



---

# PLAN DE SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

---

[www.limair.asso.fr](http://www.limair.asso.fr)

## Sites

**Cogénération bois  
SDCL/DALKIA**

**Localisation**  
Limoges

**Date**  
3 novembre - 3  
décembre 2015

**Paramètres étudiés**  
Dioxines, métaux  
lourds, HAP, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>,  
PM10 et benzène



Diffusion : Janv. 2016  
E12-2015



# TABLE DES MATIÈRES

<b>4</b>	<b>Glossaire</b>
<b>7</b>	<b>Contexte et objectif</b>
<b>8</b>	<b>Polluants surveillés</b>
8	1.Dioxines et furannes
9	2.Métaux lourds
10	3.Hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP
10	4.Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub>
10	5.Dioxyde de soufre SO <sub>2</sub>
11	6.Particules fines en suspension PM10
11	7.Composés organiques volatils non méthaniques COVNM
<b>12</b>	<b>Réglementation</b>
<b>14</b>	<b>Organisation de l'étude</b>
<b>16</b>	<b>Contexte météorologique</b>
16	1.Direction et vitesse de vent
17	2.Température, humidité et précipitation
<b>18</b>	<b>Résultats de l'étude</b>
18	1.Dioxines et furannes
26	2.Métaux lourds
30	3.HAP
31	4.Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub>
33	5.Dioxyde de soufre SO <sub>2</sub>
35	6.Particule fines PM10 par mesure en temps réel
36	7.Benzene par prélèvement
<b>37</b>	<b>Conclusion</b>
<b>38</b>	<b>Index des illustrations</b>
<b>39</b>	<b>Index des tableaux</b>
<b>40</b>	<b>Annexes</b>

# GLOSSAIRE

## Unités de mesure

kg	kilogramme
g	gramme
mg	milligramme
µg	microgramme (1 millionième de gramme, 1 µg = 10 <sup>-6</sup> g)
ng	nanogramme (1 milliardième de gramme, 1 ng = 10 <sup>-9</sup> g)
pg	picogramme (1 millième de milliardième de gramme, 1 pg = 10 <sup>-12</sup> g)
fg	femtogramme (1 millionième de milliardième de gramme, 1 fg = 10 <sup>-15</sup> g)
m <sup>3</sup>	mètre cube (d'air)
I-TEQ	indicateur équivalent toxique
ld	limite de détection
lq	limite de quantification
ppm	partie par million / part per million
ppb	partie par milliard / part per billion, 1 ppm = 1 000 ppb

## Dioxines et furannes

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
1.2.3.6.7.8 HxCDD	1.2.3.6.7.8 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	OctoChloroDibenzoDioxine
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
2.3.4.6.7.8 HxCDF	2.3.4.6.7.8 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	OctoChloroDibenzoFuranne

## Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

B(a)A	Benzo(a)Anthracène
B(a)P	Benzo(a)Pyrène
B(b)F	Benzo(b)Fluorantène
B(g,h,i)P	Benzo(g,h,i)Pérylène
B(j)F	Benzo(j)Fluorantène
B(k)F	Benzo(k)Fluorantène
dB(a,h)A	Dibenzo(a,h)Anthracène
IP	Indéno(1,2,3-cd)Pyrène

## Métaux lourds

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

## Autres polluants

COV	Composés Organiques Volatils
BTEX	Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylène
NO <sub>2</sub>	Dioxyde d'azote
SO <sub>2</sub>	Dioxyde de soufre
PM	Particules en suspension (Particulate Matter)
PM10	Particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 10 micromètres

## Abréviations

CCE	Commission des Communautés Européennes
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
INERIS	Institut National de l'Environnement industriel et des RISques
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



## CONTEXTE ET OBJECTIF

---

Dans le cadre de ses obligations réglementaires de surveillance atmosphérique, l'entreprise SDCL/DALKIA a sollicité LIMAIR 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 mesure réalisée au mois de novembre (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 mesure réalisées chaque année sur une période identique (ETD-2013-14, E14-2014).

Différents matériels techniques ont été utilisés afin de caractériser les concentrations en air ambiant et dans les retombées atmosphériques pour plusieurs polluants : dioxines et furannes, métaux lourds, hydrocarbures aromatiques polycycliques, dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, benzène, particules en suspension.

Une synthèse des résultats de mesure obtenus sur la période du 3 novembre au 3 décembre 2015 et une comparaison avec ceux des campagnes précédentes sont retranscrites dans le présent rapport.

Il est important de rappeler le contexte géographique de la centrale de cogénération, caractérisé par la présence de voies de circulation (boulevard et pénétrante) et de quartiers résidentiels à proximité. Ainsi, l'influence du trafic de véhicules et de la combustion provoquée par le chauffage urbain et l'impact de la centrale ne pourront être dissociés dans les résultats fournis dans ce rapport.

# POLLUANTS SURVEILLÉS

## 1. Dioxines et furannes

### Origines :

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 (Cf. Annexes : Dioxines et 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.

### Effets sur la santé :

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

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 chloracnées, des cancers (le CIRC de l'OMS a classé la 2,3,7,8-TCDD, dite de Seveso, comme substance cancérogène pour l'homme).

### Effets sur l'environnement :

Elles sont très peu assimilables par les végétaux mais 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 heptchlorées	HpCDD
Dioxines octachlorées	OCDD
Furannes tétrachlorées	TCDF
Furannes pentachlorées	PeCDF
Furannes hexachlorées	HxCDF
Furannes heptchlorées	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. Annexes : Calcul de toxicité).



## Remarques concernant l'analyse

On précise que lorsque les concentrations nettes sont inférieures aux seuils de quantification donnés par le laboratoire d'analyses (c'est-à-dire qu'elles peuvent se trouver entre 0 et la valeur du seuil), ce sont les valeurs de ces seuils qui sont prises en compte dans le calcul. 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 limites de quantification étant maximalisées.

On rappelle également que la quantification des dioxines et furannes dans les deux matrices proposées ci-après (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 qualité 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).

## 2. Métaux lourds

Dans la convention de Genève, le protocole relatif aux métaux lourds désigne par le terme "métaux lourds" les métaux qui ont une masse volumique supérieure à  $4,5 \text{ g/cm}^3$ . Elle englobe l'ensemble des métaux présentant un caractère toxique pour la santé et l'environnement.

### Origines :

Ces métaux toxiques proviennent de la combustion des charbons, pétroles, ordures ménagères... et de certains procédés industriels particuliers. Ils se retrouvent généralement au niveau des particules (sauf le mercure qui est principalement gazeux).

### Effets sur la santé :

Les métaux s'accumulent 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.

### Métaux analysés

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

### 3. Hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP

#### Origines :

Les HAP sont des composés organiques qui présentent au moins deux cycles benzéniques condensés. Ils font partie des polluants organiques persistants (POP). Ils sont issus des combustions incomplètes des hydrocarbures (essence), du charbon et des matières organiques (bois, ...). La principale source d'émission des HAP est anthropique (chauffage résidentiel, trafic automobile, ...).

#### Effets sur la santé :

Leurs propriétés chimiques et physiques varient suivant leur structure, mais sont généralement très hydrophobes (mis à part le naphthalène) et disposent d'un potentiel d'absorption 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)Pyène.

#### Effets sur l'environnement :

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

### 4. Dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>

#### Origines :

Les oxydes d'azote NO<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub>), principalement émis par les véhicules et les installations de combustion, jouent un rôle majeur dans le cycle de formation et de destruction de l'ozone. Le NO<sub>2</sub>, 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 NO<sub>2</sub> est un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut, dès 200 µg/m<sup>3</sup>, entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyper-réactivité bronchique chez l'asthmatique et un accroissement de la sensibilité aux infections des bronches chez l'enfant.

#### Effets sur l'environnement :

Les NO<sub>x</sub> sont des gaz à effet de serre et interviennent dans le processus de formation de l'ozone dans la troposphère. Ils contribuent également au phénomène des pluies acides ainsi qu'à l'eutrophisation des cours d'eau et des lacs.

### 5. Dioxyde de soufre SO<sub>2</sub>

#### Origines :

Ce gaz résulte essentiellement de la combustion de matières fossiles contenant du soufre (charbon, fuel, gazole...) et de procédés industriels.

#### Effets sur la santé :

C'est un gaz irritant qui agit en synergie avec d'autres substances, notamment les particules en suspension. Il est associé à une altération de la fonction pulmonaire chez l'enfant et à une exacerbation des symptômes respiratoires aigus chez l'adulte (toux, gêne respiratoire). Les personnes asthmatiques y sont particulièrement sensibles.

#### Effets sur l'environnement :

En présence d'humidité, il forme de l'acide sulfurique qui contribue au phénomène des pluies acides et à la dégradation de la pierre et des matériaux de certaines constructions.

## 6. Particules fines en suspension PM10

### Origines :

Elles proviennent surtout de la sidérurgie, des cimenteries, de l'incinération des déchets, de la circulation automobile. Leur taille varie de quelques microns à quelques dixièmes de millimètre. On distingue les particules fines et ultra fines, provenant par exemple des fumées des moteurs, et les grosses particules provenant des chaussées ou présentes dans certains effluents industriels.

### Effets sur la santé :

Les plus grosses particules sont retenues par les voies aériennes supérieures. Les plus fines, à des concentrations relativement basses, peuvent, surtout chez l'enfant, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes. De nombreuses recherches sont développées pour évaluer l'impact des émissions.

### Effets sur l'environnement :

Les effets de salissure sont les plus évidents.

## 7. Composés organiques volatils non méthaniques COVNM

### Origines :

Les COVNM se trouvent principalement dans la composition des carburants et sont émis lors de la combustion incomplète des combustibles (notamment les gaz d'échappement), mais aussi dans de nombreux produits comme les peintures, les encres, les colles, les détachants, les cosmétiques, les solvants. La présence des COVNM dans l'air intérieur peut être, de ce fait, très importante. Ils sont également émis par le milieu naturel et certaines aires cultivées.

### Effets sur la santé :

Leurs présentations sous diverses formes entraînent des effets variés, allant de la simple gêne olfactive ou des irritations avec diminution de la capacité respiratoire, jusqu'à des conséquences plus graves comme des effets mutagènes et cancérogènes (**benzène**).

### Effets sur l'environnement :

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

# ▶ RÉGLEMENTATION

---

Source : Article R,221-1 du Code de l'environnement

A l'heure actuelle, les teneurs dans l'atmosphère de certains polluants sont réglementées. Ces valeurs réglementaires sont définies au niveau européen dans des directives puis déclinées en droit français par des décrets ou des arrêtés.

- **Valeur limite** : un niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé 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** : un niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble,
- **Objectif de qualité** : un 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.

Le tableau page suivante regroupe les seuils pour chaque polluant réglementé et surveillé au cours de cette étude.

**Le contexte réglementaire de la mesure de dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques et en air ambiant est particulier, aucun seuil n'existe tant au niveau français qu'eupéen. Seul des niveaux d'intervention ont été fixés dans le cadre de la bio-surveillance des denrées alimentaires.**

Polluants	Valeurs réglementaires en air extérieur en vigueur Décrets N°98-360, 2002-2113, 2003-1479 , 2007-1479, 2008-1152, 2010-1250 Directives 2004/107/CE et 2008/50/CE		
	Valeurs limites	Valeurs cibles	Objectifs de qualité
Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub>	<p><b>40 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p> <p><b>200 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 18 heures/an</p>		<p><b>40 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>
Dioxyde de soufre SO <sub>2</sub>	<p><b>350 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 24 heures/an</p> <p><b>125 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours/an</p>		<p><b>50 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>
Particules en suspension PM10	<p><b>40 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p> <p><b>50 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 35 jours/an</p>	-	<p><b>30 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>
Benzène C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	<p><b>5 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>		<p><b>2 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>
Plomb Pb	<p><b>500 ng/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>	-	<p><b>250 ng/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>
Arsenic As	-	<p><b>6 ng/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>	-
Cadmium Cd	-	<p><b>5 ng/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>	-
Nickel Ni	-	<p><b>20 ng/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>	-

Tableau 1: Repères réglementaires

# ORGANISATION DE L'ÉTUDE

A l'identique des précédentes campagnes de mesure réalisées pendant la même période en 2012 (ETD-2012-15), 2013 (ETD-2013-14) et 2014 (E14-2014), conformément aux résultats de la modélisation des retombées atmosphériques de la centrale effectuée en 2012 et suivants les prescriptions d'implantation des sites de mesure de l'INERIS, sept sites de mesure ont été sélectionnés avec les matériels suivants :

- 3 paires de jauges OWEN pour la récupération des dioxines, furannes et métaux lourds dans les retombées atmosphériques (Cf. Annexe),
- 1 préleveur haut débit (30 m<sup>3</sup>/h) DA80 Digital pour le prélèvement en air ambiant (dioxines, furannes et métaux lourds),
- 2 préleveurs bas débit (1 m<sup>3</sup>/h) Partisol Plus BaP Thermo pour le prélèvement en air ambiant des HAP,
- 2 analyseurs AF21M Environnement S.A. pour les mesures temps réel du dioxyde de soufre,
- 2 analyseurs AC31M Environnement S.A. pour les mesures temps réel du dioxyde d'azote,
- 2 analyseurs TEOM 1405F Thermo pour les mesures temps réel des particules fines PM<sub>10</sub>,
- tubes passifs code 166 Radiello pour les mesures différées des dioxydes de soufre et dioxydes d'azote,
- tubes passifs code 145 Radiello pour les mesures différées du benzène.

