

# **Programme de surveillance des dioxines/furanes et métaux lourds dans les retombées atmosphériques et l'air ambiant**

Résultats 2006-2007 sur les départements du  
Rhône et de l'Isère

**Janvier 2009**

*Etude financée par les partenaires du programme de surveillance*



SUP'AIR, ASCOPARG et COPARLY font partie du dispositif français de surveillance et d'information de la qualité de l'air. Leur mission s'exerce dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 et de ses décrets d'application notamment le décret 98-361 du 6 mai 1998 relatif à l'agrément des organismes de surveillance de la qualité de l'air.

A ce titre, SUP'AIR, ASCOPARG et COPARLY sont garants de la transparence de l'information sur le résultat de leurs travaux.

Condition de diffusion :

- Les données recueillies tombent dès leur élaboration dans le domaine public. Le rapport d'étude est mis à disposition sur [www.atmo-rhonealpes.org](http://www.atmo-rhonealpes.org), un mois après validation interne.
- Les données contenues dans ce document restent la propriété des associations. Elles ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure.
- Toute utilisation partielle ou totale de ce document doit faire référence aux associations en terme de « SUP'AIR, ASCOPARG, COPARLY (2008)».
- SUP'AIR, ASCOPARG et COPARLY ne sont en aucune façon responsables des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant des résultats de leurs travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

Remerciements :

SUP'AIR, ASCOPARG et COPARLY tiennent à remercier pour leur collaboration et leur disponibilité les mairies, les entreprises et les particuliers ayant accepté d'accueillir les matériels de mesures.

## RÉSUMÉ

Le programme de surveillance des dioxines/furanes et métaux lourds a été mis en place en octobre 2006 par les associations de surveillance de la qualité de l'air COPARLY, ASCOPARG, et SUP'AIR, en partenariat avec 8 industriels et la DRIRE Rhône-Alpes sur 4 zones des départements du Rhône et de l'Isère : le sud lyonnais, le val de Saône, l'agglomération grenobloise et la vallée du Rhône.

L'objectif des mesures réalisées en 2006-2007 était, d'une part l'amélioration des connaissances sur ces composés et la constitution d'une première base de données utilisable à terme pour des évaluations d'impact sanitaire, et d'autre part la vérification des niveaux de polluants mesurés aux réglementations existantes. La méthodologie choisie s'inscrit dans une démarche d'évaluation de la qualité de l'air, en cohérence avec les directives européennes concernant l'air ambiant. Le nombre de prélèvements retenu en air ambiant et dans les retombées atmosphériques a pour objectif de fournir des éléments représentatifs des taux de pollution à l'échelle de l'année dans les zones d'influence d'unité d'incinération. Des stations de référence mesurant en continu tout au long du programme ont été spécialement implantées afin de permettre la comparaison des concentrations de polluants avec les sites d'étude.

Le présent programme intègre également un travail spécifique sur les émissions de métaux lourds et de dioxines/furanes. La connaissance de la répartition spatiale et temporelle des émissions de polluants est une aide précieuse pour élaborer une stratégie de surveillance de la qualité de l'air. Un inventaire et un cadastre détaillé de ces polluants existent désormais à l'échelle de la région Rhône-Alpes. L'objectif étant de disposer d'une information sur la contribution de toutes les sources répertoriées sur les zones d'étude comprenant une unité d'incinération.

Les concentrations rencontrées aussi bien en air ambiant qu'en retombées atmosphériques, se situent dans des gammes similaires à celles observées au niveau national.

Bien que le site de référence, situé au centre ville de Lyon, enregistre sur la période la valeur maximale de dioxines/furanes en air ambiant, l'observation de la distribution des concentrations de dioxines/furanes et de métaux lourds montre des moyennes plus élevées sur les sites exposés par rapport aux sites de référence urbaine et rurale.

L'analyse par zone d'étude a permis d'apprécier les disparités entre sites exposés et sites de référence mais aussi de constater l'impact important de l'environnement de chaque zone d'étude sur les mesures.

La poursuite du programme de surveillance en 2008 va permettre de consolider la base des données recueillie sur le premier volet de ce programme et notamment de valider les premières hypothèses et explorations statistiques présentées dans ce rapport.



