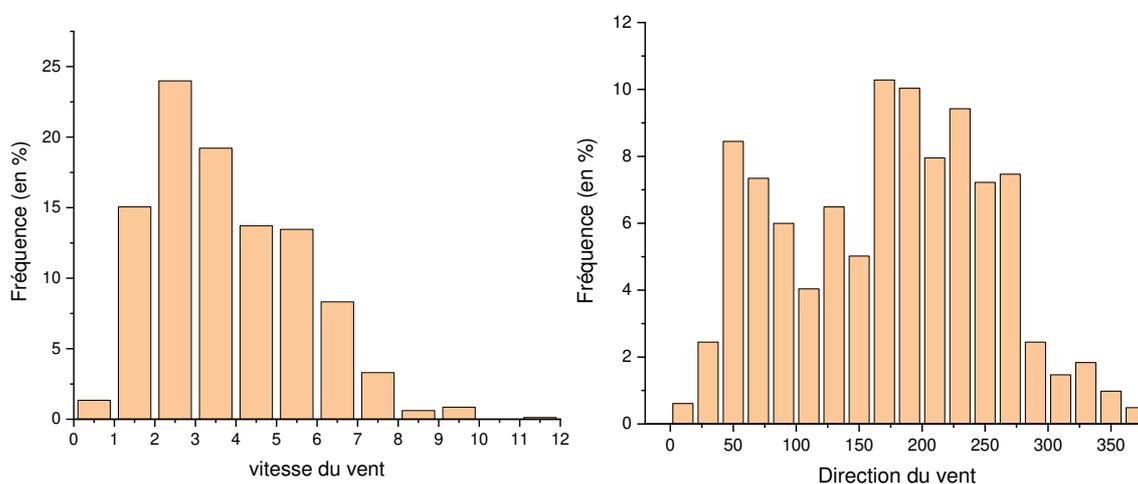


Figure 7 : histogrammes de répartition des vitesses (à gauche) et direction de vent (à droite)

Sur la période de mesures, les vents sont faibles pendant seulement 1.3 % du temps. Ce qui signifie que 98.7 % des vents sont exploitables.

Sur la période de mesures, les vents proviennent majoritairement des secteurs Sud à Ouest (voir Figure 7).

Dans le Tableau 14, ci-dessous sont détaillés les taux d'exposition des différents sites de mesures par rapport à la centrale de cogénération :

Sites	Ensemble de la période de mesures
	Du 6/11/18 au 10/12/18
Station Madoumier	6 %
Madoumier bât 5	20 %
Durkheim	38 %
Rue des Sapins	31 %
Landouge	29 %

Tableau 14 : taux d'exposition des 5 sites de mesures à la centrale de cogénération

La station Madoumier a été très 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.

Sites	Prélèvements de métaux et dioxines		Prélèvements de HAP (24 toutes les 72h)				
	Du 12/11 au 19/11/18	Du 29/11 au 6/12/18	Du 12/11 au 16/12/18	Du 18/11 au 22/11/18	Du 24/11 au 28/11/18	Du 30/11 au 4/12/18	Du 6/12 au 10/12/18
Station Madoumier	9 %	NC	11 %	10 %	21 %	0 %	1 %
Durkheim	NC	64 %	18 %	8 %	34 %	78 %	98 %

Figure 8 : détails des taux d'exposition des sites à la centrale de cogénération

Température et précipitations

Résultats horaires	Du 6/11/18 au 10/12/18	
	Température (en °C)	Précipitations (en mm)
Moyenne	8.4	0.17
Minimum	-3	0
Maximum	4.9	18.2
Cumul	/	136.9

Tableau 15 : synthèse des données de température, humidité relative et précipitation

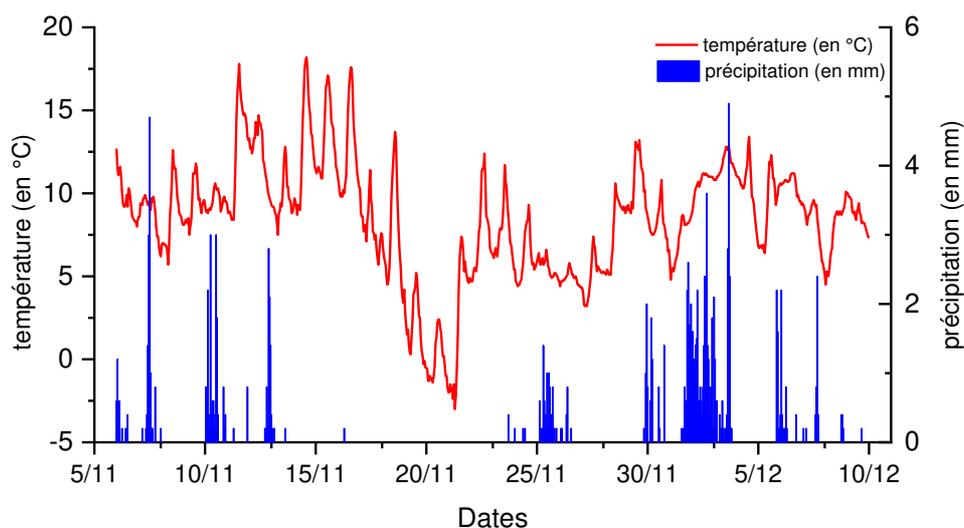


Figure 9 : évolution des précipitations et de la température à Limoge Bellegarde (du 6/11/18 au 10/12/18)

A noter que pendant la période de mesures, les précipitations ont été abondantes (le cumul est de 136.9 mm) et réparties sur l'ensemble de la période. Ces précipitations peuvent contribuer à faire baisser les concentrations de polluants dans l'air ambiant.

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 9/11/18 au 6/12/18, soit l'équivalent de 720 heures. Les concentrations nettes de dioxines et furannes sont présentées en annexe.

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

En prenant en compte cette incertitude, les concentrations nettes totales observées en 2018 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 concentrations mesurées 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 aucun 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	0.20*	0.20*	0.20*
1,2,3,7,8-PeCDD	1	0.20*	0.20*	0.20*
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.04*	0.04*	0.04*
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.04*	0.04*	0.04*
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.04*	0.04*	0.04*
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.03	0.05	0.04
OCDD	0.001	0.01	0.01	0.01
2,3,7,8-TCDF	0.1	0.02*	0.02*	0.02*
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	0.02*	0.02*	0.02*
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	0.02*	0.20*	0.20*
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.20*	0.04*	0.04*
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.04*	0.04*	0.04*
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	0.04*	0.04*	0.04*
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.04*	0.04*	0.04*
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.04*	0.02	0.02
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.01*	0.01*	0.01*
OCDF	0.001	0.01*	0*	0*
TOTAL	-	0.0008	1.00	0.99

Tableau 16 : concentrations en équivalent toxique des 17 congénères dans les retombées
(* : seuils de quantification analytiques = 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 très faibles.

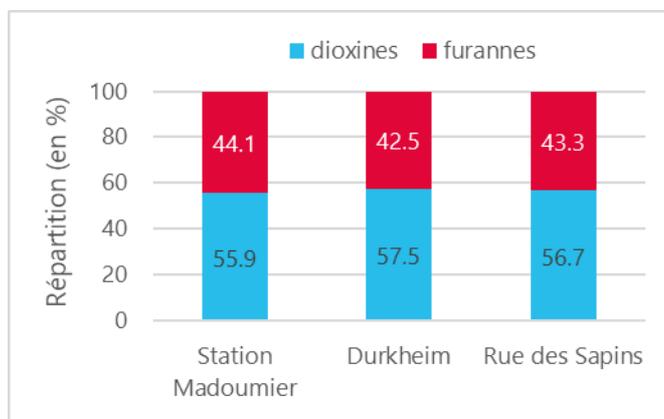


Figure 10 : répartition entre dioxines et furannes dans les retombées en I-TEQ

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

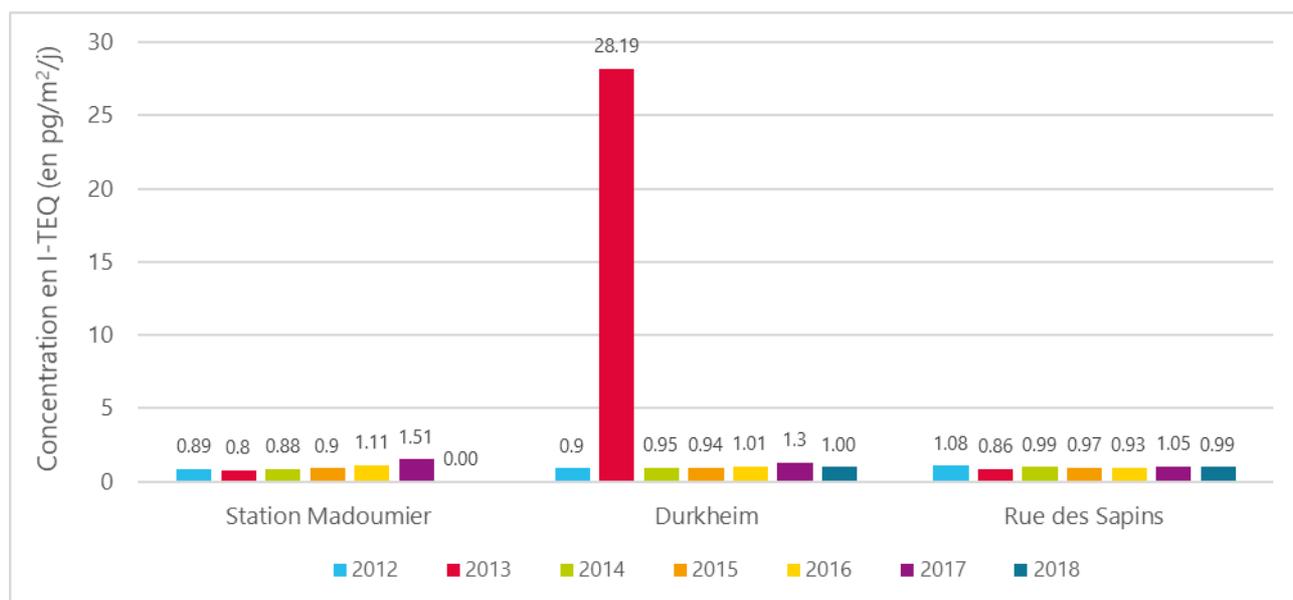


Figure 11 : évolution des concentrations en I-TEQ des dioxines-furannes dans les retombées

Les concentrations en I-TEQ observées en 2018 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) située en dehors de l'influence de la chaufferie. Ainsi, pendant la période de mesures, les activités de la chaufferie n'ont aucun 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 12 au 19/11/18 sur le site de la station Madoumier puis du 29/11 au 6/12/18 sur le site de Durkheim. 4700 m³ d'air ont ainsi été prélevés sur chacun des sites. Les concentrations volumiques nettes sont exprimées présentées en annexe.