Le détail de la campagne de mesure est reporté dans le tableau suivant :

Moyens	Polluants	Sites de mesures	Période
Colecteurs (Jauges OWEN)	Dioxines/Furannes, Métaux lourds	Rue des sapins Station Madoumier Durkheim	03/11 au 3/12
Préleveurs haut débit (DA80 Digital)	Dioxines/Furannes, Métaux lourds	Station Madoumier Durkheim	05/11 au 19/11
Préleveur bas débit (Partisol Plus)	HAP		03/11 au 01/12
Laboratoire sur remorque (Analyseurs)	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub>		03/11 au 3/12
Tubes passifs (Radiello)	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	Rue des sapins Landouge Crous La Borie Madoumier bât 3 Madoumier bât 5 Station Madoumier	04/11 au 02/12
	Benzène	Madoumier bât 3 Madoumier bât 5 Station Madoumier Durkheim	04/11 au 02/12

Tableau 2: Planning de mesure et de prélèvement

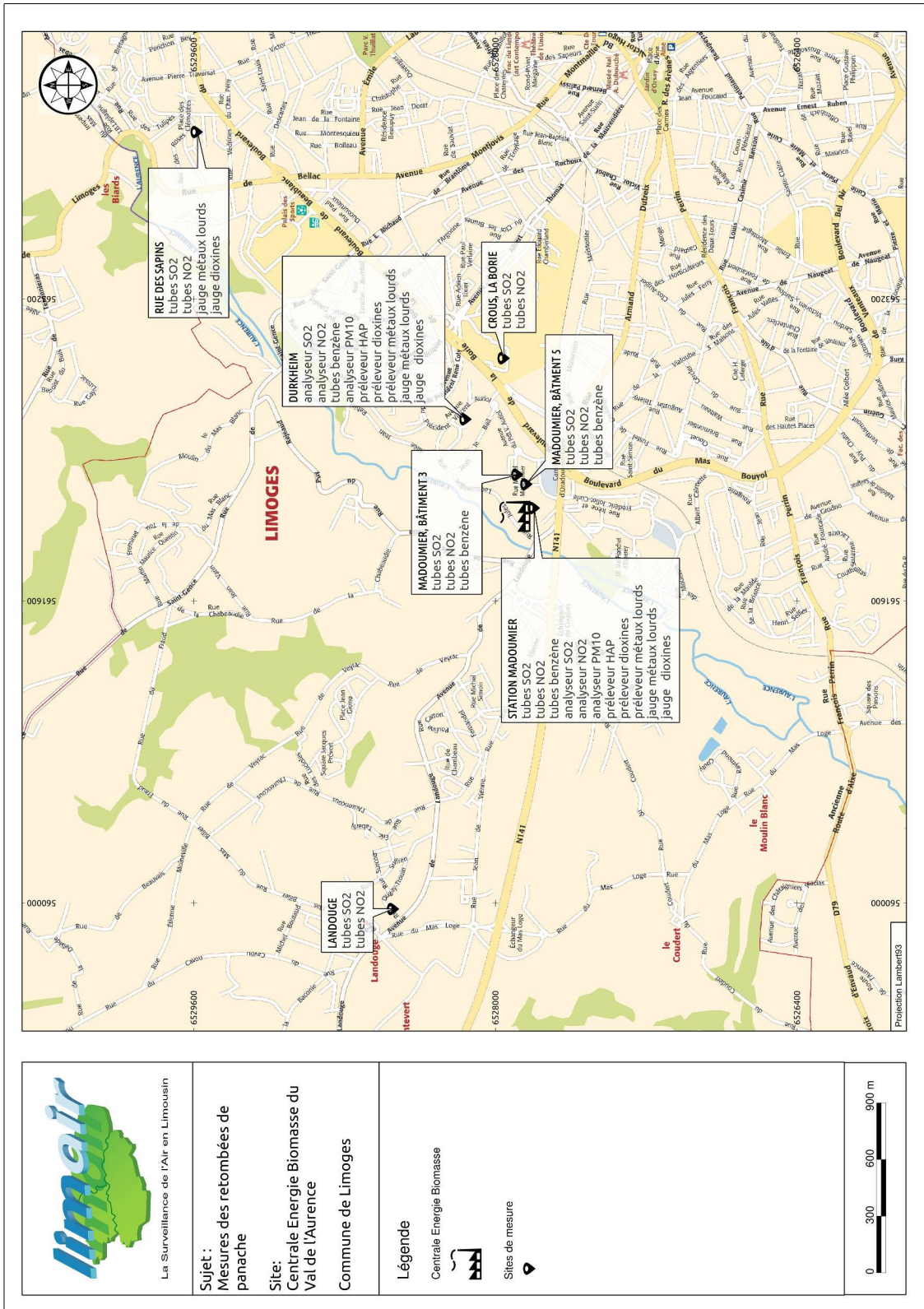


Illustration 1: Positionnement des points de prélèvements

# CONTEXTE MÉTÉOROLOGIQUE

Les résultats ci-dessous ont été élaborés à partir des mesures fournies par la station n° 87085006 du réseau Météo-France et située sur la commune de Limoges Bellegarde à 6 km environ au nord-ouest de la centrale, pour la période du 3 novembre au 3 décembre 2015.

## 1. Direction et vitesse de vent

Les mesures invalidantes de direction de vent égales à zéro ont été supprimées des calculs (soit 3,8 % des mesures sur 720 valeurs), ainsi que les vitesses de vent inférieures à 1 m/s où le vent est considéré comme calme et non suffisant pour obtenir des mesures métrologiquement fiables (10,4 % des mesures restantes).

Attention particulière : une rose des vents montre d'où vient le vent et fait intervenir dans sa construction les directions et les vitesses de vent. Son rendu est étroitement dépendant du nombre de secteurs de direction ainsi que du nombre de classes de vitesse de vent choisi. Nous prendrons en considération 16 secteurs : 8 secteurs primaires (Nord, Est,... Nord-Est, ...) et 8 secteurs secondaires (Nord-Nord-Ouest, Est-Sud-Est, ...), soit 22.5° par secteur (360°/16), et des classes de vent par pas de 1 m/s.

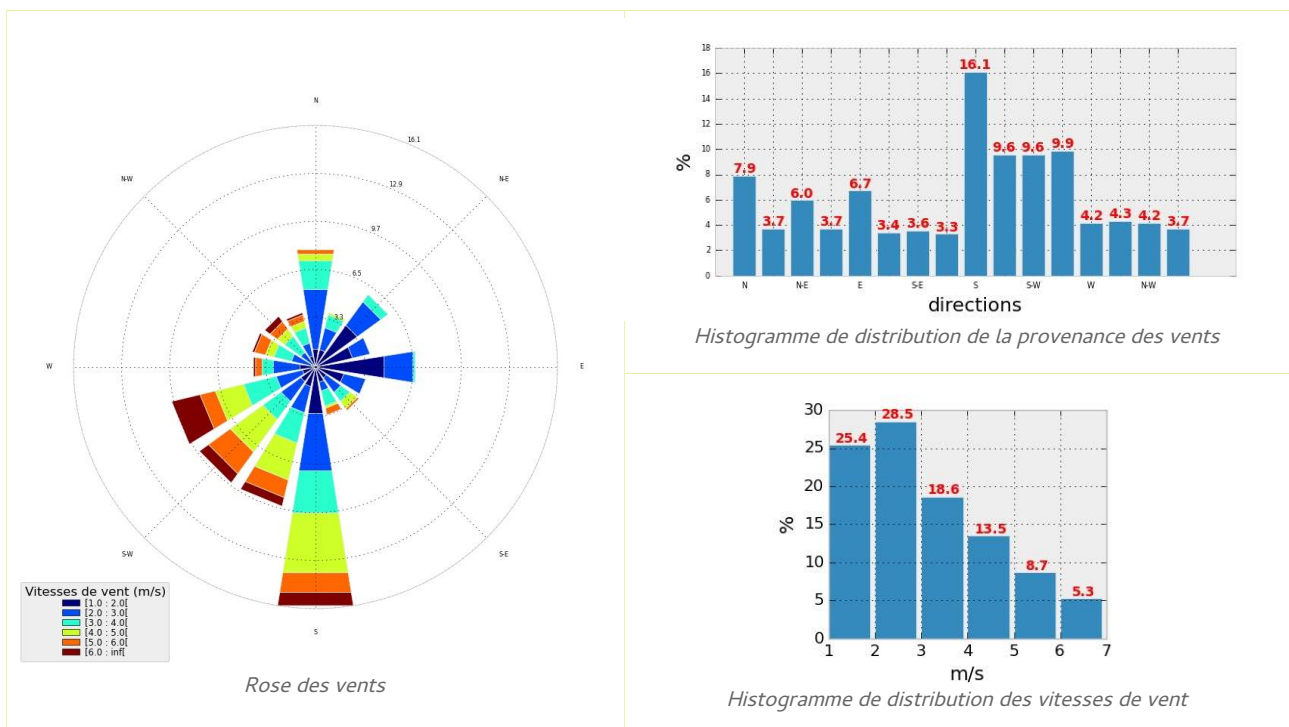


Illustration 2: Conditions météorologiques globales

Sur l'ensemble de la période d'échantillonnage, les vents de sud et sud-ouest sont majoritaires avec des vitesses de vent atteignant jusqu'à 9,5 m/s, soit 34 km/h.

L'exposition des sites sous les vents en provenance de l'usine est reportée dans le tableau page suivante.



Sites	Position par rapport à la centrale		Fréquence sous le vent de la centrale (%)
	Angle par rapport au nord (secteur)	Distance (mètres)	
Rue des sapins	50° (NE)	2640	9,6
Crous, La Borie	87° (E)	840	4,2
Landouge	287° (ONO)	2180	3,4
Station Madoumier	157° (SSE)	110	3,7
Madoumier, bâtiment 3	94° (E)	220	4,2
Madoumier, bâtiment 5	110° (ESE)	180	4,3
Durkheim	57° (ENE)	580	9,9

Tableau 3: Fréquences d'exposition des sites de prélèvement

Les vents dominants sur la période de mesure sont de sud et de sud-ouest. Ainsi, à distance égale entre les 7 points de prélèvement, les sites de « Durkheim » et de « rue des Sapins » situés au nord-est de la centrale de cogénération sont logiquement les plus exposés à ses rejets.

## 2. Température, humidité et précipitation

Résultats horaires	Température (°C)	HR (%)	Précipitations (mm)
Moyenne	9,4	84,9	0,1
Minimum	-3,1	45,0	0,0
Maximum	22,2	99,0	9,8
Cumul	-	-	67,0

Tableau 4: Données de température, humidité et précipitations enregistrées

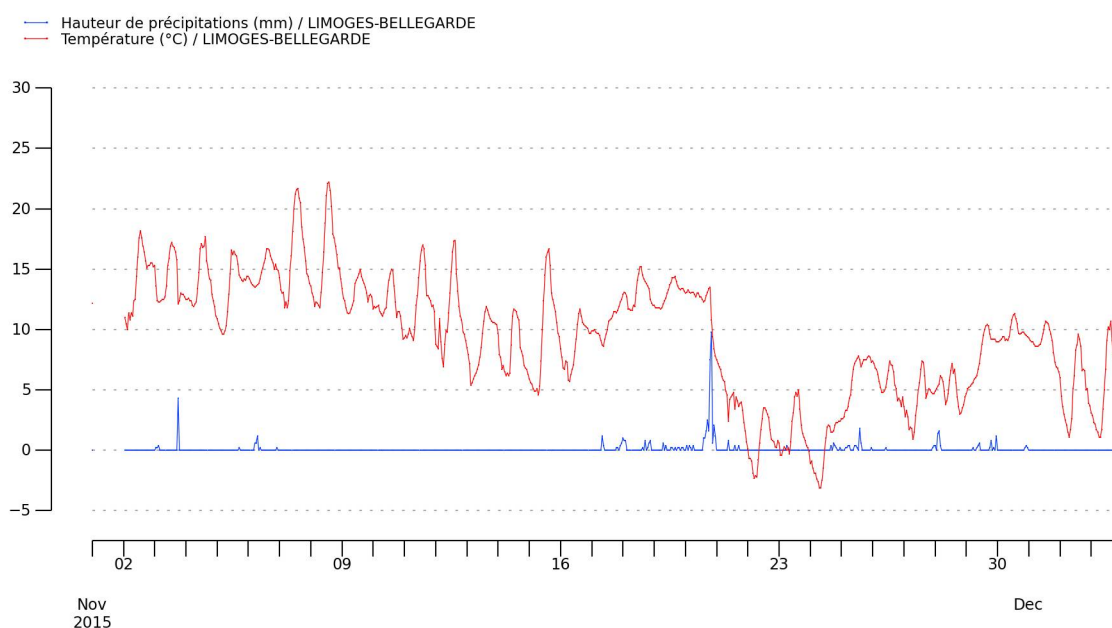


Illustration 3: Températures et hauteurs de précipitations horaires

# RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

Dans la suite du rapport, des comparaisons entre les valeurs obtenues sur les sites de mesure lors de cette campagne qui s'est déroulée sur un mois, et les seuils réglementaires basés sur des évaluations annuelles (cf. Repères réglementaires), sont uniquement fournies à titre d'information compte tenu des échelles temporelles différentes.