# SOMMAIRE

## **INTRODUCTION** **7**

## **PARTIE 1 : CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE** **8**

1.1. OBJECTIFS	8
1.1.1. HISTORIQUE DU PROGRAMME DE SURVEILLANCE	8
1.1.2. PARTENAIRES ENGAGES	8
1.1.3. CONTENU DU PROGRAMME	9
1.1.4. CONTEXTE REGLEMENTAIRE	9
1.2. QUE SAIT-ON SUR LES DIOXINES ET FURANES ?	10
1.2.1. QU'EST-CE QU'UNE DIOXINE ?	10
1.2.2. RISQUE SANITAIRE	12
1.2.3. NIVEAUX DE REFERENCE DANS L'ENVIRONNEMENT	15
1.3. QUE SAIT-ON SUR LES METAUX LOURDS ?	16
1.3.1. QUE SONT LES METAUX LOURDS	16
1.3.2. RISQUE SANITAIRE	16
1.3.3. NIVEAUX DE REFERENCE DANS L'ENVIRONNEMENT	17

## **PARTIE 2 : STRATEGIE DE SURVEILLANCE** **19**

2.1. MATERIELS ET TYPE DE MESURES	19
2.2. CHOIX DES COMPOSES MESURES	21
2.3. MISE EN PLACE DES STATIONS DE REFERENCE	22
2.4. DEVELOPPEMENT DE LA CONNAISSANCE SUR LES SOURCES D'EMISSION	22
2.4.1. MISE EN ŒUVRE D'UN INVENTAIRE DES EMISSIONS SPATIALISE	22
2.4.2. INTERET DE L'INVENTAIRE DES EMISSIONS DANS LE PROGRAMME DE SURVEILLANCE	26
2.4.3. RESULTATS	26
2.5. STRATEGIE DE MESURE A PROXIMITE D'UN INCINERATEUR	34
2.6. CALENDRIER DES MESURES 2006-2007	35

## **PARTIE 3 : PRINCIPAUX RESULTATS** **36**

3.1. CONDITIONS METEOROLOGIQUES DES CAMPAGNES	36
3.1.1. SAISONNALITE	36
3.1.2. COMPARAISON AUX NORMALES SAISONNIERES DE TEMPERATURE	36
3.1.3. CONDITIONS METEOROLOGIQUES DES CAMPAGNES REALISEES EN AIR AMBIANT	39
3.1.4. DATES DES CAMPAGNES REALISEES DANS LES RETOMBEES ATMOSPHERIQUES	39
3.2. REPRESENTATIVITE DES MESURES	41
3.2.1. REPRESENTATIVITE POUR LES SITES DU SUD LYONNAIS	41
3.2.2. REPRESENTATIVITE DU SITE DE L'AGGLOMERATION GRENOBLOISE	42
3.2.3. REPRESENTATIVITE DES MESURES PAR PRELEVEMENT EN AIR AMBIANT SUR LE SITE DE LYON CENTRE	42
3.2.4. REPRESENTATIVITE POUR LES MESURES DE RETOMBEES ATMOSPHERIQUES	43
3.3. DISTRIBUTION DES DONNEES	45
3.3.1. AIR AMBIANT	45
3.3.2. RETOMBEES ATMOSPHERIQUES	47
3.4. RESULTATS MOYENS	48
3.4.1. DETECTION DES POLLUANTS	48
3.4.2. REPARTITION DES CONGENERES	50

3.4.3. NIVEAUX MOYENS PAR POLLUANT ET TYPE DE MESURE	51
3.4.4. COMPARAISON DES MESURES DE RETOMBÉES ATMOSPHÉRIQUES SUR LES 2 SITES DE RÉFÉRENCES : DES DIFFÉRENCES SIGNIFICATIVES ?	53
3.4.5. COMPARAISON AVEC LES RÉSULTATS D'UNE AUTRE ÉTUDE	54
3.5. POLLUANTS CLASSIQUES	55
3.5.1. VARIATION DES NIVEAUX PAR POLLUANT	55
3.5.2. DIOXYDE DE SOUFRE (SO <sub>2</sub> )	56
3.5.3. DIOXYDE D'AZOTE (NO <sub>2</sub> )	57
3.5.4. POUSSIÈRES - PARTICULES FINES EN SUSPENSION (PM <sub>10</sub> )	58
3.5.5. OZONE (O <sub>3</sub> )	59