Les concentrations nettes mesurées sur le site de Durkheim sont extrêmement faibles.

Par contre, le site de prélèvement de la station Madoumier présente des concentrations nettes en dioxines-furannes beaucoup plus élevées. Alors que son taux d'exposition à la centrale est plus faible (9% d'exposition pour Madoumier et 64% d'exposition pour Durkheim à ces périodes). D'après ces éléments, les émissions des activités de la centrale de cogénération ne semblent pas avoir une influence sur cette différence de concentration entre les 2 sites de mesures.

Selon la rose des vents (ci-dessous), les niveaux élevés en dioxines-furannes observés du 12 au 19/11/18 proviennent d'une (ou plusieurs) source(s) non identifiée(s) située(s) au Nord-Est du point de mesures « Station Madoumier ».

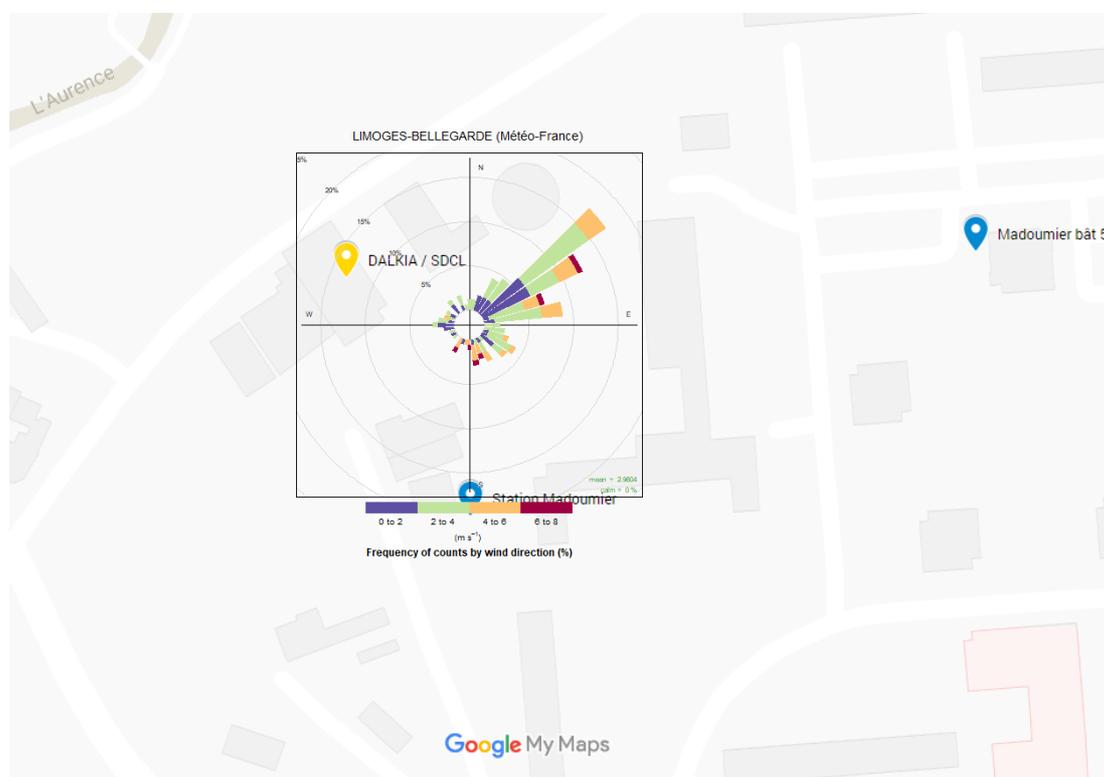


Figure 12 : rose des vents du 12 au 19/11/18

Les concentrations nettes totales observées en air ambiant en 2018 sur le site de la station Madoumier sont supérieures aux concentrations mesurées les années précédentes.

Sur le site de Durkheim par contre, les concentrations nettes totales mesurées en 2018 en air ambiant sont inférieures à celles mesurées les années précédentes.

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	6.63	0.20
1,2,3,7,8-PeCDD	1	11.09	0.19
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	2.01	0.03
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	4.70	0.05
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	4.69	0.03
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	5.69	0.05
OCDD	0.001	1.63	0.01
2,3,7,8-TCDF	0.1	0.41	0.03
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	0.19	0.01
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	4.22	0.14
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.81	0.03
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.61	0.03
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	1.07	0.04
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.37	0.03
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.28	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.05	0.00
OCDF	0.001	0.03	0.00
TOTAL	-	44.48	0.89

Tableau 17 : concentrations en équivalent toxique des 17 congénères en air ambiant
* seuils de quantification analytique

Au regard des concentrations mesurées ailleurs en France sur différentes typologie de sites (voir Annexe), les résultats de la présente étude sont extrêmement faibles sur le site de Durkheim et légèrement supérieure aux valeurs moyennes à la station Madoumier.

Les dioxines 2,3,7,8-TCDD, 1,2,3,7,8-PeCDD possède un indice de toxicité (TEF) élevé. Leurs concentrations en équivalent toxique sont prépondérantes sur le site de la station Madoumier.

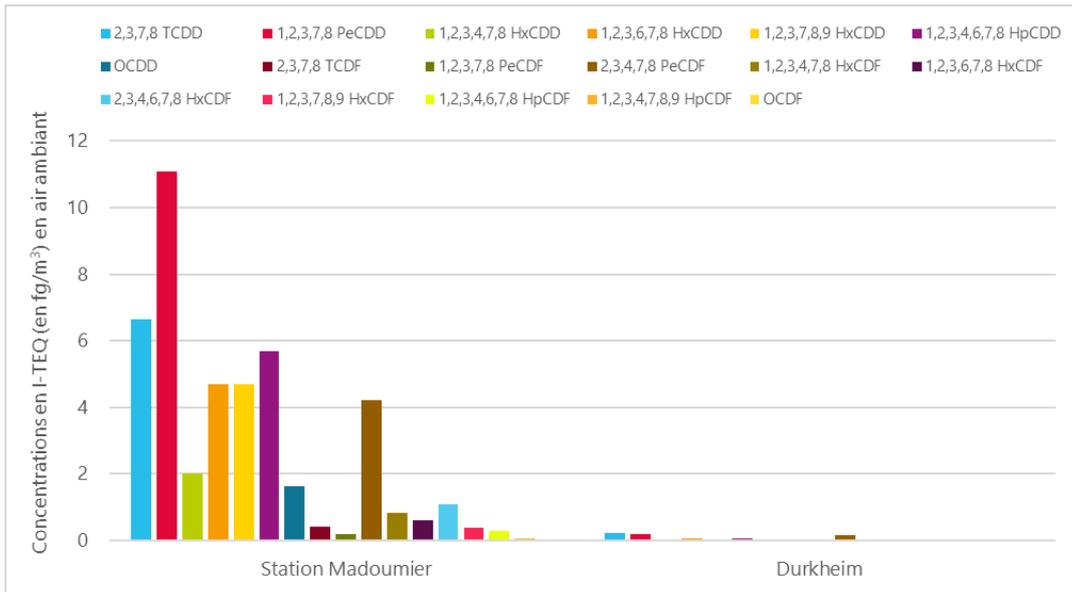


Figure 14 : concentrations des dioxines-furannes en équivalent toxique en air ambiant

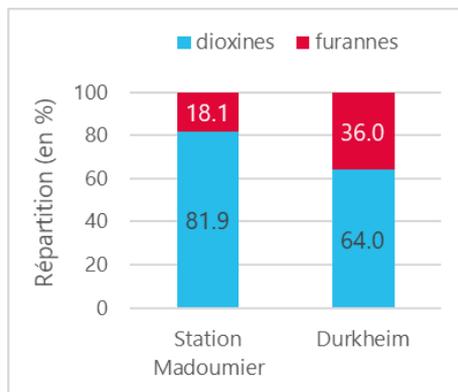


Figure 13 : répartition entre dioxines et furannes en air ambiant en I-TEQ

En équivalent toxique, les dioxines prédominent par rapport aux furannes.

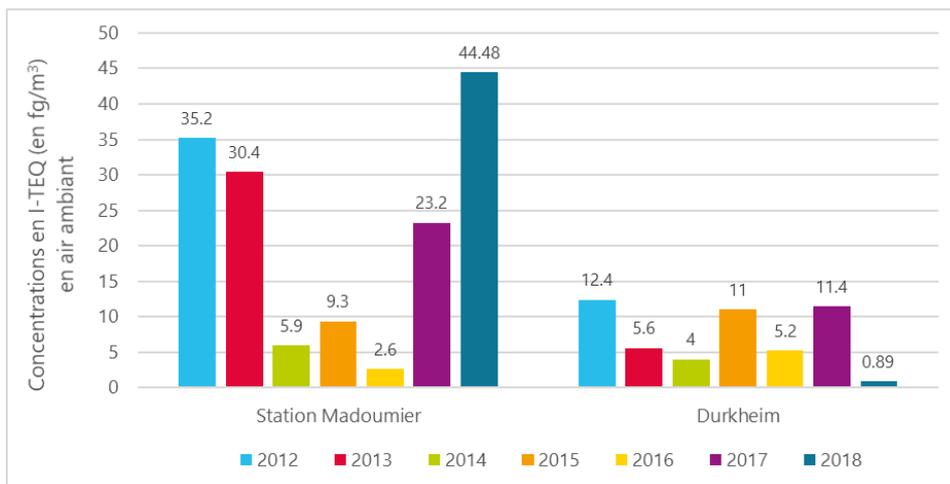


Figure 15 : évolution des concentrations en I-TEQ des dioxines-furannes dans l'air ambiant

Les concentrations en équivalent toxique observées en air ambiant en 2018 sur le site de la station Madoumier sont supérieures aux concentrations mesurées les années précédentes. Sur le site de Durkheim par contre, les concentrations en équivalent toxique mesurées en 2018 en air ambiant sont inférieures à celles mesurées les années précédentes.

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 9/11/18 au 6/12/18, soit l'équivalent de 650 heures. La surface de collecte de ces jauges est de 707cm².