## 1. Dioxines et furannes

### Dans les retombées atmosphériques

Les jauges OWEN en verre utilisées possèdent une surface de collectage de 471 cm<sup>2</sup>, et ont été exposées du 3 novembre au 3 décembre 2015, soit l'équivalent de 720 heures. Les concentrations nettes sont calculées suivant la formule :

$$C_{\text{nette}} = \frac{C_{\text{éch}} \times 24}{h \times S}$$

Avec

$C_{\text{nette}}$  : concentration nette en pg/m<sup>2</sup>/j

$C_{\text{éch}}$  : concentration après analyse du prélèvement en pg/échantillon

h : nombre d'heures de collectage

S : surface de collectage en m<sup>2</sup>

### 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), et ceux formant la grande famille des furannes (PCDF = TCDF + PeCDF + HxCDF + HpCDF).

Congénères	Concentrations nettes (pg/m <sup>2</sup> /j)		
	Rue des sapins	Madoumier	Durkheim
TCDD	--	--	--
PeCDD	--	--	--
HxCDD	--	--	--
HpCDD	--	--	--
PCDD (OCDD inclus)	9,91	7,79	24,79
TCDF	--	--	--
PeCDF	--	--	--
HxCDF	--	--	--
HpCDF	--	--	--
PCDF (OCDF inclus)	77,14	24,79	23,37
<b>TOTAL</b>	<b>87,05</b>	<b>32,58</b>	<b>50,99</b>

-- inférieur à la limite de quantification analytique (lq)

Tableau 5: Concentrations nettes de dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques

Aucune famille d'homologue n'a pu être quantifiée au cours de cette campagne de mesure, seuls les composés OCDD/F ont été mesurés, avec une nette prédominance des furannes.

Excepté pour 2013, les plus fortes teneurs ont été relevées sur le site Rue des Sapins.

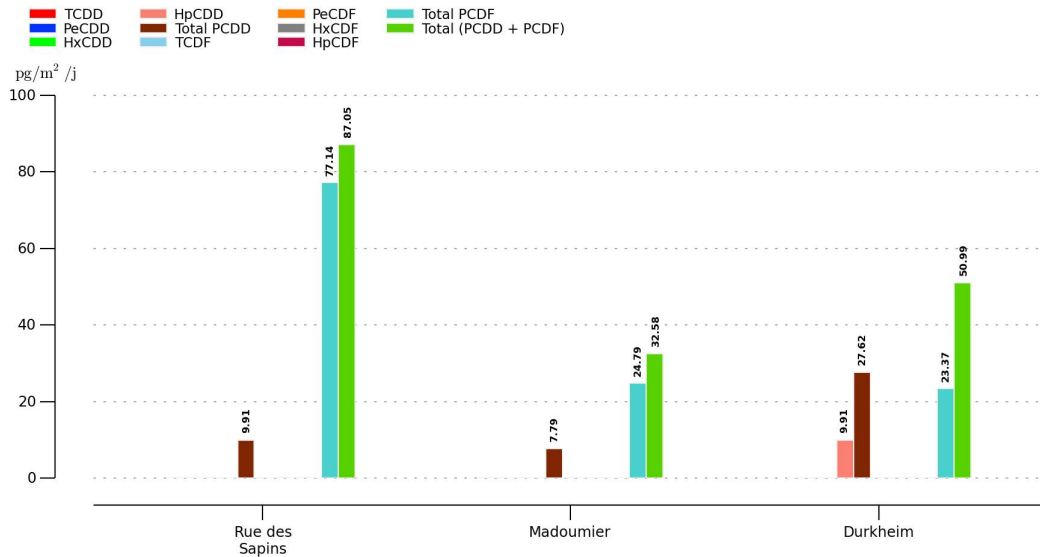


Illustration 4: Concentrations nettes des dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques

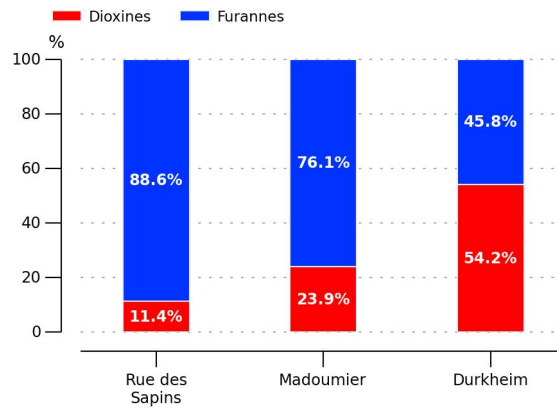


Illustration 5: Répartition en concentrations nettes des dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques

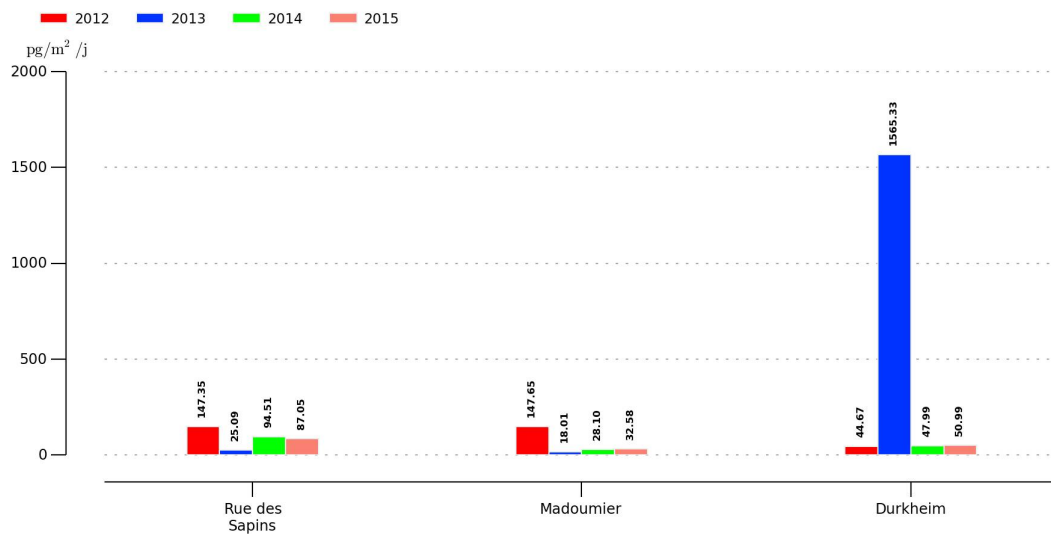


Illustration 6: Evolution des concentrations nettes des dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques

### Détail des 17 congénères les plus toxiques

Un focus sur les 17 congénères les plus toxiques est réalisée, en appliquant une 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 étant remplacées par le seuil de quantification (situations majorantes).

Congénères	Concentrations en équivalence toxique (pg I-TEQmax /m <sup>2</sup> /j)			
	I-TEF OTAN	Rue des sapins	Madoumier	Durkheim
2,3,7,8 TCDD	1	0,18*	0,18*	0,18*
1,2,3,7,8 PeCDD	1	0,18*	0,18*	0,18*
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	0,03	0,05
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	0,18*	0,18*	0,18*
1,2,3,4,7,8 HxCDF	0,1	0,04*	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	0,01	0,03
1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	0,01	0,01*	0,01*	0,01*
OCDF	0,001	0,08	0,02	0,02
<b>TOTAL</b>	-	<b>0,97</b>	<b>0,90</b>	<b>0,94</b>

\* seuils de quantification analytique

Tableau 6: Détail des 17 congénères dans les retombées atmosphériques

Comme chaque année, seuls les composés les moins toxiques ont dépassé les limites de quantification analytique. Aucune évolution n'est notable depuis le démarrage des mesures en 2012.

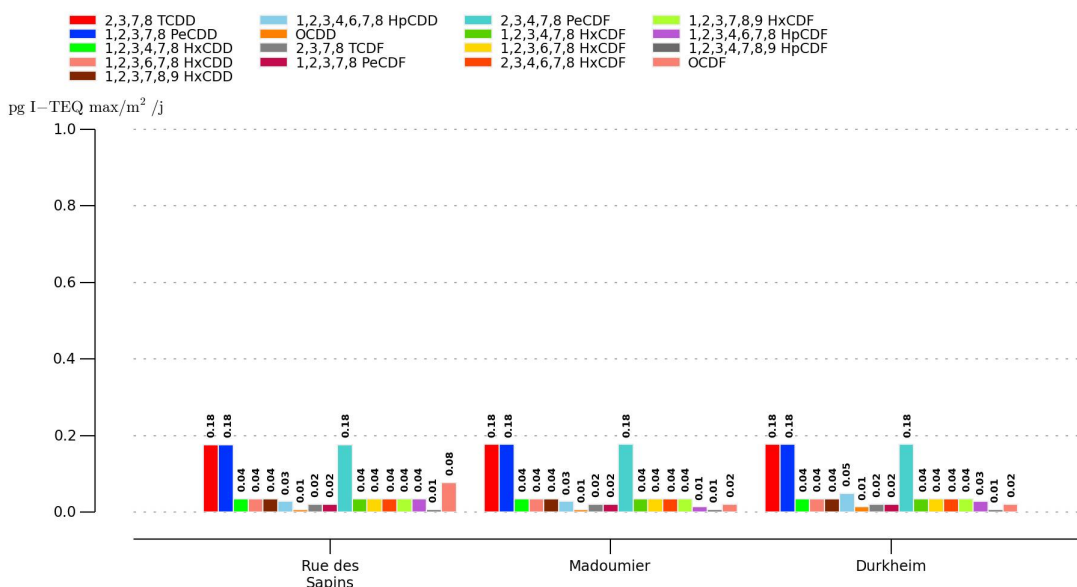


Illustration 7: Concentrations en équivalent toxique des dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques

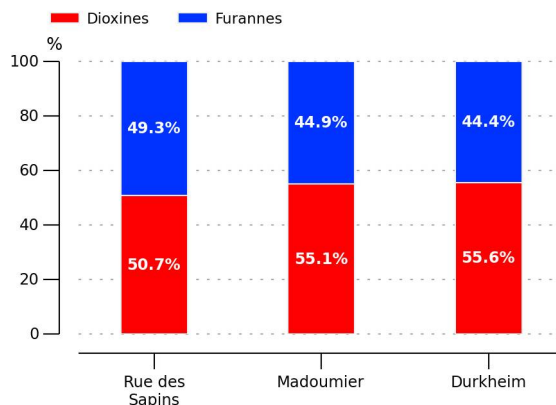


Illustration 8: Répartition en équivalent toxique des dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques

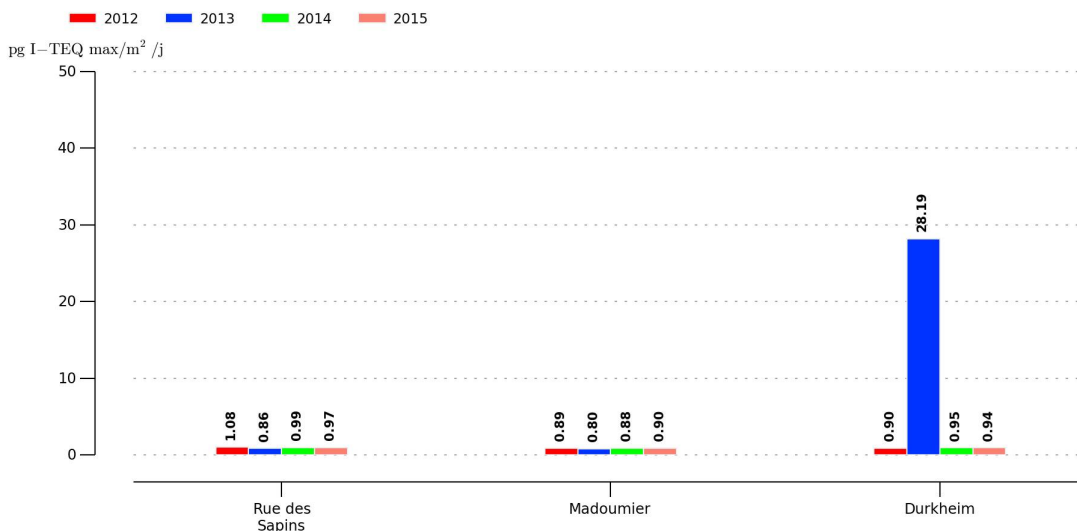


Illustration 9: Evolution des concentrations en équivalent toxique des dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques

## En air ambiant

Lors des prélèvements à haut débit en air ambiant qui se sont déroulés du 5 au 12 novembre sur le site de Durkheim et de 12 au 19 novembre 2015 à Madoumier, il a été collecté 5 000 m<sup>3</sup> d'air. Les concentrations volumiques sont exprimées suivant la formule :

$$C_{nette} = \frac{(C_{éch} - C_{blanc}) \times 1000}{V}$$

Avec

$C_{nette}$  : concentration nette calculée en fg/m<sup>3</sup>

$C_{éch}$  : concentration du prélèvement analysé en pg/échantillon

$C_{blanc}$  : concentration du blanc en pg/blanc

V : volume prélevé

Remarque : Les prélèvements en air ambiant n'ont pas été réalisés concomitamment sur les deux sites, mais de manière décalée. L'interprétation des comparaisons de valeurs est sujette aux différentes conditions météorologiques et environnementales influençant les échantillonnages.

### 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), et ceux formant la grande famille des furannes (PCDF = TCDF + PeCDF + HxCDF + HpCDF).