## **PARTIE 4 : ANALYSES DES DONNÉES** **60**

4.1. VARIATIONS PAR CAMPAGNE DE MESURE	60
4.1.1. LES MÉTAUX LOURDS	60
4.1.2. LES DIOXINES ET FURANES	61
4.2. VARIATIONS SAISONNIÈRES	61
4.2.1. VARIATION DES CONCENTRATIONS DE MÉTAUX LOURDS EN AIR AMBIANT	61
4.2.2. ÉVOLUTIONS TEMPORELLES SUR LE SITE DE RÉFÉRENCE DE LYON CENTRE	63
4.2.3. LA RÉPARTITION DES CONGÉNÉRÉS DE DIOXINES ET FURANES EST-ELLE SIMILAIRE SELON LES SAISONS ?	65
4.3. CORRELATIONS AVEC LES ÉMISSIONS	66
4.4. DISTANCE À LA SOURCE	68
4.4.1. LES MÉTAUX LOURDS	68
4.4.2. LES DIOXINES ET FURANES	69
4.5. DIFFÉRENCES ENTRE LES ZONES ÉTUDIÉES	70
4.5.1. LES « SIGNATURES » SONT-ELLES DIFFÉRENTES ENTRE LES ZONES ?	70
4.5.2. LES « SIGNATURES » PRÉSENTENT-ELLES DES DIFFÉRENCES ENTRE LES SITES ?	71
4.6. INFLUENCE DE PARAMÈTRES MÉTÉOROLOGIQUES	72
4.6.1. TEMPÉRATURES	72
4.6.2. VENT	73
4.6.3. PLUVIOMÉTRIE	74
4.6.4. INVERSION DES TEMPÉRATURES	76
4.7. RELATION AVEC LES VARIATIONS DE POLLUANTS CLASSIQUES	78
4.7.1. LES NIVEAUX DE MÉTAUX LOURDS ET DE DIOXINES SONT-ILS CORRÉLÉS AUX PM <sub>10</sub> ?	78
4.7.2. CORRELATIONS AVEC LES AUTRES POLLUANTS CLASSIQUES	78
4.8. TOXICITÉ	80
4.9. COMPARAISON DES DONNÉES D'ÉMISSIONS FOURNIES PAR LES PARTENAIRES AVEC LES CONCENTRATIONS MESURÉES	82

## **PARTIE 5 - ANALYSE PAR ZONE** **83**

## **CONCLUSION** **101**

## **BIBLIOGRAPHIE** **103**

## **LISTE DES FIGURES** **105**

## **LISTE DES ANNEXES** **108**

## INTRODUCTION

Le Plan de surveillance de la qualité de l'air établi en 2005 par l'ensemble des associations de surveillance de la qualité de l'air de la région Rhône-Alpes (PSQA Rhône-Alpes), en application de l'arrêté du 17 mars 2003, fixe les bases d'une stratégie cohérente de surveillance et d'information de la population sur la qualité de l'air pour les cinq années à venir.

Les métaux lourds (nickel, cadmium, arsenic, plomb<sup>1</sup>) polluants alors récemment réglementés en air ambiant par la directive européenne 2004/107/CE, faisaient l'objet en 2005 d'une surveillance continue sur un nombre limité de sites de la région ; principalement les agglomérations lyonnaise et grenobloise en milieu urbain, et proximité industrielle sur l'agglomération lyonnaise.

Lors de la mise en œuvre du PSQA Rhône-Alpes, il est apparu utile de compléter la surveillance réglementaire par des programmes spécifiques de surveillance afin d'acquérir une connaissance plus poussée de l'exposition des populations aux polluants nouvellement réglementés et émergents. Parmi ceux-ci figurent les métaux lourds, mais aussi les dioxines/furanes, les HAP, les composés organiques volatils, les pesticides, les aldéhydes en air intérieur ...

Dès 2005, les associations COPARLY, ASCOPARG, et SUP'AIR ont engagés des démarches dans le but de construire un premier programme de surveillance concernant les métaux lourds, dioxines et furanes, dans l'air et les retombées atmosphériques, en proximité industrielle sous l'influence d'unités d'incinération.