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	0.91	1.30	0.85	-
Cr – Chrome	1.08	1.08	0.74	-
Mn – Manganèse	17.97	90.63	6.18	-
Co – Cobalt	0.13	0.19	0.09	-
Ni – Nickel	0.73	0.96	0.68	15
Cu – Cuivre	11.11	14.88	6.97	-
Zn – Zinc	41.02	43.74	83.29	400
As – Arsenic	0.84	1.72	1.13	4
Se – Sélénium	0.44	0.62	0.40	-
Cd - Cadmium	0.05	0.10	0.09	2
Sn – Etain	0.64	0.44	0.36	-
Sb – Antimoine	0.62	0.61	0.45	-
Te – Tellure	0.07	0.04	< LQ	-
Tl – Thallium	< LQ	< LQ	< LQ	2
Pb – Plomb	1.83	1.72	1.69	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).

Les autres métaux sont présents en très faibles concentrations.

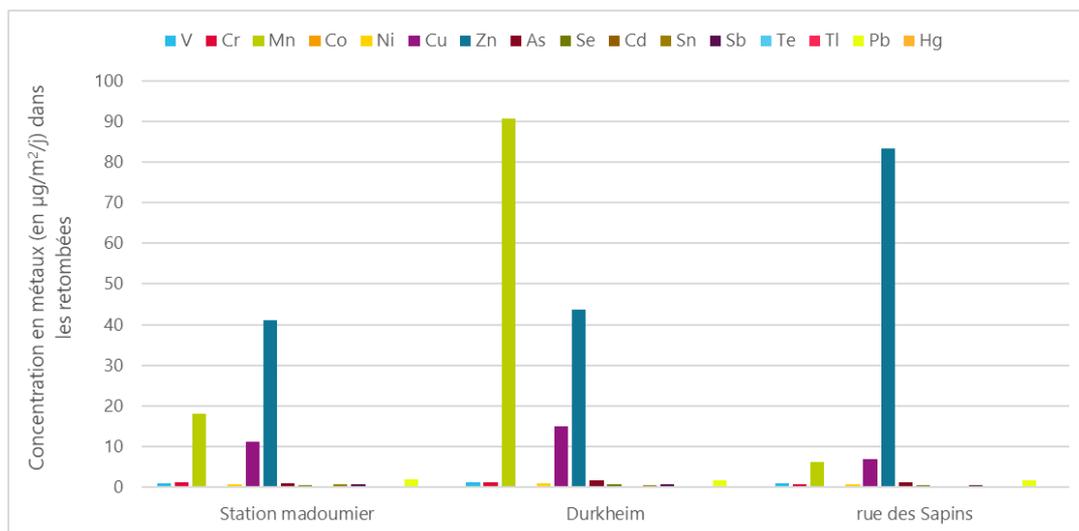


Figure 16 : concentrations en métaux dans les retombées

Dans les graphes ci-après est représentée l'évolution des concentrations des métaux prépondérants (Mn, Zn, Cu et Ni) dans les retombées depuis 2012.

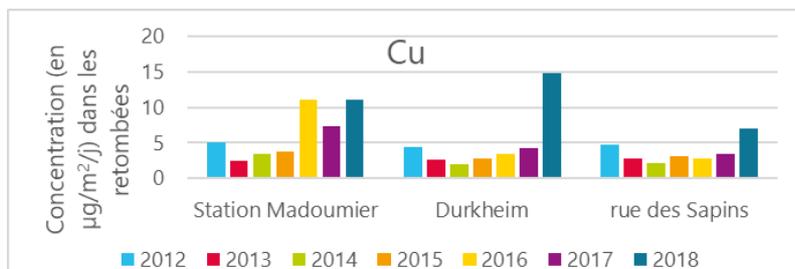


Figure 17 : évolution des concentrations en cuivre (Cu) dans les retombées

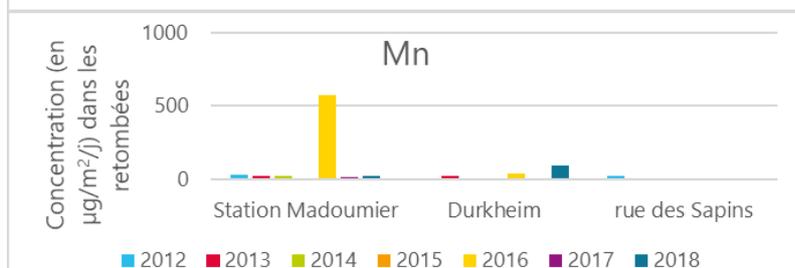


Figure 18 : évolution des concentrations en manganèse (Mn) dans les retombées

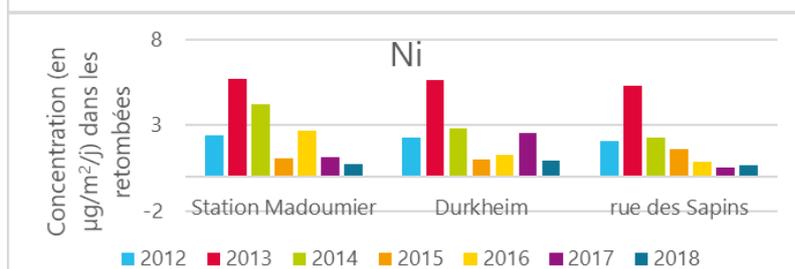


Figure 19 : évolution des concentrations en nickel (Ni) dans les retombées

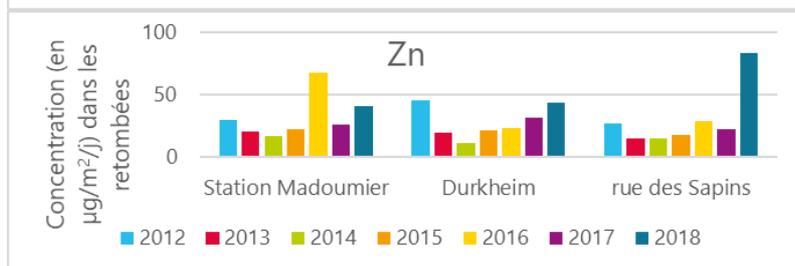


Figure 20 : évolution des concentrations en zinc (Zn) dans les retombées

Pour le Cu, les concentrations mesurées en 2018 sont les plus élevées par rapport aux années précédentes. Cependant, cette augmentation est observée sur l'ensemble des 3 sites. Notamment dans la rue des Sapins qui le site « témoin » en dehors de l'influence des activités de la centrale. Ainsi, cette augmentation ne semble pas directement liée avec les activités de la centrale.

Pour le Zn une légère hausse des concentrations est observées depuis 2014 sur les sites de la station Madoumier et de Durkheim.

Pour le Mn, les concentrations sont stables ou en baisse depuis 2012 (exceptée l'année 2016 sur le site de la Station Madoumier).

Pour le Ni, les concentrations sont en baisse régulière depuis 2013 sur l'ensemble des sites.

5.2.2. Métaux en air ambiant

Les métaux ont été prélevés en air ambiant sur filtres par un préleveur haut volume du 12 au 19/11/18 sur le site de la station Madoumier puis du 29/11 au 6/12/18 sur le site de Durkheim. 4700 m³ d'air ont ainsi été prélevé sur chacun des sites. Pour rappel, la station Madoumier a été exposée pendant 9% du temps seulement aux vents en provenance de la centrale alors que Durkheim a été exposé 64 % du temps.

Métaux	Concentrations (en ng/m ³)		Valeurs de référence (en ng/m ³)
	Station Madoumier	Durkheim	
V – Vanadium	0.75	0.33	-
Cr – Chrome	1.52	1.03	-
Mn – Manganèse	4.03	2.18	-
Co – Cobalt	0.10	<LQ	-
Ni – Nickel	0.58	0.28	20 (valeur cible)
Cu – Cuivre	14.00	8.26	-
Zn – Zinc	10.50	6.19	-
As – Arsenic	0.58	0.22	6 (valeur cible)
Se – Sélénium	0.18	0.11	-
Cd – Cadmium	0.07	0.04	5 (valeur cible)
Sn – Etain	1.85	1.83	-
Sb – Antimoine	0.63	0.24	-
Te – Tellure	< LQ	< LQ	-
Tl – Thallium	< LQ	< LQ	-
Pb – Plomb	1.47	0.92	250 (objectif de qualité) 500 (valeur limite)
Hg - Mercure	0.02	<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). Les autres métaux sont présents en faibles concentrations.

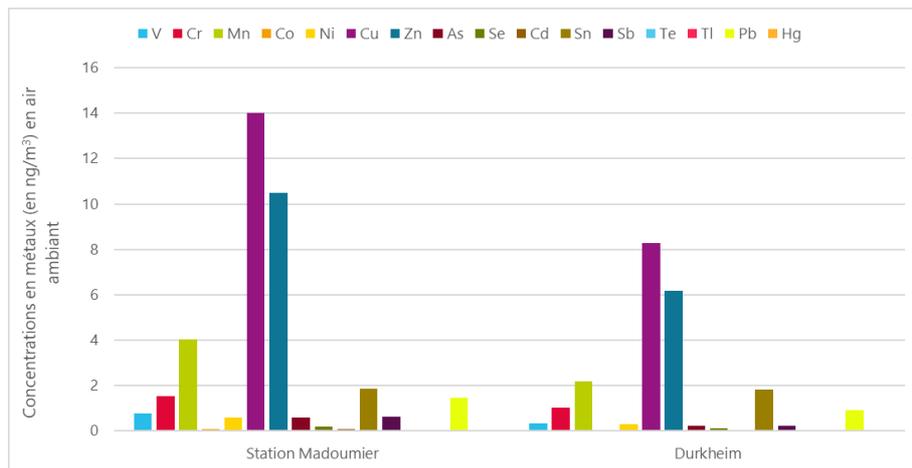


Figure 21 : concentrations en métaux dans l'air ambiant

Dans les graphes ci-après est représentée l'évolution des concentrations des métaux prépondérants (Mn, Zn et Cu) en air ambiant depuis 2012.