Congénères	Concentrations nettes (fg/m <sup>3</sup> )	
	Madoumier	Durkheim
TCDD	38,14	47,72
PeCDD	47,31	61,06
HxCDD	84,40	94,61
HpCDD	140,88	144,21
PCDD (OCDD inclus)	<b>458,69</b>	<b>500,58</b>
TCDF	134,42	119,41
PeCDF	84,82	64,81
HxCDF	56,89	75,86
HpCDF	29,38	49,39
PCDF (OCDF inclus)	<b>337,61</b>	<b>339,90</b>
<b>TOTAL</b>	<b>796,30</b>	<b>840,48</b>

– inférieur à la limite de quantification analytique (lq)

Tableau 7: Concentrations nettes des dioxines/furannes en air ambiant

Les deux sites de prélèvement présentent des teneurs équivalentes, avec des quantités de dioxines légèrement plus élevées. **Les concentrations de dioxines et furannes qui étaient en baisse depuis 2012 sont cette année en hausse.**

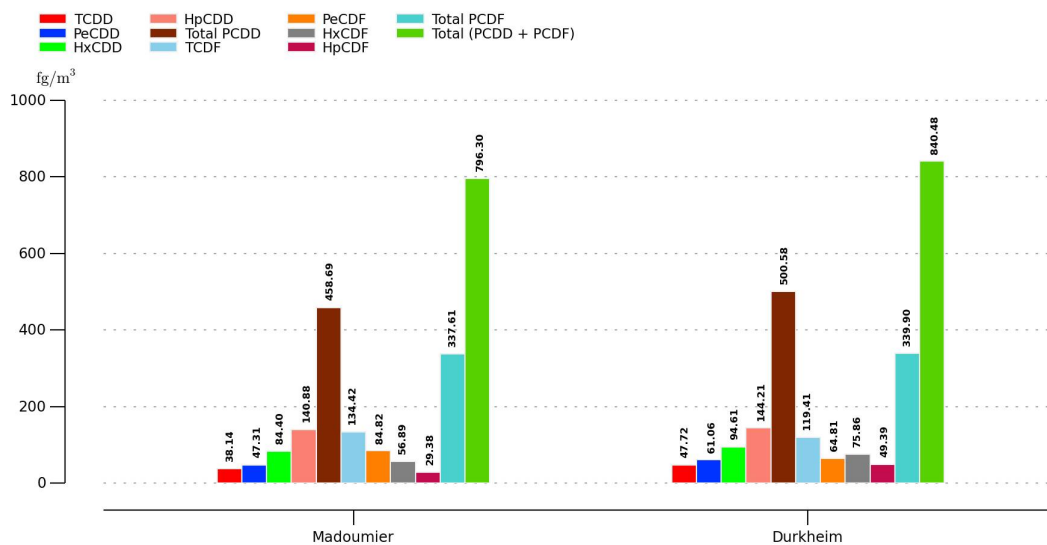


Illustration 10: Concentrations nettes des dioxines/furannes en air ambiant

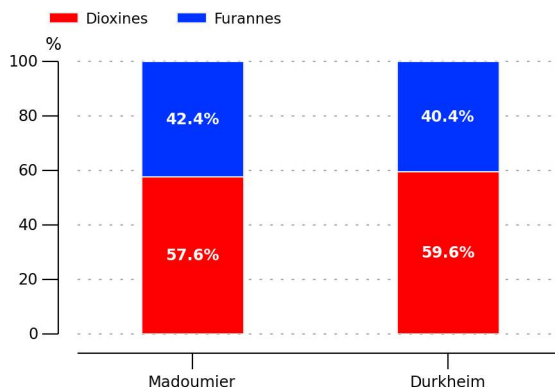


Illustration 11: Répartition en concentrations nettes des dioxines/furannes en air ambiant

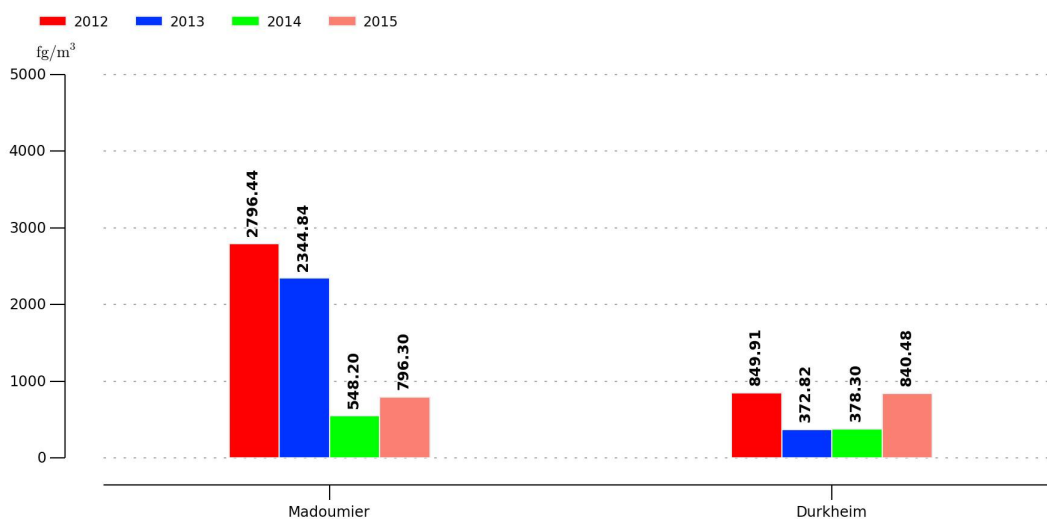


Illustration 12: Evolution des concentrations nettes des dioxines/furannes en air ambiant

### Détail des 17 congénères les plus toxiques

Une focalisation sur les 17 congénères les plus toxiques est réalisée, en appliquant une 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 étant remplacées par le seuil de quantification (situations majorantes).

Congénères	Concentrations en équivalence toxique (fg I-TEQmax /m <sup>3</sup> )		
	I-TEF OTAN	Madoumier	Durkheim
2,3,7,8 TCDD	1	0,65	0,40
<b>1,2,3,7,8 PeCDD</b>	<b>1</b>	<b>1,52</b>	<b>1,23</b>
1,2,3,4,7,8 HxCDD	0,1	0,25	0,21
1,2,3,6,7,8 HxCDD	0,1	0,85	0,92
1,2,3,7,8,9 HxCDD	0,1	0,65	0,54
1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	0,01	0,79	0,79
OCDD	0,001	0,15	0,15
2,3,7,8 TCDF	0,1	0,67	0,52
1,2,3,7,8 PeCDF	0,05	0,19	0,10
<b>2,3,4,7,8 PeCDF</b>	<b>0,5</b>	<b>3,40</b>	<b>2,58</b>
1,2,3,4,7,8 HxCDF	0,1	0,48	0,42
1,2,3,6,7,8 HxCDF	0,1	0,46	0,48
2,3,4,6,7,8 HxCDF	0,1	0,56	0,48
1,2,3,7,8,9 HxCDF	0,1	0,17	0,10
1,2,3,4,6,7,8 HpCDF	0,01	0,17	0,27
1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	0,01	0,02	0,02
OCDF	0,001	0,04	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>-</b>	<b>11,00</b>	<b>9,26</b>

Tableau 8: Détail des 17 congénères en air ambiant

Compte tenu de leur toxicité élevée, les molécules 2,3,4,7,8 PeCDF (furanne) et 1,2,3,7,8 PeCDD (dioxines) sont prépondérantes sur les deux sites de prélèvement, et ce depuis le démarrage des mesures en 2012.



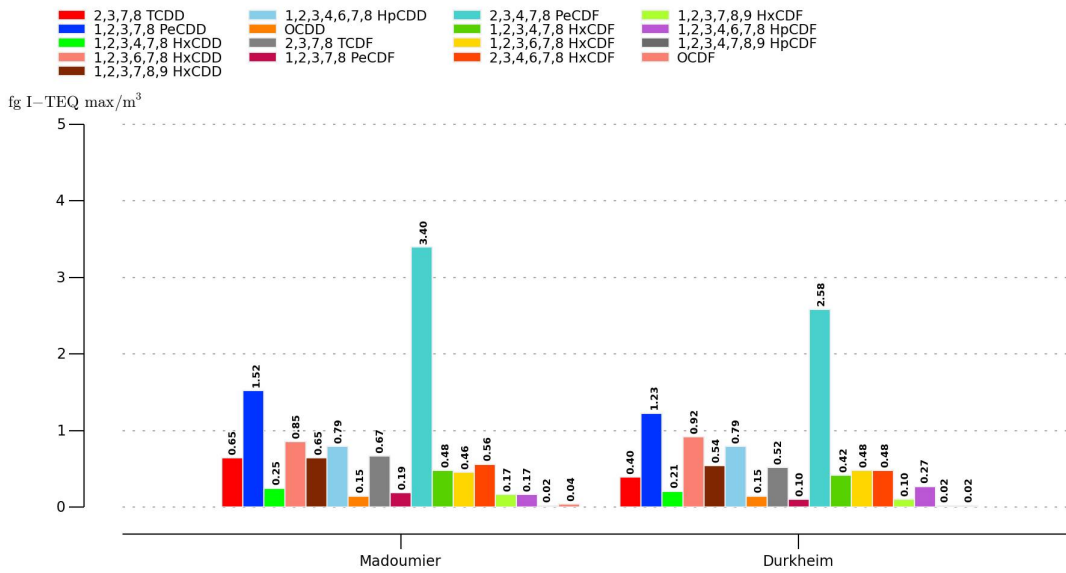


Illustration 13: Concentrations en équivalent toxique des dioxines/furannes en air ambiant

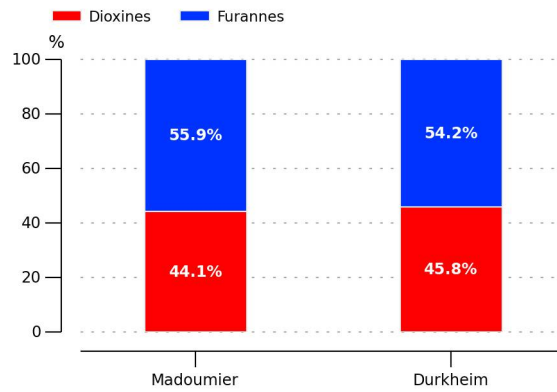


Illustration 14: Répartition en équivalent toxique des dioxines/furannes en air ambiant

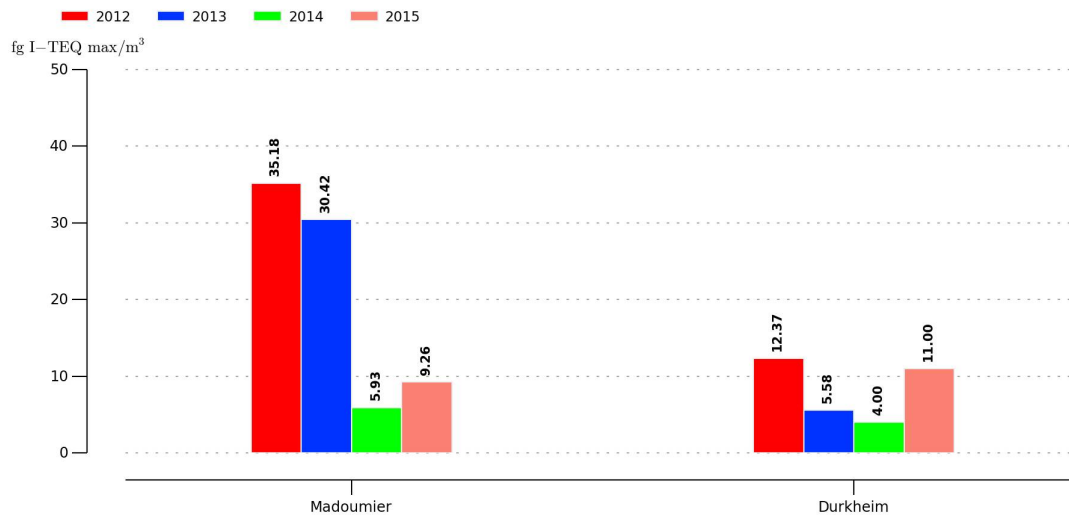


Illustration 15: Evolution des concentrations en équivalent toxique des dioxines/furannes en air ambiant

## 2. Métaux lourds

### Dans les retombées atmosphériques

Les prélèvements des métaux lourds dans les retombées atmosphériques ont été réalisés du 3 novembre au 3 décembre 2015, soit durant 720 heures, au moyen de jauges OWEN en PEHD. La surface de collectage est de 707 cm<sup>2</sup>.

Comme les années précédentes, **les espèces majoritaires sont le zinc (Zn), le nickel (Ni), le cuivre (Cu) et le manganèse (Mn)**. Les autres métaux ont été relevés à l'état de trace.

Ainsi, un zoom est effectué pour ces quatre métaux les plus retrouvés dans les retombées atmosphériques depuis le démarrage des mesures en 2012.