Pour certains métaux, comme le cadmium, le secteur des traitements de déchets par incinération apparaît comme un contributeur important. Les travaux nationaux issus du CITEPA<sup>2</sup> montrent également, pour les composés dioxines et furanes, la part non négligeable de l'incinération.

En 2005, l'état des connaissances sur les dioxines et furanes dans l'air en Rhône-Alpes se limitait aux sources industrielles dont les émissions sont déclarées à la DRIRE, soit 17 g I-TEQ. En 2003, selon le CITEPA les sources répertoriées au niveau national représentait 247 g I-TEQ par an.

Ce programme de surveillance, réalisé en partenariat avec les industriels des zones étudiées et la DRIRE Rhône-Alpes, a vu ainsi le jour à la fin de l'année 2006.

Le principe adopté vise à constituer une base de connaissance sur les concentrations de ces composés dans l'air ambiant et les retombées atmosphériques, leurs comportements, leurs émissions, à proximité de sources connues et en situation urbaine ou rurale. Ces données, recueillies sur plusieurs zones des départements du Rhône et de l'Isère, ont deux atouts majeurs : de par la méthodologie employée, elles sont comparables entre elles et aux stations de référence implantées spécifiquement à cette occasion ; le travail d'inventaire des émissions engagé parallèlement fournit des données destinées à être croisées avec les mesures de qualité de l'air.

A l'horizon 2008, le programme se poursuit sur 4 zones étudiées, totalisant 25 points de surveillance dans les retombées en proximité industrielle dont deux stations de référence continues, ainsi qu'une capacité de mesures dans l'air sur 6 points en plus d'une station continue de référence.

---

<sup>1</sup> Le plomb fait l'objet d'une surveillance dans l'air depuis déjà une vingtaine d'années

<sup>2</sup> CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

## Partie 1 : Contexte et objectif de l'étude

### 1.1. Objectifs

#### 1.1.1. Historique du programme de surveillance

Dès le mois d'octobre 2006, les campagnes de surveillance dans l'air et les retombées ont débuté :

- sur 3 zones d'études comprenant 12 sites de mesures dans les retombées :
  - o Le sud lyonnais
  - o Le val de Saône
  - o L'agglomération grenobloise
- et 2 stations continues de référence :
  - o Urbaine : Lyon centre
  - o Rurale : Saint Germain au Mont d'Or

La première partie du programme (2006-2007) s'est ainsi déroulée avec la collaboration et la participation financière de 6 partenaires industriels. Dans le courant de l'année 2007, une quatrième zone (Vallée du Rhône) a été prise en compte, et un 7<sup>ème</sup> partenaire s'est joint au programme. A l'horizon 2008, de nouveaux partenaires intègrent le programme, permettant ainsi l'étude de nouveaux secteurs.