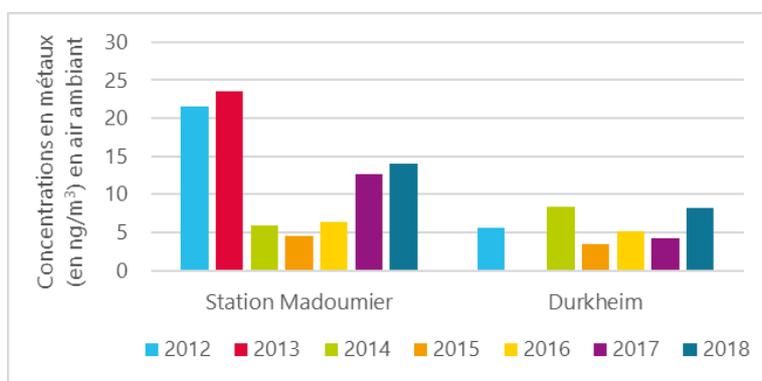


Figure 22 : évolution des concentrations en **cuivre (Cu)** en air ambiant

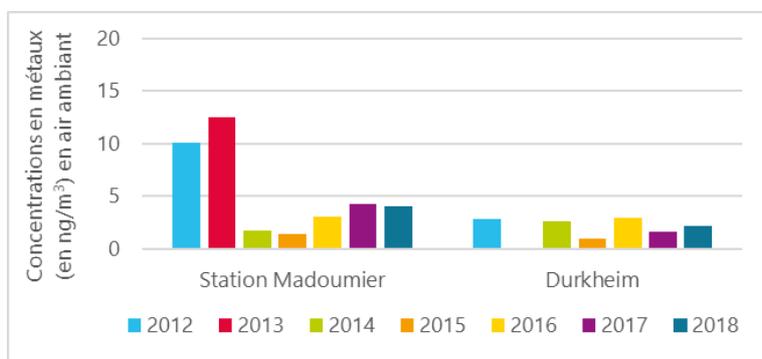


Figure 23 : évolution des concentrations en **manganèse (Mn)** en air ambiant

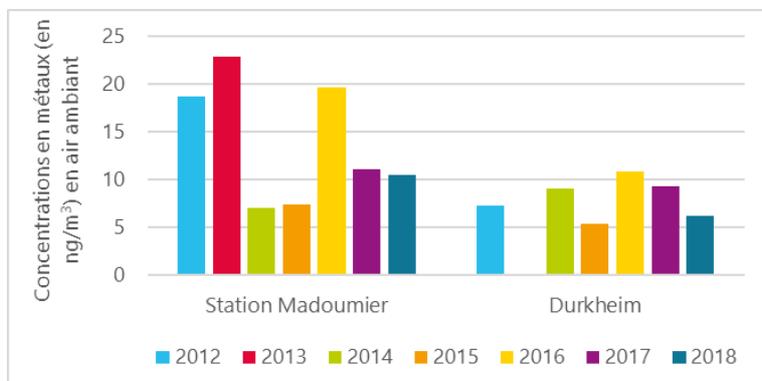


Figure 24 : évolution des concentrations en **zinc (Zn)** en air ambiant

Sur le site de Durkheim, les concentrations en Cu, Mn et Zn sont globalement stables depuis 2012. Sur le site de la station de Madoumier, les concentrations en cuivre et manganèse sont plus élevées en 2017 et 2018 par rapport aux concentrations mesurées en 2014-2015 et 2016 mais inférieures aux résultats des mesures de 2012-2013.

Aucune tendance significative n'est observée pour le zinc sur le site de la station Madoumier.

5.3. HAP

Les HAP dans l'air ambiant ont été prélevés sur filtres au moyen de deux préleveurs bas débit, à raison de 24 heures de prélèvement toutes les 72 heures (soit 240 heures de fonctionnement réparties entre le 12 novembre et le 10 décembre 2018). 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 les 240 heures de prélèvement.

HAP	Concentrations (en ng/m ³)		Valeurs de référence (en ng/m ³)
	Station Madoumier	Durkheim	
Phénanthrène	0.12	0.20	-
Anthracène	< LQ	< LQ	-
Fluoranthène	0.29	0.32	-
Pyrène	0.54	0.81	-
Benzo(a)anthracène	0.46	0.46	-
Chrysène	0.57	0.75	-
Benzo(j)fluorantène	0.33	0.44	-
Benzo(b)fluorantène	0.64	0.61	-
Benzo(k)fluorantène	0.27	0.41	-
B(a)P	0.60	0.71	1 (valeur cible)
Dibenzo(a,h)anthracène	0.12	0.23	-
Benzo(g,h,i)perylène	0.50	0.53	-
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0.24	0.30	-

Tableau 20 : concentrations moyennes sur la période d'échantillonnage des HAP en air ambiant (< LQ = inférieur aux limites de quantification)

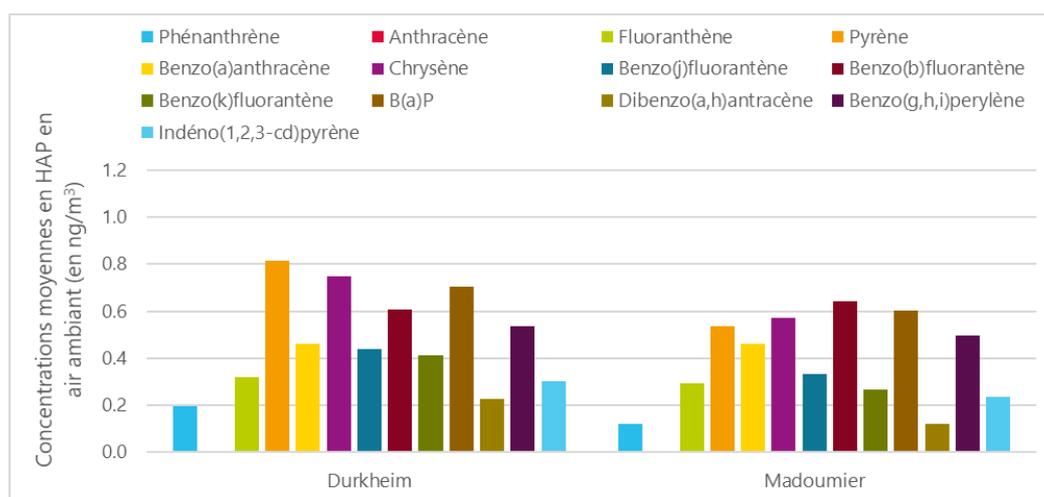


Figure 25 : concentrations moyennes sur la période d'échantillonnage des HAP en air ambiant

Les concentrations mesurées sur les 2 sites sont faibles.

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.

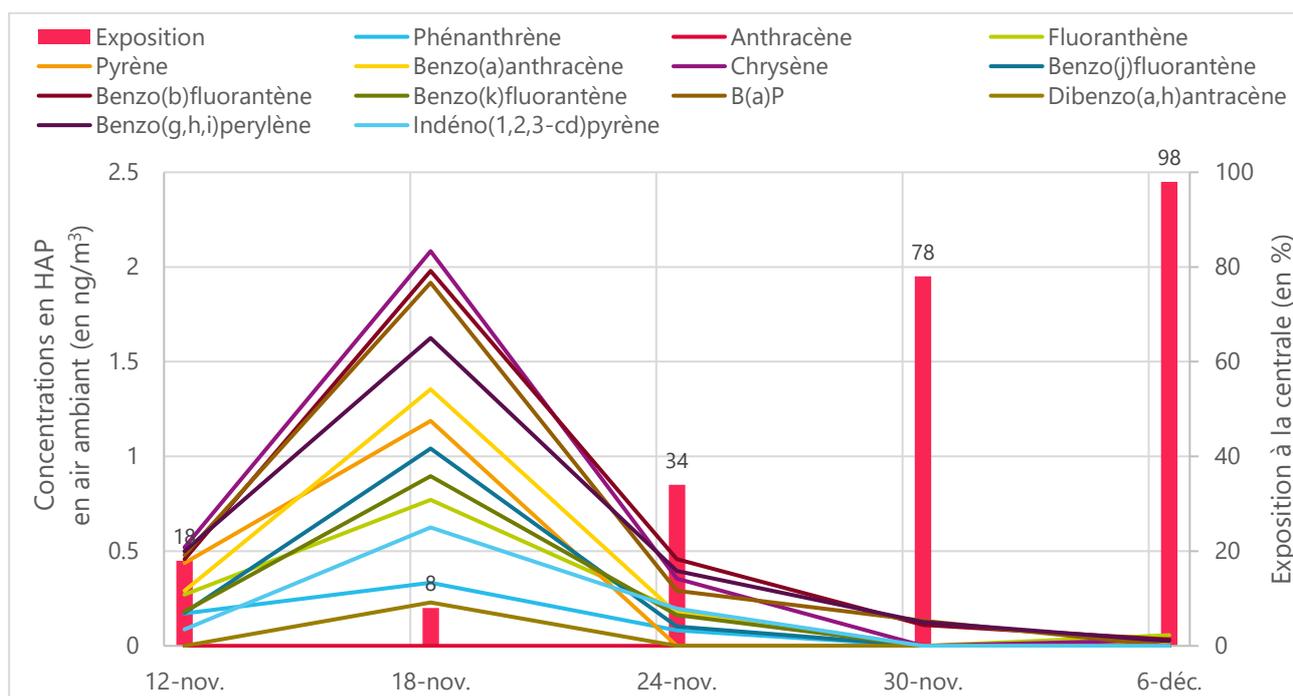


Figure 26 : détails des concentrations en HAP en air ambiant sur le site de **Durkheim** (au regard de l'exposition)

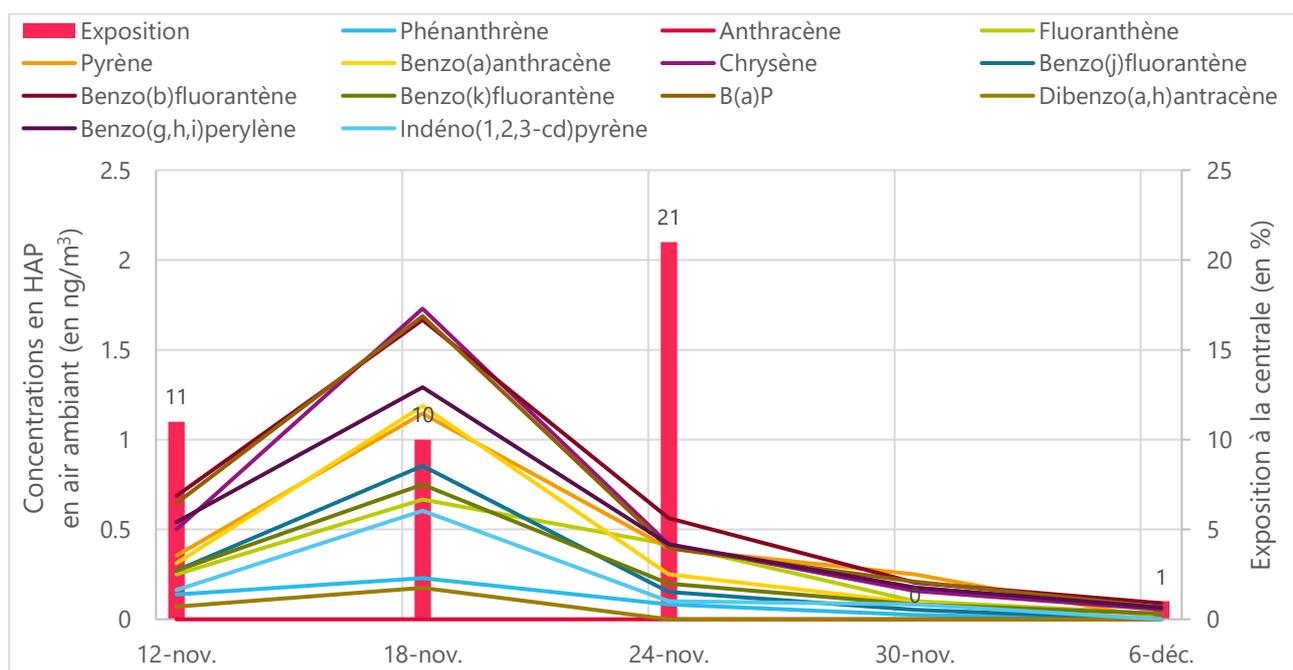


Figure 27 : détails des concentrations en HAP en air ambiant sur le site de la station **Madoumier** (au regard de l'exposition)

Aucune corrélation n'est observée pendant cette période entre les concentrations en HAP dans l'air ambiant et les taux d'exposition des 2 sites de mesures à la centrale de cogénération.