**Excepté pour le zinc où une hausse est observée cette année, les concentrations sont globalement en baisse depuis 2012.**

Métaux lourds	Concentrations ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ )		
	Rue des sapins	Madoumier	Durkheim
As - Arsenic	0,55	0,62	0,61
Cd - Cadmium	0,15	0,13	0,22
Co - Cobalt	--	0,05	0,07
Cr - Chrome	0,40	0,70	0,74
<b>Cu - Cuivre</b>	<b>3,21</b>	<b>3,77</b>	<b>2,84</b>
Hg - Mercure	0,02	0,01	0,02
<b>Mn - Manganèse</b>	<b>1,74</b>	<b>6,80</b>	<b>3,30</b>
<b>Ni - Nickel</b>	<b>1,56</b>	<b>1,09</b>	<b>1,03</b>
Pb - Plomb	0,35	0,42	0,67
Sb - Antimoine	0,29	0,36	0,36
Se - Sélénium	0,37	0,44	0,31
Sn - Etain	0,27	0,30	0,30
Te - Tellurium	--	--	--
Tl - Thallium	--	--	--
V - Vanadium	0,86	0,77	0,86
<b>Zn - Zinc</b>	<b>17,56</b>	<b>22,02</b>	<b>21,38</b>

-- : inférieur à la limite de quantification analytique (lq)

Tableau 9: Concentrations des métaux lourds dans les retombées atmosphériques

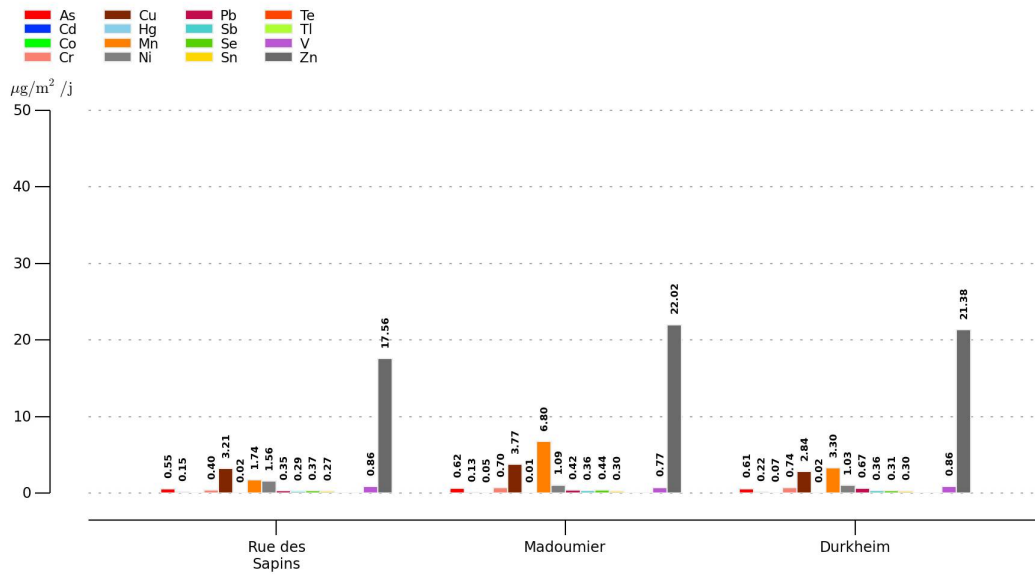


Illustration 16: Concentrations nettes des métaux lourds dans les retombées atmosphériques

### Cuivre

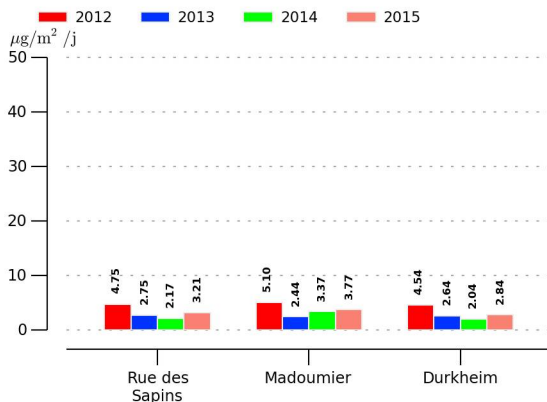


Illustration 17: Concentrations nettes de cuivre dans les retombées atmosphériques

### Manganèse

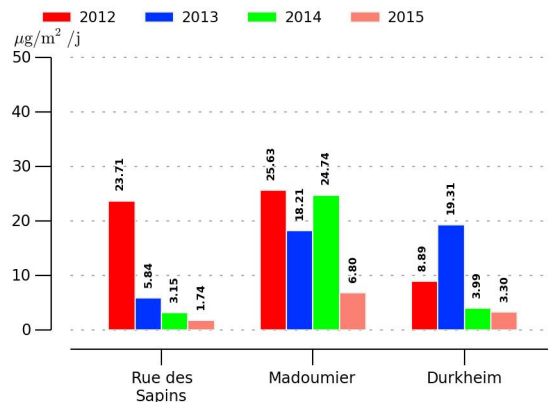


Illustration 18: Concentrations nettes de manganèse dans les retombées atmosphériques

### Nickel

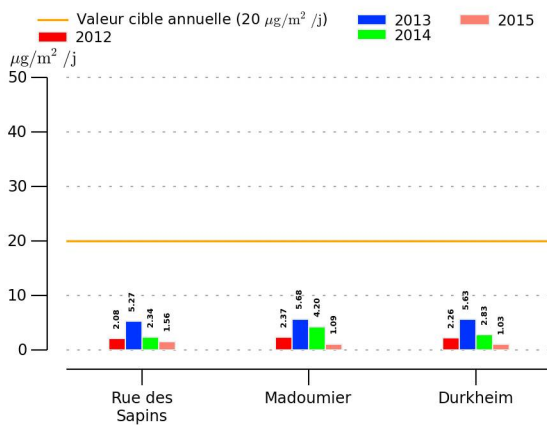


Illustration 19: Concentrations nettes de nickel dans les retombées atmosphériques

### Zinc

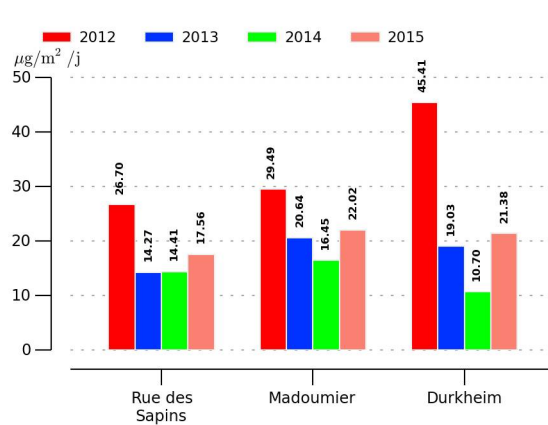


Illustration 20: Concentrations nettes de zinc dans les retombées atmosphériques

## En air ambiant

Les prélèvements de métaux lourds à haut débit en air ambiant ont été réalisés du 5 au 12 juillet sur le site de Durkheim et de 12 au 19 novembre 2015 à Madoumier, soit 5 000 m<sup>3</sup> d'air collecté.

Remarque : Les prélèvements en air ambiant n'ont pas été réalisés concomitamment sur les deux sites, mais de manière décalée. L'interprétation des comparaisons de valeurs est sujette aux différentes conditions météorologiques et environnementales influençant les échantillonnages.

En accord avec les prélèvements des retombées atmosphériques, les concentrations mesurées en air ambiant présentent une prédominance de zinc (Zn), de cuivre (Cu) et de manganèse (Mn). Cependant le Nickel (Ni) n'est pas aussi présent.

A l'identique des retombées atmosphériques, un zoom est effectué pour ces trois métaux les plus retrouvés en air ambiant depuis le démarrage des mesures en 2012. L'évolution des teneurs en plomb (Pb) est également représentée.

Une tendance à la baisse des concentrations de ces quatre métaux lourds est observée entre 2012 et 2015.

Métaux lourds	Concentrations (ng /m <sup>3</sup> )	
	Madoumier	Durkheim
As - Arsenic	0,20	0,17
Cd - Cadmium	0,68	0,53
Co - Cobalt	--	--
Cr - Chrome	0,54	0,42
<b>Cu - Cuivre</b>	<b>4,48</b>	<b>3,52</b>
Hg - Mercure	--	--
<b>Mn - Manganèse</b>	<b>1,39</b>	<b>0,88</b>
Ni - Nickel	0,24	0,27
<b>Pb - Plomb</b>	<b>1,00</b>	<b>0,56</b>
Sb - Antimoine	0,04	0,16
Se - Sélénium	0,07	--
Sn - Etain	0,18	0,03
Te - Tellurium	--	--
Tl - Thallium	--	--
V - Vanadium	0,18	0,18
<b>Zn - Zinc</b>	<b>7,25</b>	<b>5,30</b>

-- : inférieur à la limite de quantification analytique (lq)

Tableau 10: Concentrations des métaux lourds en air ambiant

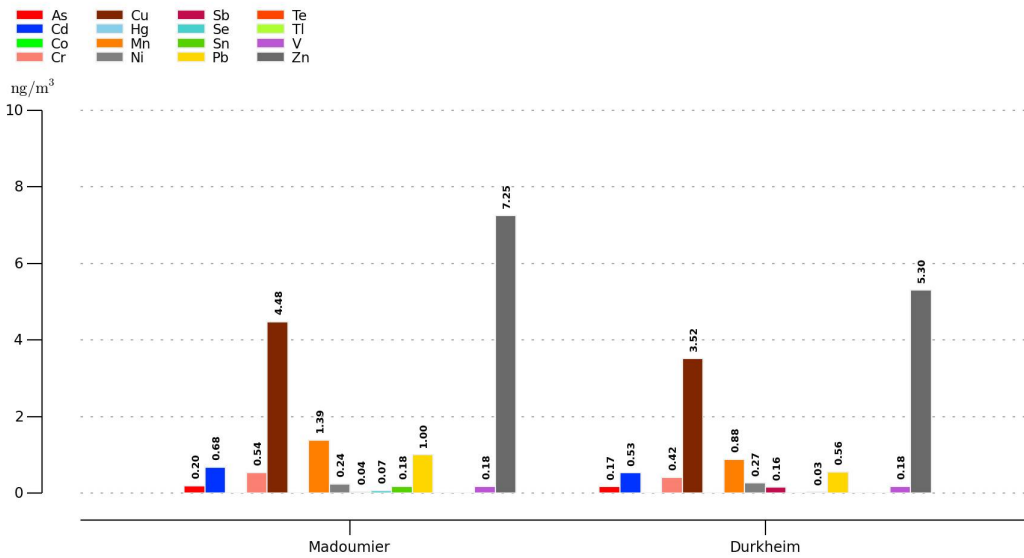


Illustration 21: Concentrations nettes des métaux lourds en air ambiant

### Cuivre

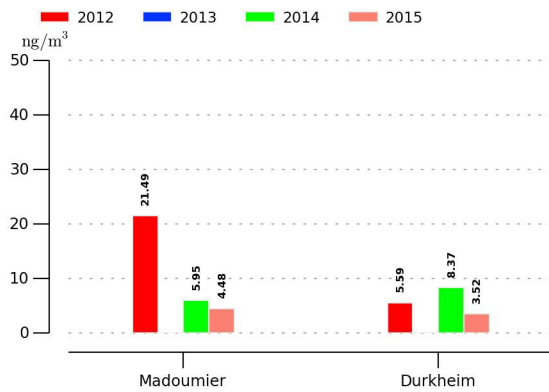


Illustration 22: Concentrations nettes de cuivre en air ambiant

### Manganèse

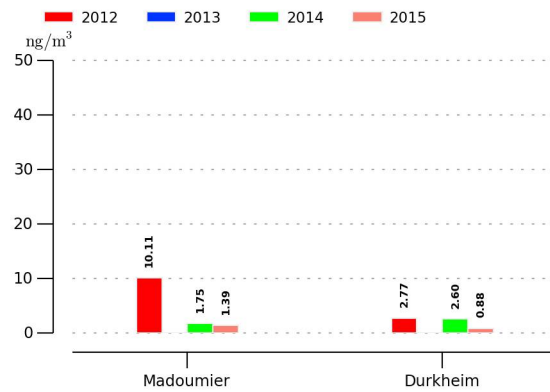


Illustration 23: Concentrations nettes de manganèse en air ambiant

### Plomb

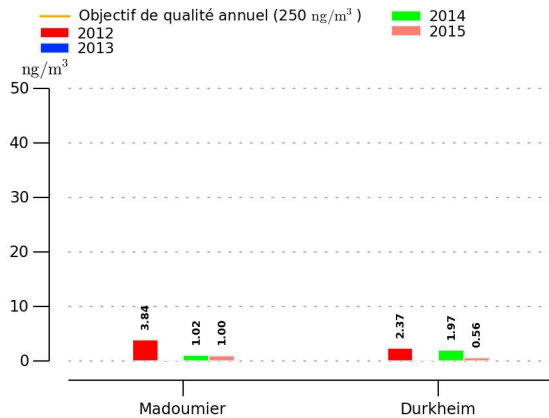


Illustration 24: Concentrations nettes de plomb en air ambiant

### Zinc

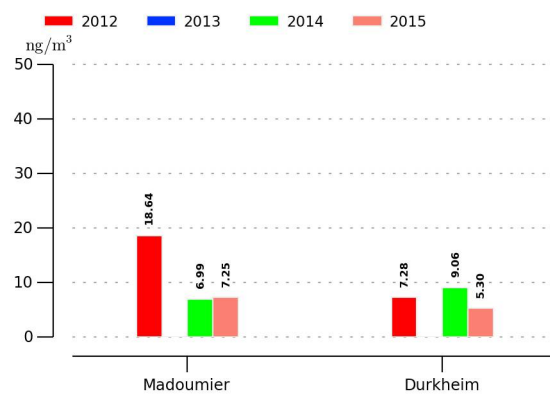


Illustration 25: Concentrations nettes de zinc en air ambiant

### 3. HAP

Les prélèvements d'HAP à bas débit en air ambiant ont été réalisés du 3 novembre au 1 décembre 2015 sur les sites Durkheim et Madoumier, avec un prélèvement de 24h toutes les 72h soit 240h de fonctionnement réparties sur le mois de novembre.