#### 1.1.2. Partenaires engagés

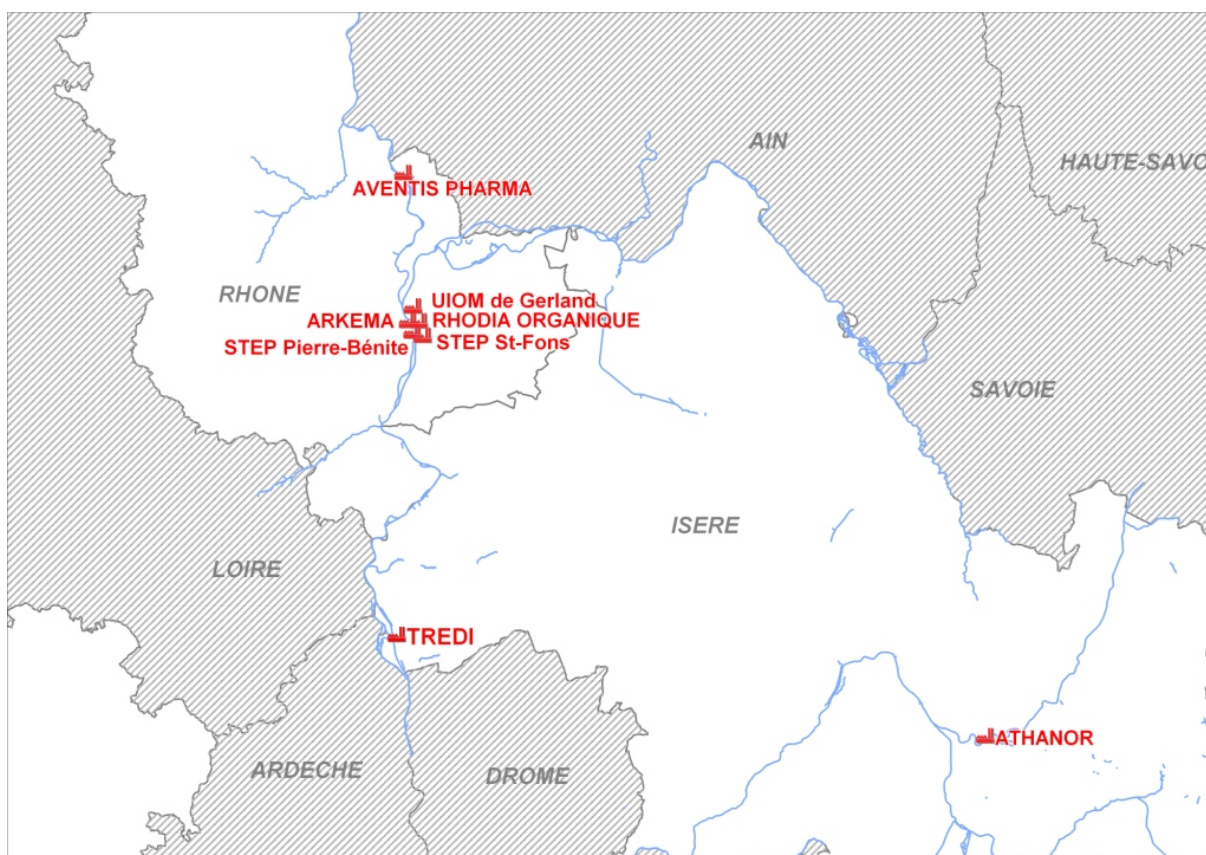


Figure 1 : Localisation des partenaires engagés dans le programme en 2006/2007



Les partenaires du programme dioxines/métaux lourds 2006-2007 :

- Sanofi Chimie à Neuville (Rhône)
- Rhodia Organique à Saint-Fons (Rhône)
- Grenoble Alpes Métropole assurant la gestion de l'Unité d'Incinération d'Ordures Ménagères Athanor de La Tronche (Isère)
- Le Grand Lyon concernant
  - La station d'épuration de Saint-Fons (Rhône)
  - La station d'épuration de Pierre-Bénite (Rhône)
  - L'Unité d'Incinération d'Ordures Ménagères de Lyon Sud (Rhône)
- Arkema sur la commune de Pierre-Bénite (Rhône)
- Trédi, Groupe Séché Environnement à Salaise-sur-Sanne (Isère)

### 1.1.3. Contenu du programme

#### ► Connaissance des émissions

La connaissance de la répartition spatiale et temporelle des émissions de polluants est une aide précieuse pour élaborer une stratégie de surveillance de la qualité de l'air. Un inventaire et un cadastre détaillé de différents polluants existent désormais à l'échelle de la région Rhône-Alpes.

Afin de compléter ce travail, le présent programme intègre un travail spécifique sur les émissions de métaux lourds et les dioxines/furanes. L'objectif est de dresser un premier état des émissions concernant ces composés afin de disposer d'une information sur les zones de mesures et notamment de connaître la part de chaque contributeur.

#### ► La surveillance de l'air ambiant et des retombées atmosphériques

L'objectif des mesures est double :

- L'amélioration des connaissances et la constitution d'une première base de données potentiellement utilisable pour des évaluations d'impact sanitaire
- Vérifier les niveaux de polluants mesurés aux réglementations existantes : la méthodologie choisie s'inscrit dans une démarche d'évaluation de la qualité de l'air, en cohérence avec les directives européennes concernant l'air ambiant. Le nombre de prélèvements retenu a pour objectif de fournir des éléments représentatifs des taux de pollution à l'échelle de l'année.