Les concentrations les plus élevées sont observées pour les prélèvements du 18 au 22/11/18 sur les deux sites. Ces jours-là, les sites ont été très peu exposés à la centrale de cogénération. La ou les sources de HAP ces jours-là sont situées au Nord-Est des deux sites mais n'ont pas pu être identifiées.

La rose des vents de du 18 au 22/11/18 est représentées ci-dessous. Elle montre clairement un régime de vents forts en provenance du Nord-Est à ce moment-là.

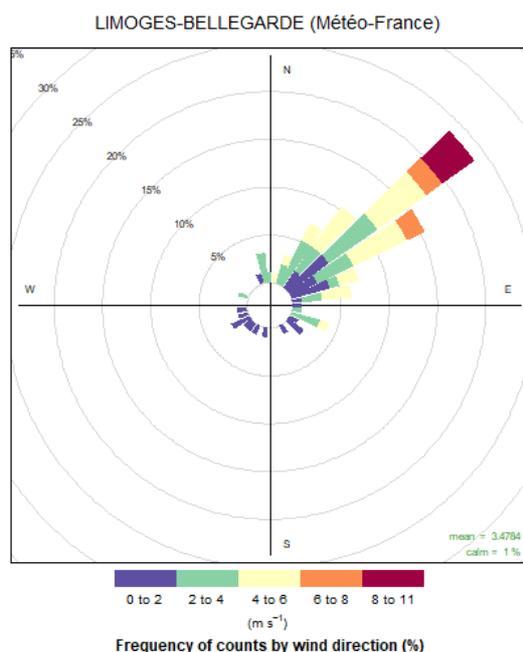


Figure 28 : rose des vents du 18 au 22/11/18

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

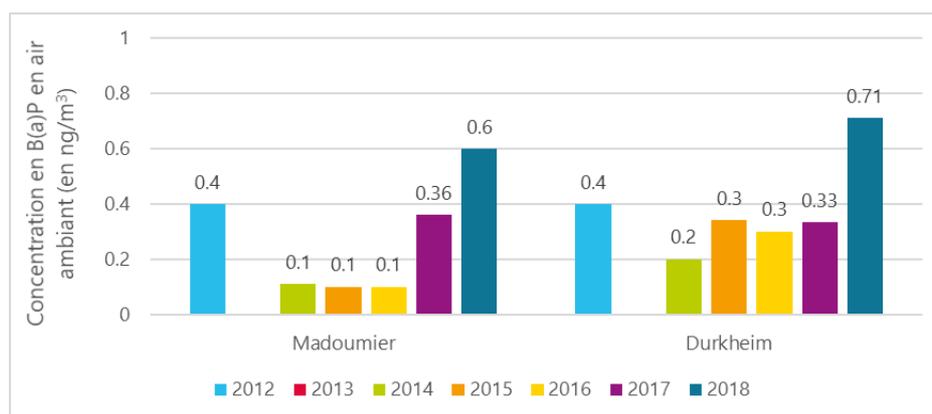


Figure 29 : évolution des concentrations en B(a)P en air ambiant depuis 2012

Sur les deux sites de mesures, les concentrations en B(a)P sont plus élevées en 2018 par rapport aux années précédentes. Cette augmentation de la concentration moyenne est essentiellement imputable aux concentrations mesurées du 18 au 22/11/18.

Les concentrations moyennes sur les autres périodes de prélèvements (sans tenir compte de la période du 18 au 22/11/18) sont de 0.30 ng/m³ à Durkheim et 0.33 ng/m³ à Madoumier. Soit du même ordre de grandeur que les années précédentes.

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 5/11/18 au 11/12/18). Et également au moyen de tubes à diffusion passive sur les sites de la station Madoumier, Madoumier bât 5 et Landouge pendant 4 semaines (du 6/11/18 au 4/12/18). 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 (en µg/m ³)				
	6/11 au 13/11/18	13/11 au 20/11/18	20/11 au 27/11/18	27/11 au 04/12/18	Moyenne des 4 semaines
Station Madoumier	13.3	7.9	15.3	10.9	11.9
Madoumier bât 5	14.8	13.6	26.8	11.5	16.7
Landouge	10.9	16.5	22.6	12.9	15.7

Tableau 21 : concentrations hebdomadaires en NO₂ par tubes passifs

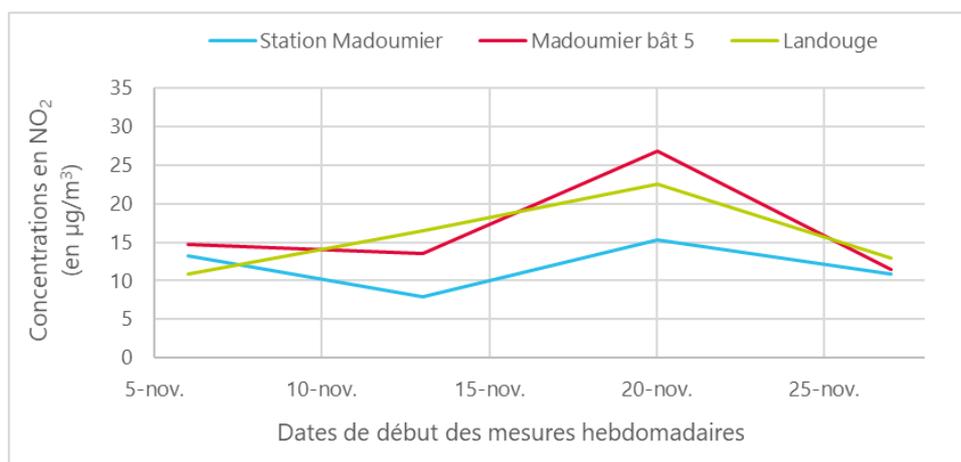


Figure 30 : évolution des concentrations moyennes en NO₂ au cours des 4 semaines de mesures

Les concentrations en NO₂ sont faibles, homogènes entre les différents sites de mesures et globalement stables au cours des 4 semaines de mesures. Les concentrations mesurées à la station Madoumier et à Madoumier bât 5 sont du même ordre de grandeur que celles mesurées sur le « site témoin » de Landouge.

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).

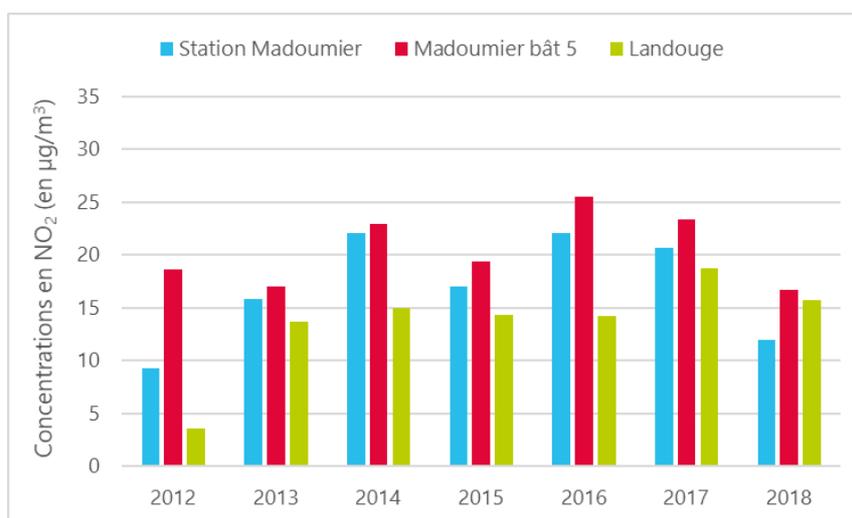


Figure 31 : évolution des concentrations en NO₂ depuis 2012

Les concentrations sur les 3 sites sont globalement stables depuis le début des mesures la concentration moyenne sur l'ensemble des résultats est de 17 µg/m³.

5.4.2. NO₂ (analyse en continu)

Le NO₂ a également été mesuré en continu du 5/11 au 11/12/18 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 5/11/18 au 11/12/18			
	Station Madoumier	Durkheim	Limoges pl. d'Aine (station trafic)	Limoges Présidial (station fond urbain)
Moyenne	16.4	19.7	33.3	22.6
Maximum	70.4	116.0	141.3	94.8

Tableau 22 : statistiques des mesures en continu de NO₂ (données horaires)

Pendant la campagne de mesures, les concentrations en NO₂ sont du même ordre de grandeur entre les sites de la station Madoumier et de Durkheim.

Pendant la campagne de mesures, les concentrations moyennes en NO₂ à la station Madoumier et à Durkheim sont inférieures aux niveaux observés sur les stations fixes d'Atmo Nouvelle-Aquitaine de Limoges place d'Aine (trafic) et Présidial (fond urbain).

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).