Une analyse de l'évolution des concentrations de Benzo(a)Pyrène, seul HAP réglementé au jour d'aujourd'hui, est également représentée.

#### Les concentrations mesurées sur les deux sites de mesure restent faibles.

A titre d'indication, les moyennes mensuelles des concentrations de B(a)P respectent la valeur cible réglementaire annuelle fixée à 1 ng/m<sup>3</sup>.

HAP	Concentrations* (ng /m <sup>3</sup> )	
	Madoumier	Durkheim
Anthracène	- -	0,29
Benzo(a)Anthracène - B(a)A	0,08	0,33
Dibenzo(a,h)Anthracène - dB(a,h)A	0,02	0,04
Chrysène	0,13	0,41
Fluoranthène	0,06	0,63
Benzo(b)Fluorantène - B(b)F	0,20	0,31
Benzo(j)Fluorantène - B(j)F	0,10	0,15
Benzo(k)Fluorantène - B(k)F	0,08	0,13
Phénanthrène	0,06	1,47
Pyrène	0,12	0,71
Benzo(a)Pyrène - B(a)P	0,14	0,31
Indéno(1,2,3-cd)Pyrène - IP	0,15	0,24
Benzo(g,h,i)Pérylène - B(g,h,i)P	0,15	0,22

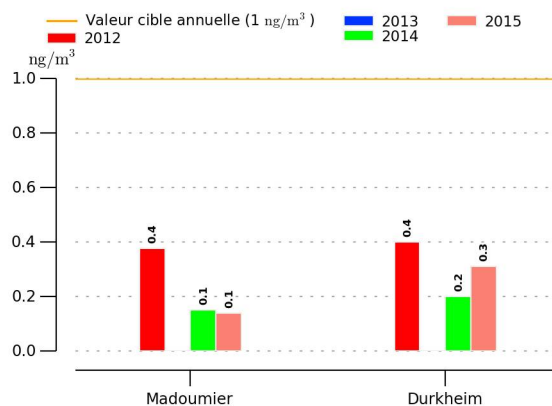


Illustration 26: Concentrations nettes de BaP en air ambiant

- - : inférieur à la limite de quantification analytique (lq)

\*Concentrations moyennes calculées sur la période d'échantillonnage, avec prise en compte de la limite de quantification lorsque les résultats sont inférieurs à la lq

Tableau 11: Concentrations des HAP en air ambiant

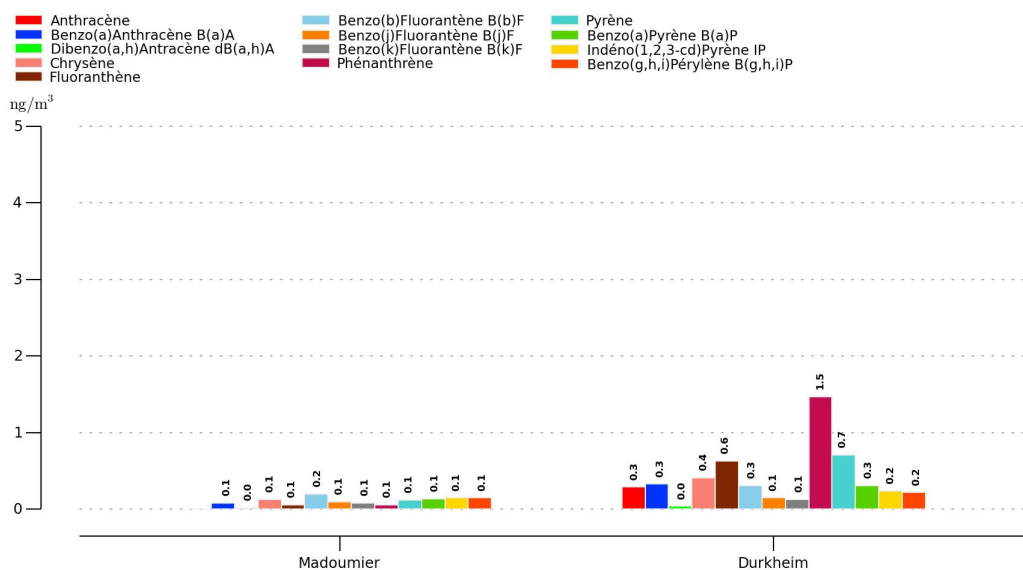


Illustration 27: Concentrations nettes des HAP en air ambiant

## 4. Dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>

Le dioxyde d'azote a été analysé parallèlement de manière continue (heure par heure) par des analyseurs AC31M Environnement SA sur les sites de Station Madoumier et de Durkheim, et de manière différée (moyennes hebdomadaires) par des tubes de prélèvement passifs de marque Gradko sur l'ensemble des sites, mis à part celui de Durkheim.

### Dioxyde d'azote par prélèvement

A titre d'indication, les teneurs en dioxyde d'azote relevées (de l'ordre de 20 µg/m<sup>3</sup>) sont inférieures à l'objectif de qualité annuel fixé à 40 µg/m<sup>3</sup> par la réglementation européenne.

Sites	Concentrations (µg /m <sup>3</sup> )				[C] moyenne
	04/11/2015 10/11/2015	10/11/2015 18/11/2015	18/11/2015 25/11/2015	25/11/2015 02/12/2015	
Rue des sapins	20,7	24,9	11,9	17,9	18,9
Crous, La Borie	22,5	18,8	15,3	17,9	18,6
Landouge	16,1	18,8	7,5	14,9	14,3
Station Madoumier	20,2	17,7	12,8	17,5	17,1
Madoumier, bâtiment 3	21,8	21,9	9,7	12,9	16,6
Madoumier, bâtiment 5	20,7	25,3	13,0	18,3	19,3

Tableau 12: Concentrations hebdomadaires de NO<sub>2</sub> par tubes passifs

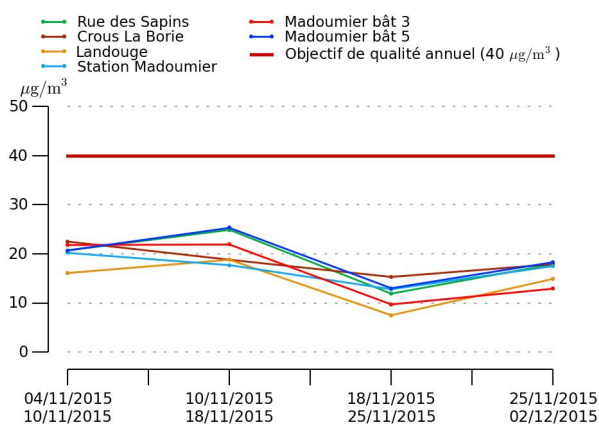


Illustration 28: Concentrations hebdomadaires de NO<sub>2</sub> par tubes passifs

## Dioxyde d'azote par mesure en temps réel

Comme les années précédentes, la valeur limite réglementaire pour le dioxyde d'azote, fixée à 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne horaire (à ne pas dépasser plus de 18 heures par an), n'a pas été dépassée au cours de la campagne de mesure au niveau des sites de Durkheim et de Madoumier.

La comparaison des valeurs maximales journalières obtenues sur les deux points de mesure en temps réels avec celles fournies par les stations fixes de mesure du réseau de LIMAIR implantées en centre ville de Limoges (Station Présidial en mesure de fond urbain ; Station place d'Aine en proximité automobile) permet de relativiser les concentrations mesurées lors de cette campagne de mesure. Globalement, **les teneurs mesurées autour du site de cogénération sont, comme les années précédentes, inférieures à celles obtenues en configuration de proximité automobile et de fond.**

Statistiques	Concentrations horaires ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	Madoumier	Durkheim
Moyenne	17,8	19,4
Minimum	1,8	0,3
Maximum	73,8	77,8

Tableau 13: Statistiques de mesure en temps réel du  $\text{NO}_2$

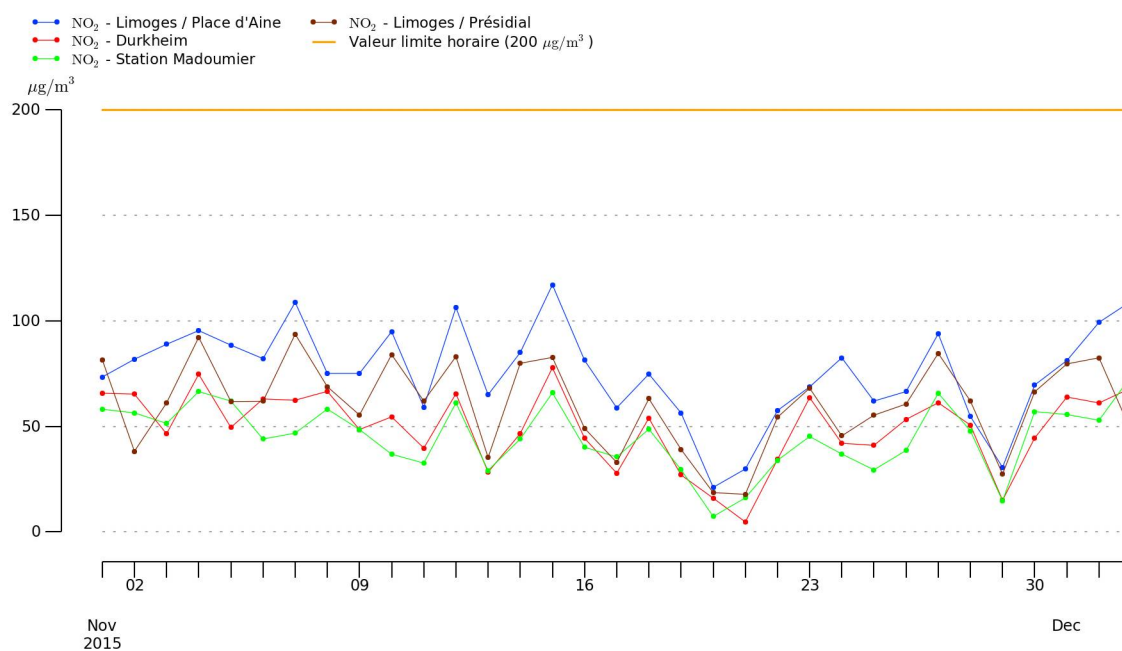


Illustration 29: Maxima horaires journaliers de  $\text{NO}_2$



## 5. Dioxyde de soufre SO<sub>2</sub>

Le dioxyde de soufre a été analysé parallèlement de manière continue (heure par heure) par des analyseurs AF21M Environnement SA sur les sites de Station Madoumier et de Durkheim, et de manière différée (moyennes hebdomadaires) par des tubes de prélèvement passifs code 166 Radiello sur l'ensemble des sites, mis à part celui de Durkheim.

### Dioxyde de soufre par prélèvement

Les concentrations hebdomadaires mesurées en dioxyde de soufre sont comme les années précédentes très faibles voire non quantifiables.

Sites	Concentrations ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					[C] moyenne
	04/11/2015 10/11/2015	10/11/2015 18/11/2015	18/11/2015 25/11/2015	25/11/2015 02/12/2015		
Rue des sapins	--	--	--	--	--	--
Crous, La Borie	--	--	--	0,4	--	--
Landouge	--	--	--	0,3	--	--
Station Madoumier	--	--	--	--	--	--
Madoumier, bâtiment 3	--	--	0,3	--	--	--
Madoumier, bâtiment 5	--	--	--	--	--	--

-- : inférieur à la limite de quantification analytique (lq)

Tableau 14: Concentrations hebdomadaires de SO<sub>2</sub> par tubes passifs

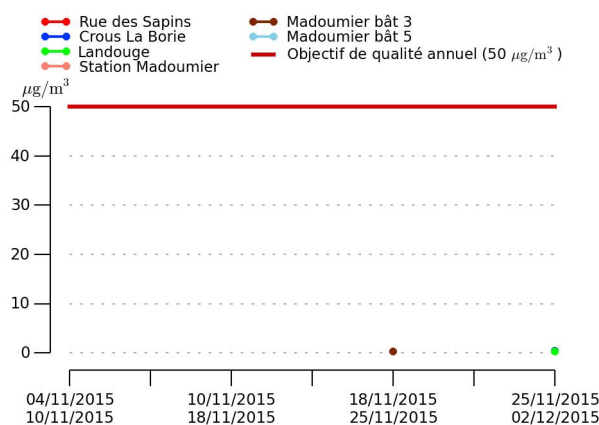


Illustration 30: Concentrations hebdomadaires de SO<sub>2</sub> par tubes passifs

## Dioxyde de soufre par mesure en temps réel

Les valeurs de dioxyde de soufre mesurées par les analyseurs sont aussi très faibles et n'excèdent pas 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Comme les années précédentes, la **valeur limite réglementaire** pour le dioxyde de soufre, fixée à 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne horaire (à ne pas dépasser plus de 24 heures par an), **n'a pas été dépassée au cours de la campagne de mesure au niveau des sites de Durkheim et de Madoumier.**

Statistiques	Concentrations horaires ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	Madoumier	Durkheim
Moyenne	0,8	1
Minimum	0	0
Maximum	5,0	7,4