### 1.1.4. Contexte réglementaire

#### ► Les émissions

Il existe plusieurs textes réglementaires relatifs aux émissions de dioxines/furanes dans le domaine de l'incinération des déchets, parmi lesquels :

- au niveau communautaire, la directive européenne 2000/76/CE du 4 décembre 2000 relative à l'incinération des déchets fixe une valeur limite à l'émission de 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> pour les dioxines et furanes.
- au niveau national, les textes les plus récents suivants :

- l'arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et aux installations incinérant des déchets d'activités de soins à risques infectieux<sup>3</sup> ;
- l'arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets dangereux<sup>4</sup>.

Ces arrêtés imposent aux nouvelles usines et à toutes les installations à compter du 28 décembre 2005, outre des mesures à l'émission 2 fois par an, la mise en place par l'exploitant d'un programme de suivi dans l'environnement au minimum pour les dioxines et les métaux lourds. De plus, la circulaire du 9 octobre 2002 relative aux Installations Classées<sup>5</sup> exige la réalisation de mesures dans l'environnement dès que le flux total annuel de dioxines émis dépasse 0,5 g.

#### ► L'air ambiant

Concernant les teneurs en dioxines dans l'air ambiant, il n'existe à ce jour aucune réglementation, dans la mesure où la contamination directe par inhalation est jugée faible comparativement à la voie alimentaire (90% de l'exposition).

En revanche, il existe une obligation de surveillance des métaux lourds sur l'ensemble du territoire en rapport avec les deux textes suivants :

- La directive européenne Directive 1999/30/CE du Conseil, du 22 avril 1999, relative à la fixation de valeurs limites pour l'anhydride sulfureux, le dioxyde d'azote et les oxydes d'azote, les particules et le **plomb** dans l'air ambiant<sup>6</sup> ;
- La directive européenne 2004/107/CE du 15 décembre 2004 concernant l'**arsenic**, le **cadmium**, le **mercure** le **nickel** et les hydrocarbures aromatiques polycycliques<sup>7</sup>.

## 1.2. Que sait-on sur les dioxines et furanes ?

### 1.2.1. Qu'est-ce qu'une dioxine ?

Les dioxines et furanes font partie de la famille des Polluants Organiques Persistants (POP) au même titre que les PCB (PolychloroBiphényles) et de nombreuses dizaines d'autres polluants (certains pesticides et autres produits chimiques industriels).

Les **POP** sont définis par rapport à quatre caractéristiques :

- **L'impact sanitaire** : l'impact sur la santé humaine est avéré.
- **La persistance** : ce sont des molécules très résistantes à la température et à toutes autres dégradations de type chimique ou biologique. Persistantes dans l'environnement et l'organisme humain, leur demi-vie est de l'ordre de 7 à 10 ans.
- **La bioaccumulation** : en raison de leur capacité à s'accumuler dans les tissus vivants, leurs concentrations augmentent tout au long de la chaîne alimentaire.

<sup>3</sup> Ministère de l'Ecologie , de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Journal Officiel de la République Française n° 280 du 01/12/2002

<sup>4</sup> Ministère de l'Ecologie , de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Journal Officiel de la République Française n° 280 du 01/12/2002

<sup>5</sup> Arrêtés ministériels relatifs à l'incinération de déchets, émissions de dioxines et de métaux des incinérateurs – Ministère de l'Ecologie , de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, Bulletin Officiel MEDD n°2-2003 du 31 janvier 2003

<sup>6</sup> Journal Officiel de l'Union Européenne n° L 163 du 29/06/1999

<sup>7</sup> Journal Officiel de l'Union Européenne n° L 23/3 du 26/01/2005

- **Leur transport sur de longues distances** : ils peuvent en effet se déplacer dans les masses d'air sous forme de fines particules et se déposer à des centaines de kilomètres de leurs lieux d'émission.

Les POP font l'objet de deux textes réglementaires internationaux :

- Le protocole d'Aarhus de juin 1998 dans le cadre de Pollution Transfrontalière Longue Distance et de la convention de Genève, en vigueur depuis 2003. Le texte vise le contrôle et la réduction de 16 POP d'origine industrielle dont les dioxines/furanes, les PCB et les HAP<sup>8</sup>.
- La convention de Stockholm de mai 2001 dans le cadre du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), en vigueur depuis 2004 vise les mêmes objectifs que le protocole d'Aarhus sur 12 POP.