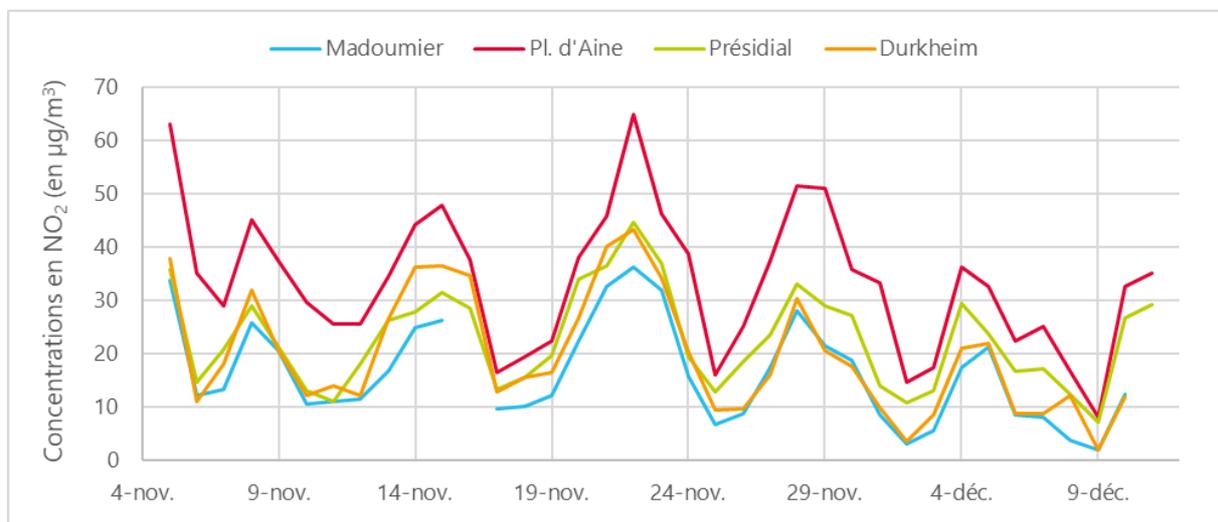


Figure 32 : évolution des concentrations en NO₂ au cours de la campagne de mesures (en moyennes journalières)

Les concentrations en NO₂ à la station Madoumier et à Durkheim sont du même ordre de grandeur que la concentration mesurée en fond urbain à Limoges (Présidial) et inférieures à la concentration mesurée en proximité du trafic routier (place d'Aine)

L'évolution des concentrations au cours du temps est proche entre les différentes stations.

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

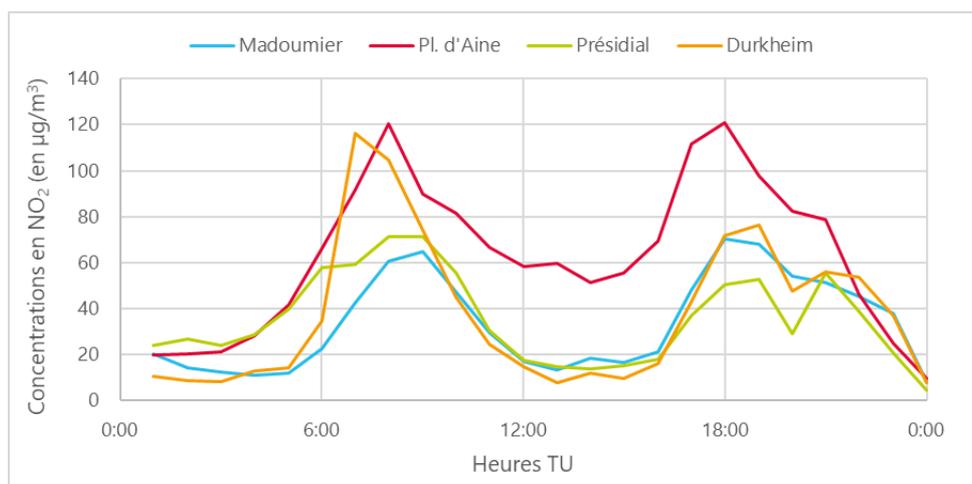


Figure 33 : profil moyen journalier du NO₂ (pendant la période de mesures)

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 5/11/18 au 11/12/18). Et également au moyen de tubes à diffusion passive sur les sites de la station Madoumier, Madoumier bât 5 et Landouge pendant 4 semaines (du 6/11/18 au 4/12/18). 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 (en µg/m ³)				
	6/11 au 13/11/18	13/11 au 20/11/18	20/11 au 27/11/18	27/11 au 04/12/18	Moyenne des 4 semaines
Station Madoumier	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Madoumier bât 5	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Landouge	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ

Tableau 23 : Concentrations hebdomadaires de SO₂ par tubes passifs
(< LQ = inférieur à la limite de quantification)

L'ensemble des prélèvements présente une concentration en SO₂ inférieure à la limite de quantification (qui est ici de 0.2 µg/m³).

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).

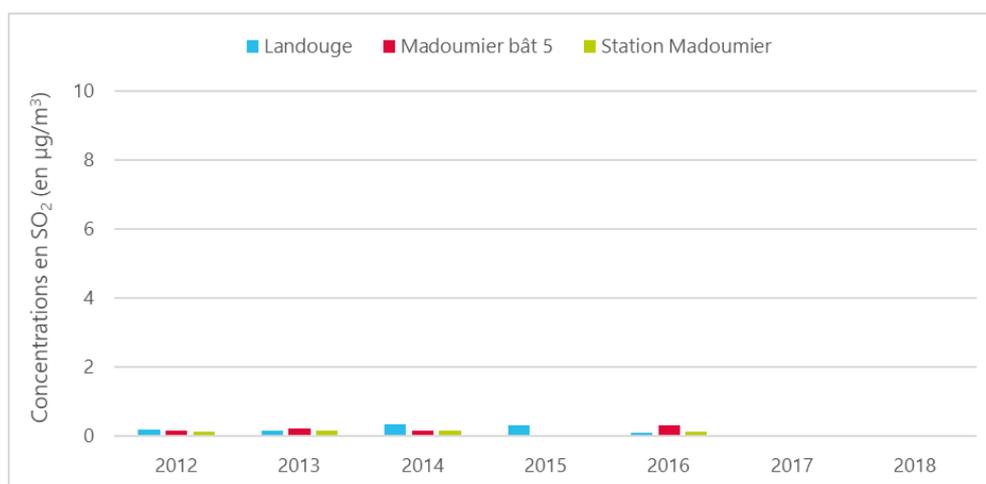


Figure 34 : évolution des concentrations en SO₂ depuis 2012

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 5/11 au 11/12/18 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 5/11/18 au 11/12/18			
	Station Madoumier	Durkheim	St Junien (fond urbain)	Saillat-sur-Vienne (station industrielle)
Moyenne	0.3	0.5	0.6	0.0
Maximum	5.2	2.5	2.2	6.7

Tableau 24 : statistiques des mesures en continu de SO₂ (données horaires)

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 d'Atmo Nouvelle-Aquitaine de Saint Junien (fond urbain) et de Saillat-sur-Vienne (station industrielle).

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

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

L'évolution des données horaires du 5/11 au 11/12/18 est présentée ci-dessous.

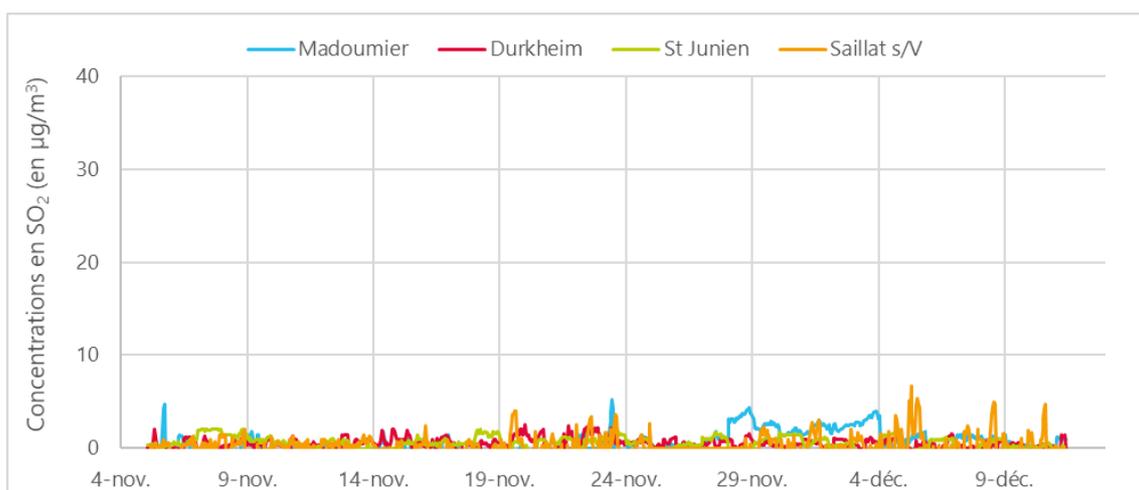


Figure 35 : évolution des concentrations en SO₂ pendant la période de mesures (données horaires)

Les résultats sur l'ensemble des sites de mesures sont extrêmement faibles.

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 5/11/18 au 11/12/18). Les différents résultats statistiques sur les mesures en continu de PM10 sont rassemblés dans le tableau suivant.

Concentrations en PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentrations (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	Station Madoumier	Durkheim	Limoges pl. d'Aine (station trafic)	Limoges Présidial (station fond urbain)
Moyenne	14.1	16.0	18.1	13.9
Maximum	31.9	39.8	36.8	36.3

Tableau 25 : résultats statistiques des PM10 (données journalières)

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.

Pendant la campagne de mesures, les concentrations en PM10 moyennes et maximales à la station Madoumier et à Durkheim sont du même ordre de grandeur que les niveaux observés sur les stations fixes d'Atmo Nouvelle-Aquitaine de Limoges (trafic et fond urbain).

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).