Tableau 15: Statistiques de mesure en temps réel du  $\text{SO}_2$

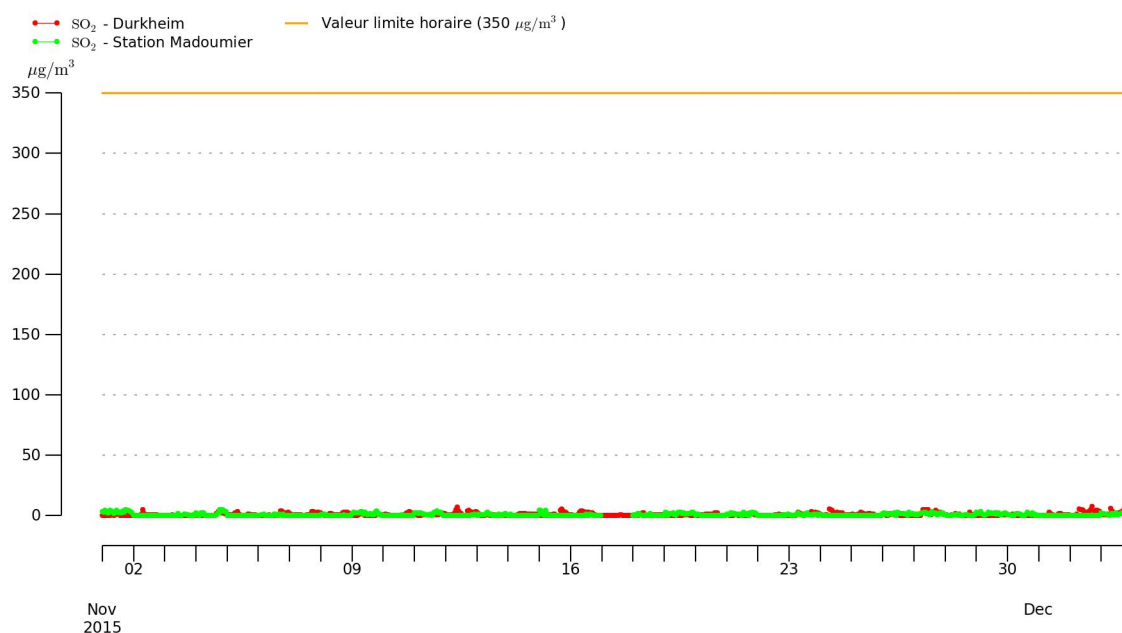


Illustration 31: Mesures horaires de  $\text{SO}_2$

## 6. Particule fines PM10 par mesure en temps réel

Les particules fines PM10 ont été analysées de manière continue par deux analyseurs TEOM 1405F R&P placés sur les sites de Station Madoumier » et de Durkheim. Sont reportées uniquement les valeurs journalières pour permettre une comparaison avec la réglementation en vigueur.

Comme les années précédentes, **la valeur limite réglementaire pour les particules**, fixée à 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière (à ne pas dépasser plus de 35 jours par an), **n'a pas été dépassée au cours de la campagne de mesure au niveau des sites de Durkheim et de Madoumier**. C'est également le même constat pour les deux stations fixes implantées sur Limoges (Station Présidial en mesure de fond urbain ; Station place d'Aine en proximité automobile).

Au niveau des deux sites de mesure, **les teneurs journalières en particules sont relativement proches et suivent les mêmes évolutions que celles obtenues en centre ville de Limoges**, dénotant le caractère global de ce polluant.

Statistiques	Concentrations horaires ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	Madoumier	Durkheim
Moyenne	13,1	16,5
Minimum	2,5	5,3
Maximum	22,2	28,1

Tableau 16: Statistiques de mesure en temps réel des PM10

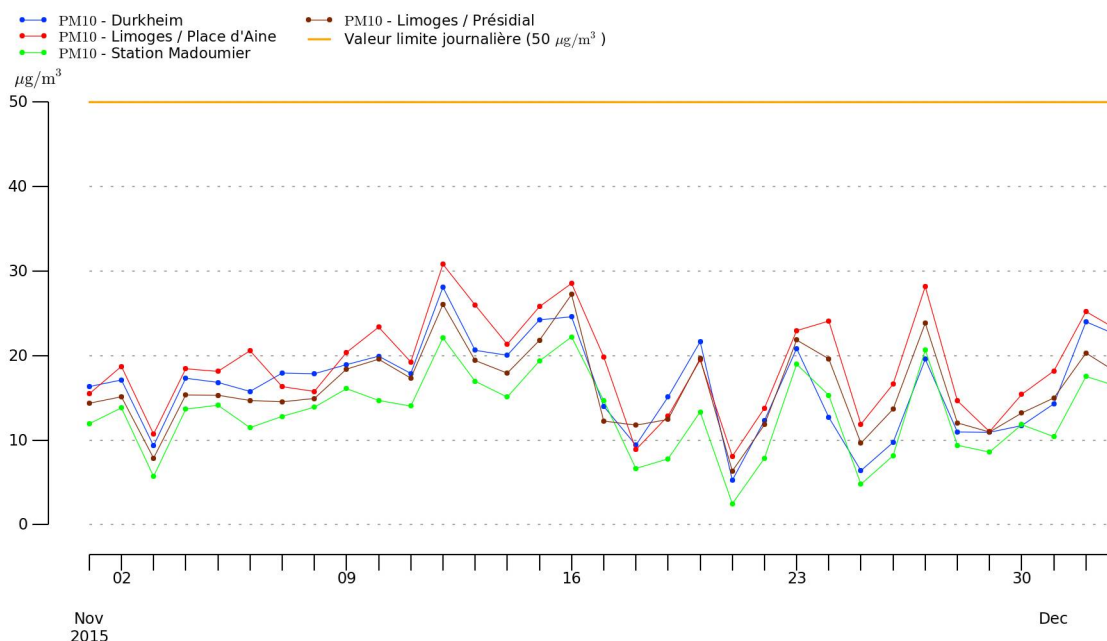


Illustration 32: Mesures journalières de PM10

## 7. Benzene par prélèvement

Le benzène a été analysé de manière différée (moyennes hebdomadaires) par des tubes de prélèvement passifs code 145 Radiello.

En complément, une analyse réalisée par tube passif chaque dernière semaine de novembre sur la station de mesure fixe place d'Aine à Limoges est représentée.

Excepté en 2013, les teneurs prélevées sont de même ordre de grandeur et cohérentes avec les résultats des prélèvements effectués chaque année sur la place d'Aine.

A titre d'indication, les concentrations mensuelles relevées cette année par tubes passifs sont inférieures à l'objectif de qualité annuel fixé à 2 µg/m³ par la réglementation européenne.

Sites	Concentrations (µg /m³)				[C] moyenne
	04/11/2015 10/11/2015	10/11/2015 18/11/2015	18/11/2015 25/11/2015	25/11/2015 02/12/2015	
Station Madoumier	1,8	1,2	0,4	1,3	1,2
Madoumier, bâtiment 3	1,4	2,1	1,2	1,4	1,5
Madoumier, bâtiment 5	1,2	2,4	1,0	1,4	1,5
Durkheim	2,2	2,3	0,8	1,2	1,6

-- : inférieur à la limite de quantification analytique (lq)

Tableau 17: Concentrations hebdomadaires de Benzène par tubes passifs

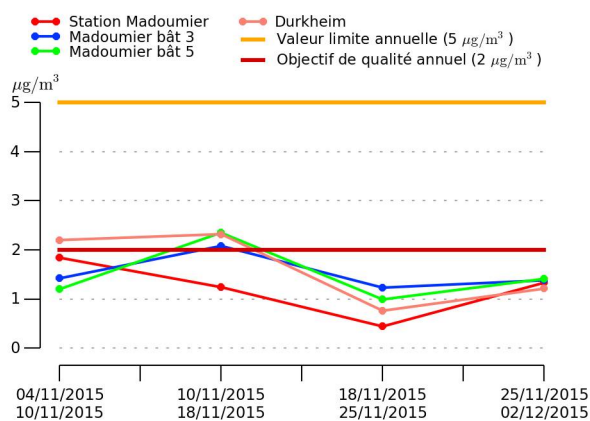


Illustration 33: Concentrations hebdomadaires de Benzène par tubes passifs

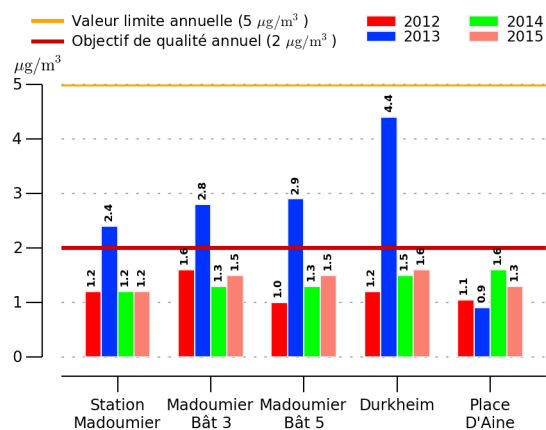


Illustration 34: Evolution des concentrations mensuelles de Benzène par tubes passifs

# CONCLUSION

## Dioxines/Furannes

Comme chaque année dans les retombées atmosphériques, seuls les composés les moins toxiques ont dépassé les limites de quantification analytique. Cependant, deux composés parmi les 17 congénères les plus toxiques, le 2,3,4,7,8 PeCDF (furanne) et le 1,2,3,7,8 PeCDD (dioxines), sont prépondérants en air ambiant, et ce depuis le démarrage des mesures en 2012.

## Métaux lourds

Comme les années précédentes, les espèces majoritaires relevées dans les retombées atmosphériques et en air ambiant sont le cuivre (Cu), le manganèse (Mn) et le zinc (Zn). Le Nickel (Ni) est uniquement présent dans les retombées atmosphériques ; les autres métaux sont relevés à l'état de trace.

Excepté pour le zinc où une hausse est observée cette année, les concentrations sont globalement en baisse depuis 2012.

## HAP

Depuis le démarrage des campagnes en 2012, les concentrations mesurées autour de la centrale de cogénération restent faibles.

## NO<sub>2</sub>

Chaque année, les teneurs mesurées autour du site de cogénération sont inférieures à celles obtenues dans le centre-ville de Limoges en configuration de proximité automobile et de fond.

## SO<sub>2</sub>

Depuis le démarrage des campagnes en 2012, les concentrations mesurées sont très faibles voire non quantifiables.

## PM10

Au niveau des deux sites de mesure, les teneurs journalières en particules sont relativement proches et suivent les mêmes évolutions que celles obtenues en centre ville de Limoges, dénotant le caractère global de ce polluant.

## Benzène

Excepté en 2013, les teneurs prélevées sont de même ordre de grandeur et cohérentes avec les résultats des prélèvements effectués chaque année sur la place d'Aine à Limoges.

# INDEX DES ILLUSTRATIONS

15	Illustration 1: Positionnement des points de prélèvements
16	Illustration 2: Conditions météorologiques globales
17	Illustration 3: Températures et hauteurs de précipitations horaires
19	Illustration 4: Concentrations nettes des dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques
19	Illustration 5: Répartition en concentrations nettes des dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques
19	Illustration 6: Evolution des concentrations nettes des dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques
21	Illustration 7: Concentrations en équivalent toxique des dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques
21	Illustration 8: Répartition en équivalent toxique des dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques
21	Illustration 9: Evolution des concentrations en équivalent toxique des dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques
23	Illustration 10: Concentrations nettes des dioxines/furannes en air ambiant
23	Illustration 11: Répartition en concentrations nettes des dioxines/furannes en air ambiant
23	Illustration 12: Evolution des concentrations nettes des dioxines/furannes en air ambiant
25	Illustration 13: Concentrations en équivalent toxique des dioxines/furannes en air ambiant
25	Illustration 14: Répartition en équivalent toxique des dioxines/furannes en air ambiant
25	Illustration 15: Evolution des concentrations en équivalent toxique des dioxines/furannes en air ambiant
27	Illustration 16: Concentrations nettes des métaux lourds dans les retombées atmosphériques
27	Illustration 17: Concentrations nettes de cuivre dans les retombées atmosphériques
27	Illustration 18: Concentrations nettes de manganèse dans les retombées atmosphériques
27	Illustration 19: Concentrations nettes de nickel dans les retombées atmosphériques
27	Illustration 20: Concentrations nettes de zinc dans les retombées atmosphériques
29	Illustration 21: Concentrations nettes des métaux lourds en air ambiant
29	Illustration 22: Concentrations nettes de cuivre en air ambiant
29	Illustration 23: Concentrations nettes de manganèse en air ambiant
29	Illustration 24: Concentrations nettes de plomb en air ambiant
29	Illustration 25: Concentrations nettes de zinc en air ambiant
30	Illustration 26: Concentrations nettes de BaP en air ambiant
30	Illustration 27: Concentrations nettes des HAP en air ambiant
31	Illustration 28: Concentrations hebdomadaires de NO <sub>2</sub> par tubes passifs
32	Illustration 29: Maxima horaires journaliers de NO <sub>2</sub>
33	Illustration 30: Concentrations hebdomadaires de SO <sub>2</sub> par tubes passifs
34	Illustration 31: Mesures horaires de SO <sub>2</sub>
35	Illustration 32: Mesures journalières de PM10
36	Illustration 33: Concentrations hebdomadaires de Benzène par tubes passifs
36	Illustration 34: Evolution des concentrations mensuelles de Benzène par tubes passifs
45	Illustration 35: Exemple de tube à diffusion passive
45	Illustration 36: Analyseur en situation dans le camion mobile sur remorque