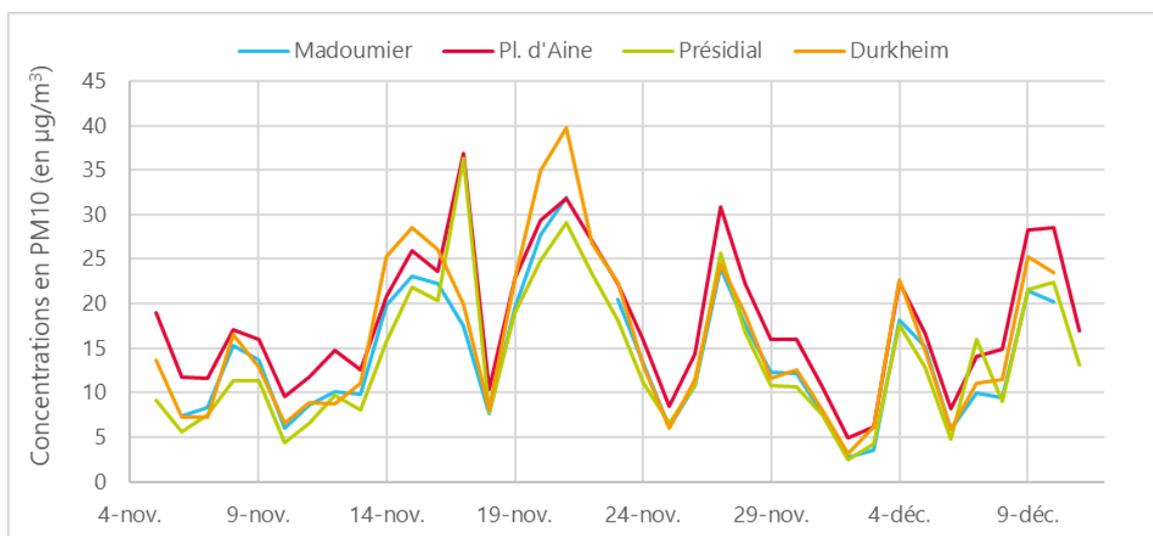


Figure 36 : évolution des concentrations en PM10 au cours de la campagne de mesures (moyennes journalières)

Les concentrations en PM10 à la station Madoumier et à Durkheim sont du même ordre de grandeur que les concentrations des stations fixes de Limoges (site trafic et site de fond urbain). L'évolution des concentrations au cours du temps est très similaire entre les différents sites de mesures.

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

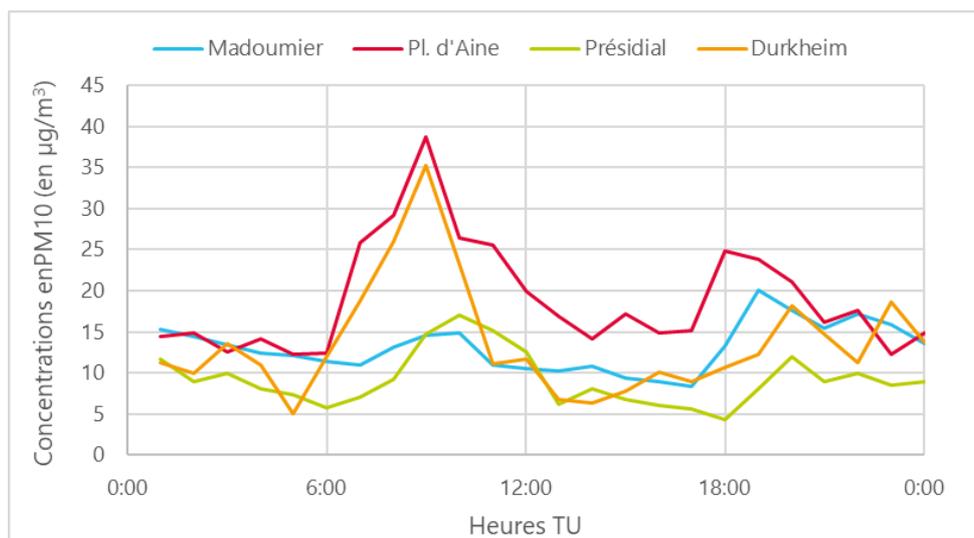


Figure 37 : profil moyen journalier des PM10 pendant la période de mesures

A cette période de l'année, les PM10 sont principalement émis 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 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 (du 6/11/18 au 4/12/18).

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)				Moyenne des 4 semaines
	6/11 au 13/11/18	13/11 au 20/11/18	20/11 au 27/11/18	27/11 au 04/12/18	
Station Madoumier	0.6	1.3	1.1	0.3	0.8
Madoumier bât 5	1.3	1.9	2.0	1.3	1.6
Durkheim	0.8	2.1	1.9	0.6	1.4
Limoges pl. d'Aine (station trafic)	Du 20/11/18 au 27/11/18 = 1.3 µg/m ³				

Tableau 26 : concentrations hebdomadaires en benzène par tubes passifs

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).

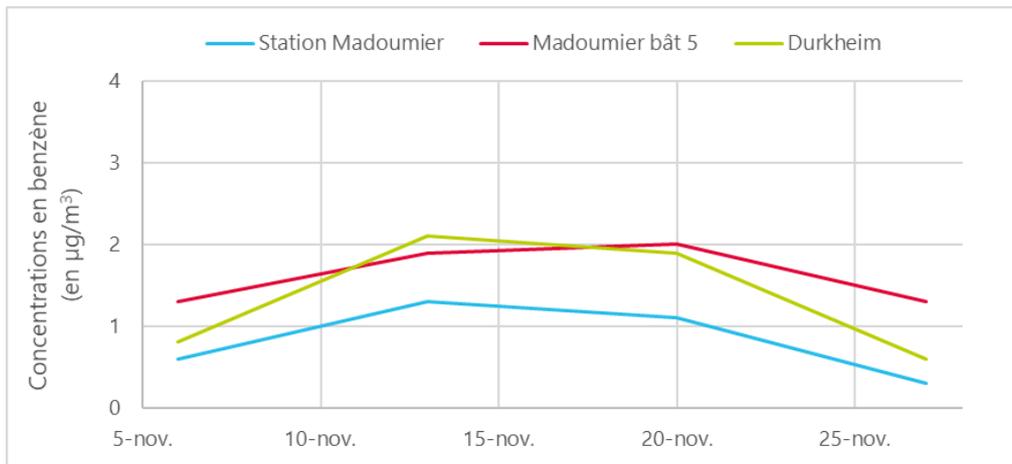


Figure 38 : évolution des concentrations moyennes en benzène au cours des 4 semaines de mesures

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.

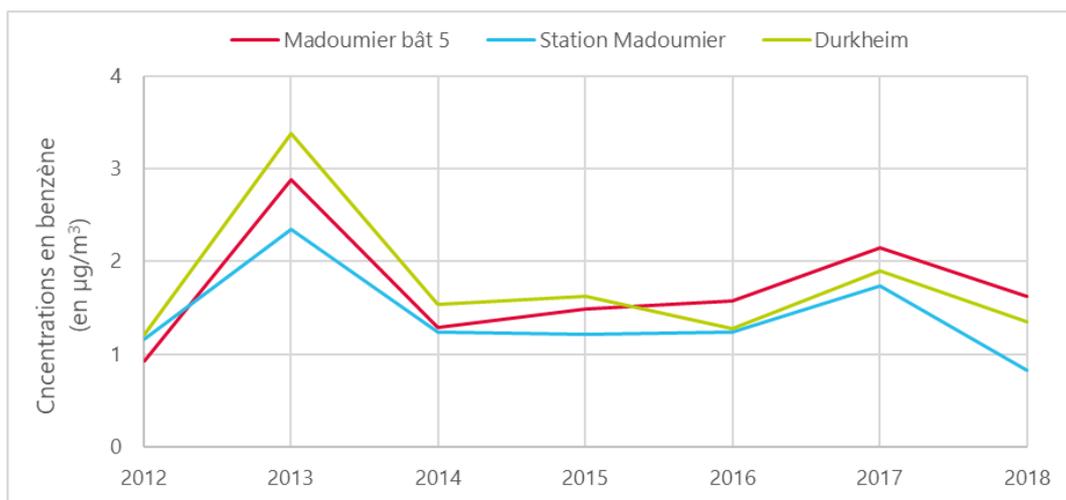


Figure 39 : évolution des concentrations en benzène depuis 2012

Les concentrations en benzène les plus élevées ont été observées en 2013 sur ces 3 sites de mesures. Depuis 2014 les concentrations en benzène sur ces 3 sites de mesures sont stables (avec une moyenne de $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

6. Conclusion

En novembre/décembre 2018, des mesures de dioxines-furannes, de métaux, de HAP, de NO₂, de SO₂, de benzène et de PM10 ont été réalisées autour de la centrale de cogénération bois DALKIA / SDCL du Val de l'Aurence (Limoges, Haute-Vienne).

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes :

Dioxines-furannes dans les retombées :

- Les concentrations en équivalent toxiques sont faibles et du même ordre de grandeur que les années précédentes. Les deux composés les plus toxiques n'ont pas été détectés.

Dioxines-furannes en air ambiant :

- Les concentrations sur le site de Madoumier sont élevées par rapport au site de Durkheim et par rapport aux années précédentes. Cependant, au vu des taux d'exposition, les émissions des activités de la centrale de cogénération ne semblent pas en cause. A ce moment-là des vents forts provenaient exclusivement du Nord-Est.

Métaux dans les retombées :

- Comme les années précédentes, les espèces majoritaires dans les retombées sont le Cu, le Zn et le Mn. Les concentrations en Cu tendent à augmenter sur l'ensemble des sites, sans lien direct avec les activités de la centrale de cogénération. Les concentrations en Zn tendent à augmenter sur les sites de Madoumier et Durkheim.

Métaux en air ambiant :

- Comme les années précédentes, les espèces majoritaires dans les retombées sont le Cu, le Zn et le Mn. Les concentrations en Cu tendent à augmenter sur les deux sites de mesures. Au vu des taux d'exposition, cette augmentation ne semble pas liée avec les activités de la centrale de cogénération.

HAP :

- Les concentrations de l'ensemble des HAP mesurés sont faibles.
- Sauf lors d'un prélèvement ponctuel du 18 au 22/11/18 à Madoumier. Au vu de la direction du vent, cette augmentation ne semble pas liée avec les activités de la centrale de cogénération. A ce moment-là des vents forts provenaient exclusivement du Nord-Est.

SO₂ :

- Les concentrations en SO₂ sont négligeables depuis 2012.

NO₂ :

- Les concentrations en NO₂ semblent être principalement influencées par le trafic routier.
- Par rapport à l'historique de mesures, les concentrations en NO₂ sont globalement stables depuis 2013.

PM10 :

- Les concentrations en PM10 sont faibles et l'évolution des concentrations au cours des 4 semaines des mesures est similaire à celle des stations fixes de Limoges (fond urbain et trafic) dénotant le caractère global de ce polluant.