# INDEX DES TABLEAUX

---

13	Tableau 1: Repères réglementaires
14	Tableau 2: Planning de mesure et de prélèvement
17	Tableau 3: Fréquences d'exposition des sites de prélèvement
17	Tableau 4: Données de température, humidité et précipitations enregistrées
18	Tableau 5: Concentrations nettes de dioxines/furannes dans les retombées atmosphériques
20	Tableau 6: Détail des 17 congénères dans les retombées atmosphériques
22	Tableau 7: Concentrations nettes des dioxines/furannes en air ambiant
24	Tableau 8: Détail des 17 congénères en air ambiant
26	Tableau 9: Concentrations des métaux lourds dans les retombées atmosphériques
28	Tableau 10: Concentrations des métaux lourds en air ambiant
30	Tableau 11: Concentrations des HAP en air ambiant
31	Tableau 12: Concentrations hebdomadaires de NO <sub>2</sub> par tubes passifs
32	Tableau 13: Statistiques de mesure en temps réel du NO <sub>2</sub>
33	Tableau 14: Concentrations hebdomadaires de SO <sub>2</sub> par tubes passifs
34	Tableau 15: Statistiques de mesure en temps réel du SO <sub>2</sub>
35	Tableau 16: Statistiques de mesure en temps réel du NO <sub>2</sub>
36	Tableau 17: Concentrations hebdomadaires de SO <sub>2</sub> par tubes passifs



# ANNEXES

---

- 41 Agrément LIMAIR**
- 42 Dioxines et furannes**
- 43 Calcul de toxicité**
- 44 Moyens de prélèvement**
- 46 Synthèse nationale**



# AGRÉMENT LIMAIR

JORF du 31 octobre 2015

Texte n°11 sur 95

## Arrêté du 26 octobre 2015 portant prorogation d'agrément d'associations de surveillance de la qualité de l'air agréées au titre de l'article R. 221-13 du code de l'environnement

NOR : DEVR1525902A

Le ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie,  
Vu le code de l'environnement, notamment ses articles L. 221-3 et R. 221-13 ;  
Vu l'arrêté du 4 octobre 2012 portant agrément d'une association de surveillance de la qualité de l'air au titre du code de l'environnement (livre II, titre II) ;  
Vu l'arrêté du 23 octobre 2012 portant agrément d'une association de surveillance de la qualité de l'air au titre du code de l'environnement (livre II, titre II) ;  
Vu l'arrêté du 11 janvier 2013 portant agrément d'une association de surveillance de la qualité de l'air au titre du code de l'environnement (livre II, titre II) ;  
Vu l'arrêté du 7 juillet 2013 portant agrément d'une association de surveillance de la qualité de l'air au titre du code de l'environnement (livre II, titre II) ;  
Vu l'arrêté du 3 août 2013 portant agrément d'une association de surveillance de la qualité de l'air au titre du code de l'environnement (livre II, titre II) ;  
Vu l'arrêté du 6 janvier 2014 portant agrément d'une association de surveillance de la qualité de l'air au titre du code de l'environnement (livre II, titre II) ;  
Vu l'arrêté du 14 janvier 2014 portant agrément d'une association de surveillance de la qualité de l'air au titre du code de l'environnement (livre II, titre II) ;

Arrête :

Art. 1er. — Sont prorogés jusqu'au 31 décembre 2016 les agréments des associations de surveillance de la qualité de l'air des régions suivantes :

Alsace ;  
Aquitaine ;  
Nord – Pas-de-Calais ;  
Auvergne ;  
Midi-Pyrénées ;  
Languedoc-Roussillon ;  
Limousin ;  
Poitou-Charentes ;  
Champagne-Ardenne.

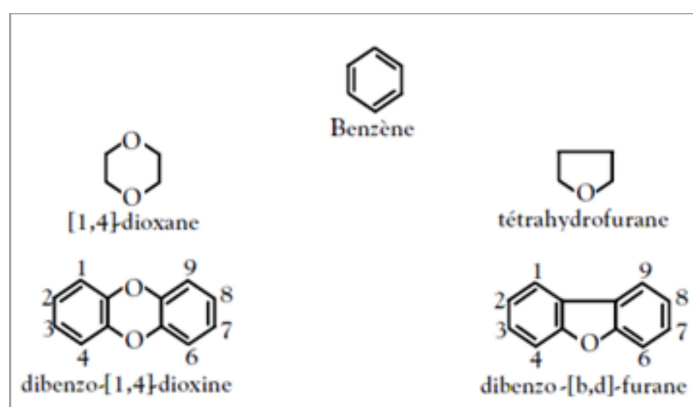
Art. 2. — Le directeur général de l'énergie et du climat est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait le 26 octobre 2015.  
Pour le ministre et par délégation :  
Le directeur général  
de l'énergie et du climat,  
L. MICHEL

# DIOXINES ET 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 chloracnées, des cancers (le CIRC de l'OMS a classé la 2,3,7,8-TCDD comme substance cancérigène pour l'homme). Les valeurs limites d'exposition professionnelle des composés recherchés et /ou analysés durant cette étude sont données dans le tableau suivant à titre d'information, les mesures réalisées lors de cette campagne n'entrant pas dans le cadre d'une exposition professionnelle.

# CALCUL DE TOXICITÉ

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

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

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

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.
- **I-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		I-TEF OTAN	I-TEF <sub>OMS</sub> 1998	I-TEF <sub>OMS</sub> 2005*
DIOXINES	2,3,7,8 Tétrachlorodibenzodioxine (TCDD)	1	1	1
	1,2,3,7,8 Pentachlorodibenzodioxine (PeCDD)	0,5	1	1
	1,2,3,4,7,8 Hexachlorodibenzodioxine (HxCDD)	0,1	0,1	0,1
	1,2,3,6,7,8 Hexachlorodibenzodioxine (HxCDD)	0,1	0,1	0,1
	1,2,3,7,8,9 Hexachlorodibenzodioxine (HxCDD)	0,1	0,1	0,1
	1,2,3,4,6,7,8 Heptachlorodibenzodioxine (HpCDD)	0,01	0,01	0,01
	Octachlorodibenzodioxine (OCDD)	0,001	0,0001	0,0003
FURANNES	2,3,7,8 Tétrachlorodibenzofuranne (TCDF)	0,1	0,1	0,1
	1,2,3,7,8 Pentachlorodibenzofuranne (PeCDF)	0,05	0,05	0,03
	2,3,4,7,8 Pentachlorodibenzofuranne (PeCDF)	0,5	0,5	0,3
	1,2,3,4,7,8 Hexachlorodibenzofuranne (HxCDF)	0,1	0,1	0,1
	1,2,3,6,7,8 Hexachlorodibenzofuranne (HxCDF)	0,1	0,1	0,1
	2,3,4,6,7,8 Hexachlorodibenzofuranne (HxCDF)	0,1	0,1	0,1
	1,2,3,7,8,9 Hexachlorodibenzofuranne (HxCDF)	0,1	0,1	0,1
	1,2,3,4,6,7,8 Heptachlorodibenzofuranne (HpCDF)	0,01	0,01	0,01
	1,2,3,4,7,8,9 Heptachlorodibenzofuranne (HpCDF)	0,01	0,01	0,01
Octachlorodibenzofuranne (OCDF)	0,001	0,0001	0,0003	

\* L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a organisé, du 28 au 30 juin 2005, un atelier d'experts sur la réévaluation des facteurs d'équivalence toxique (TEF) qu'elle avait définis en 1998.

# MOYENS DE PRÉLÈVEMENT

## Collecteur de précipitations

Les collecteurs de précipitation sont des jauges de type OWEN :

- Jauge 20 litres SVL42 avec bouchon et entonnoir ;
- Matériaux : verre pour collecte des dioxines-furannes, PEHD pour les métaux lourds ;
- Superficie de collecte : 471 cm<sup>2</sup> (verre) ; 707 cm<sup>2</sup> (PEHD) ;
- Bride de raccord et joint PTFE entre flacon et entonnoir ;
- Bouchon à vis complet SVL 42 ;
- Support Inox hauteur 800 mm pour jauge « owen » NF ;
- Rehausse de 1,5 m du sol afin d'éviter la collecte de poussières remise en suspension ;
- Fixation au sol ;

et répondent aux normes NF X 43-006 et ISO 222-2.



## Préleveur dynamique haut débit

Le préleveur dynamique haut débit est un modèle DA80 de marque Digitel :

- Évaluation réussie par le « Landerausschuss für Immissionsschutz » en Allemagne et par le Laboratoire Central Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) en France ;
- Débit d'échantillonnage : 500 NI/min (30 m<sup>3</sup>/h) réglé ;
- Prélèvement sur filtre PALLFLEX (lot N° 54982, recommande N° 7251); PALL Life Sciences ;
- Prélèvement sur PUF (filtre polyuréthane) (Réf. TE-1010); TISCH Environmental, INC ;
- Conforme aux normes européennes EN 12341.

Avant mise en exploitation, les jauges OWEN et les PUF ont été conditionnées en laboratoire d'analyses (Micropolluants technologie SA : 4, rue de Bort-lès-Orgues, ZAC de Grimont / BP 40 010, 57 070 SAINT JULIEN-LES-METZ) accrédité COFRAC Essais 17025 (nettoyage, préparation, mise en conditionnement), afin d'avoir des prélèvements non influencés par l'environnement externe à la mesure.

L'analyse de chaque prélèvement a été réalisée suivant les normes en vigueur par ce même laboratoire.

Dans le cas des métaux lourds analysés dans les retombées atmosphériques et pour le prélèvement actif sur filtre, les échantillons seront analysés selon la méthode de digestion acide (HNO<sub>3</sub> et H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) en micro-onde fermé puis identifiés et dosés par couplage plasma à induction et spectrométrie de masse (ICP-MS).

**Pour les dioxines et furannes dans les retombées atmosphériques**, les échantillons seront préparés selon la norme EPA 23 et 1613. Le protocole de préparation et d'analyses des échantillons est décrit ci-après :

- Pesée, filtration et extraction ;
- Marquage avec une solution de composés marqués en 13C ;
- Extraction des PCCD/PCDF ;
- Concentration ;
- Purification sur plusieurs colonnes chromatographiques ;
- Micro concentration ;
- Identification et dosage des PCDD/PCDF par couplage de chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse à haute résolution (HRGC/HRMS).

**Pour les dioxines et furannes par prélèvement actif**, les échantillons seront préparés selon la norme EPA 23 et 1948. Le protocole de préparation et d'analyses des échantillons est décrit ci-après :

- Pesée, filtration et extraction ;
- Marquage avec une solution de composés marqués en 13C ;
- Extraction des PCCD/PCDF ;
- Concentration ;
- Purification sur plusieurs colonnes chromatographiques ;
- Micro concentration ;
- Identification et dosage des PCDD/PCDF par couplage de chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse à haute résolution (HRGC/HRMS).

L'analyse sera menée dans des collecteurs distincts pour les dioxines-furannes et les métaux lourds.

Des contrôles qualités ont été opérés notamment sur les prélèvements dioxines - furannes par retombées atmosphériques (norme NF EN 1948-1) dans le cadre de la mise en évidence du rendement de récupération des marqueurs injectés (entre 40 et 135%). Les marqueurs sont utilisés uniquement sur les jauges pour dioxines – furannes.

La pose est effectuée par Limair. La récupération des marqueurs se fait en laboratoire.

## Tube passif

Ce matériel repose sur des principes d'adsorption et de perméation. Les polluants échantillonnés traversent une membrane semi-perméable par adsorption sur un support traité chimiquement.

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



Illustration 35: Exemple de tube à diffusion passive



Illustration 36: Analyseur en situation dans le camion mobile sur remorque

## Analyseur automatique

Un analyseur est un appareil électrique qui mesure en continu et en temps réel la concentration d'un polluant dans l'air et renvoie une valeur moyenne toutes les 15 minutes au poste central informatique.

# SYNTHÈSE NATIONALE

## 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.

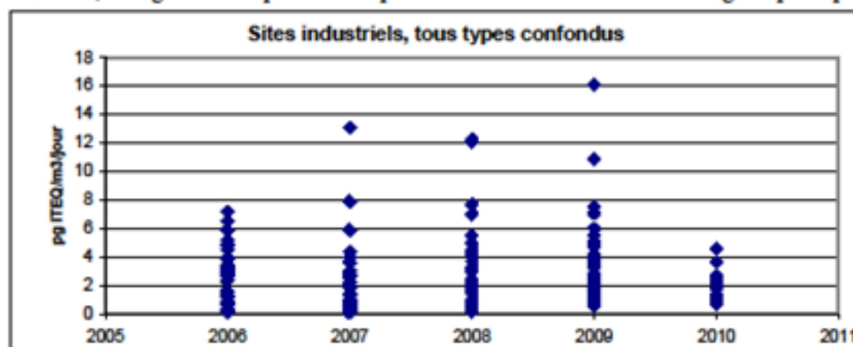
Les valeurs sont données tel qu'elles ont été reçues (en enlevant cependant toute indication de lieu).

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

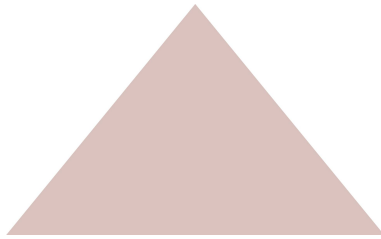
Remarques :

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/m<sup>3</sup>/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.







La Surveillance de l'Air en Limousin

35, rue Soyouz  
Parc ESTER Technopole  
87068 LIMOGES CEDEX  
Tél. : 05.55.33.19.69  
Fax : 05.55.33.37.11

---

**Rédaction**

Simon Leray - Ingénieur d'études

**Vérification - Approbation**

Rémi Feuillade - Directeur

---

[www.limair.asso.fr](http://www.limair.asso.fr)