Benzène :

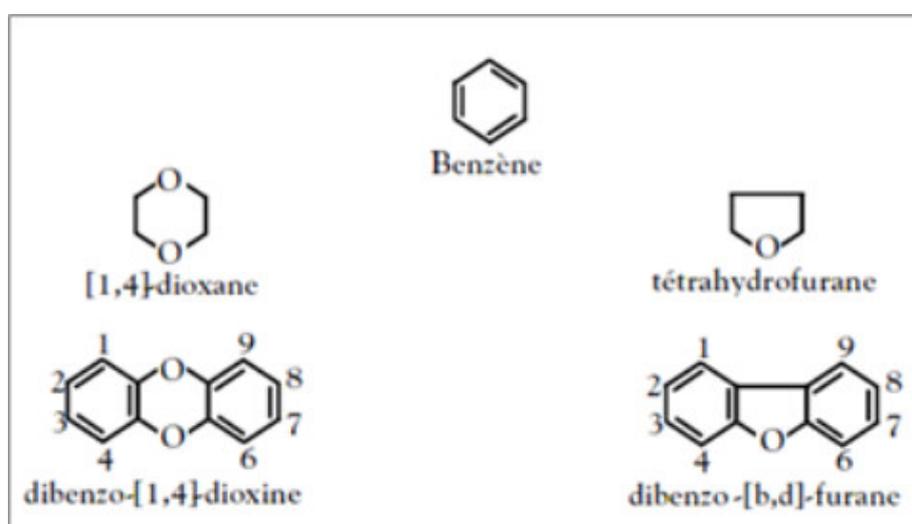
- Les concentrations en benzène sont du même ordre de grandeur que celle mesurée sur la place d'Aine (site de proximité automobile).
- Par rapport à l'historique de mesures, les concentrations en benzène sont globalement stables depuis 2014.

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 9/11/18 au 6/12/18, 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	< LQ	< LQ	< LQ
HpCDD	< LQ	< LQ	8.10
OCDD	5.92	14.28	10.46
PCDD	Entre 5.92 et 112	Entre 14.3 et 120	Entre 18.6 et 117
TCDF	< LQ	< LQ	< LQ
PeCDF	< LQ	< LQ	< LQ
HxCDF	< LQ	< LQ	< LQ
HpCDF	< LQ	< LQ	< LQ
OCDF	< LQ	< LQ	< LQ
PCDF	< 106.94	< 106.94	< 106.94

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 12 au 19/11/18 sur le site de la station Madoumier puis du 29/11 au 6/12/18 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	159.0	< LQ
PeCDD	247.3	< LQ
HxCDD	547.4	5.2
HpCDD	1056.4	9.7
OCDD	1627.6	14.1
PCDD	3637.6	<i>Entre 24.0 et 38.9</i>
TCDF	127.2	< LQ
PeCDF	96.8	< LQ
HxCDF	103.6	< LQ
HpCDF	61.0	2.4
OCDF	27.9	1.0
PCDF	416.5	<i>Entre 3.4 et 27.0</i>

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.

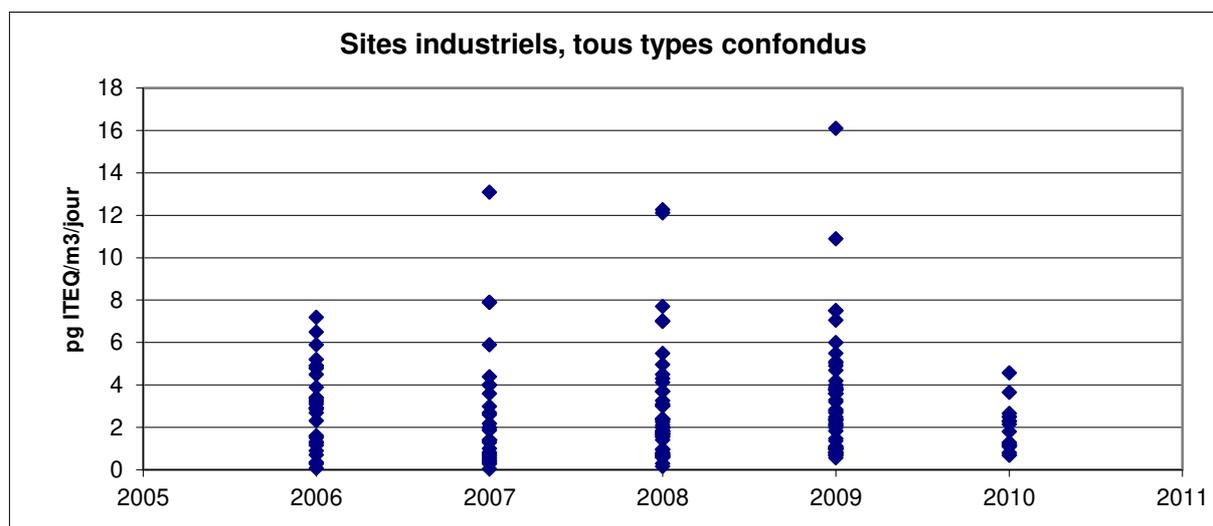
Les valeurs sont données tel qu'elles ont été reçues (en enlevant cependant toute indication de lieu).

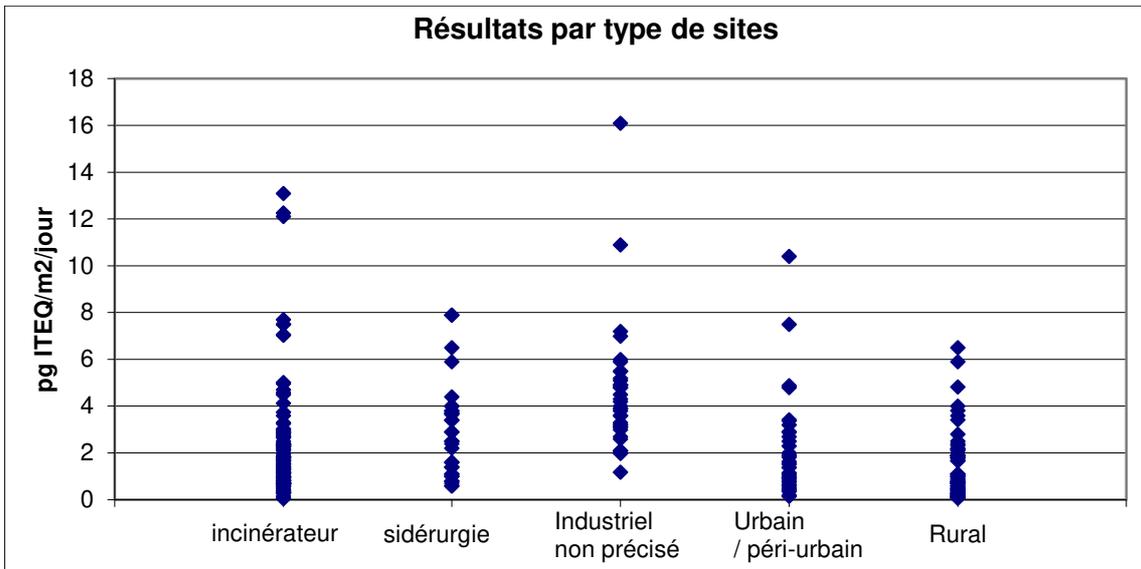
Mesure dans les retombées atmosphériques (prélèvements par jauges de sédimentation)

Remarques :

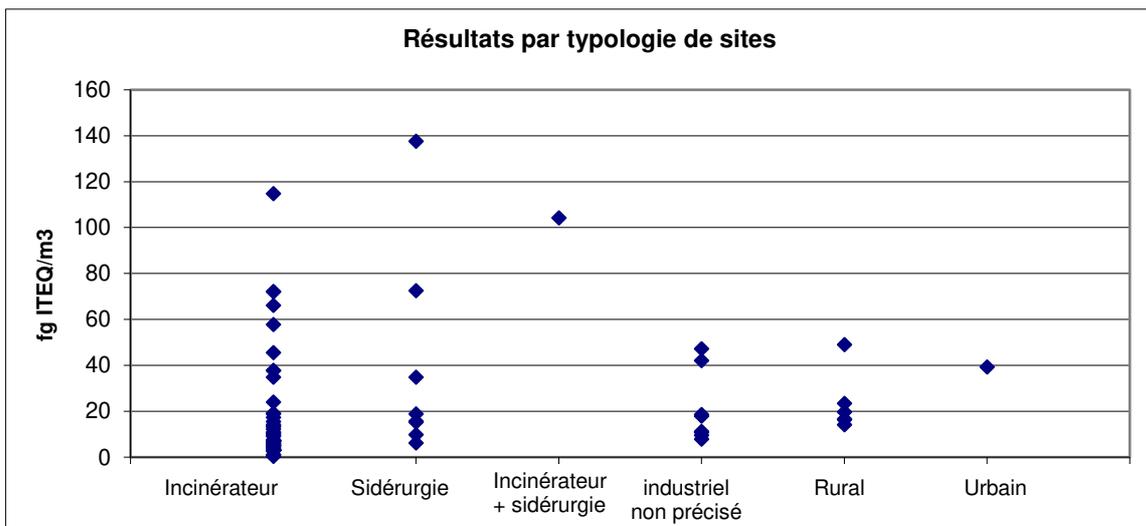
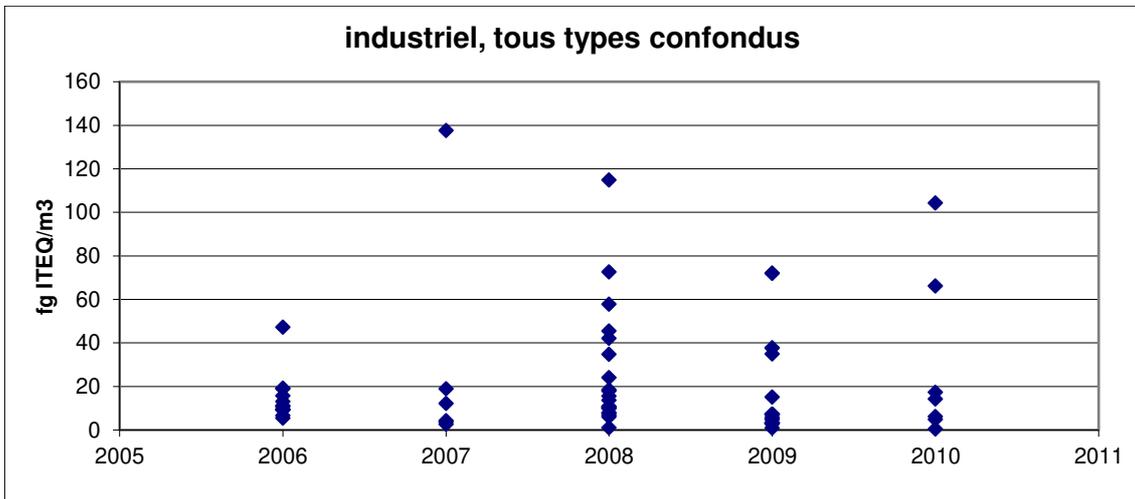
Deux valeurs sont non représentées, elles concernent des mesures réalisées autour du même incinérateur en 2006 et 2010, elles sont respectivement de 116 et 80 pg ITEQ/m³/jour.

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 Auguste Fresnel
17 184 Périgny Cedex

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