#### ► Comment se forment les dioxines et furanes ?

Les dioxines furanes, à l'instar des HAP, et contrairement aux PCB ou aux pesticides, sont des composés produits non intentionnellement lors d'une combustion incomplète ou non maîtrisée, ou lors de certaines fabrications industrielles. Ils sont donc potentiellement émis par tout procédé incluant une combustion (incinération de déchets, métallurgie, brûlage à l'air libre, feux de forêt ...).

Les dioxines sont des résidus essentiellement formés lors d'une combustion dans des conditions de température élevées de 250 à 450°C, de certains précurseurs, ou de composés organiques en présence d'oxygène et d'une source de chlore (synthèse dite « de novo »). Cette dernière peut être théoriquement n'importe quel composé incluant du chlore comme par exemple le PVC (polychlorure de vinyle).

Les molécules de dioxines/furanes sont complètement détruites à partir d'une température de 800°C pendant 2 secondes, en présence d'un excès d'oxygène. Ce sont les conditions recherchées par les unités d'incinération pour détruire les dioxines à l'émission.

#### ► La durée de vie d'une molécule de dioxine ?

Les dioxines (polychlorodibenzodioxines ou PCDD) et les furanes (polychlorodibenzofuranes ou PCDF), regroupés sous le terme de dioxines, sont des hydrocarbures aromatiques polycycliques chlorés (ou HAPC). Il existe de nombreux composés identifiés (75 PCDD et 135 PCDF, appelés « congénères ») en fonction du nombre et de la position des atomes de chlore qu'ils possèdent. Dix sept congénères (7 PCDD et 10 PCDF) sont habituellement mesurés et étudiés, en raison de leur toxicité avérée. Il s'agit des congénères dont les positions 2, 3, 7 et 8 de la molécule sont substituées par des atomes de chlore.

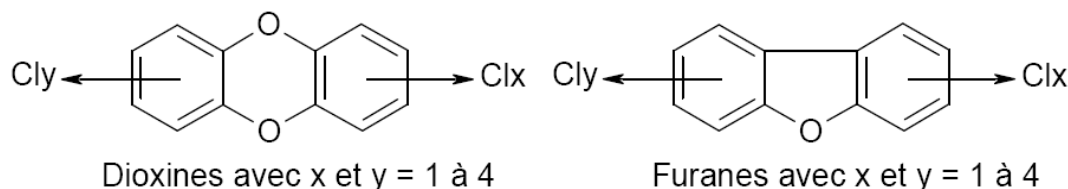


Figure 1 : Formules chimiques des dioxines et furanes

Les dioxines persistent dans les milieux environnementaux en raison de leur grande stabilité thermique et chimique qui augmente avec leur nombre d'atomes de chlore.

<sup>8</sup> HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

## ► Que deviennent les dioxines dans l'environnement ?

### Dans l'air,

Les dioxines sont très peu volatiles, et se dispersent principalement dans l'atmosphère en se fixant sur de très fines particules par mécanisme d'adsorption. Bien que n'étant pas la voie majoritaire de contamination, l'air est cependant le premier vecteur des dioxines après leur émission. Les dioxines sont ainsi transportées sur de longues distances avant de retomber à la surface des sols et des milieux aquatiques.

Pour les sources industrielles de dioxines comme les incinérateurs, les points de retombées sont fréquemment calculés à l'aide de techniques de modélisation à partir des caractéristiques d'émission et météorologiques.

Repères :

80 à 90% des dioxines/furanes sont véhiculées par des particules d'un diamètre inférieur à 2µm.

### Dans les sols,

Emis dans l'atmosphère les dioxines se déposent directement sur le sol et sur la partie aérienne des végétaux. Les dix premiers centimètres du sol regrouperaient la majorité des retombées, environ 95%.

Repères :

Taux de dioxines dans les sols en ng/kg de matières sèches :

- 1ng/kg en milieu rural
- 10 ng/kg en milieu urbain
- 100 ng/kg en zone industrielle

### Dans l'eau,

Les dioxines contaminent les milieux aquatiques via les retombées atmosphériques, l'érosion des sols, les rejets industriels dans l'eau. Elles s'associent aux particules en suspension et sédimentent.

De par leur propriété hydrophobe, leurs concentrations dans l'eau sont très souvent non détectables.

## **1.2.2. Risque sanitaire**

L'agent Orange et Seveso, un peu d'histoire ...

Les connaissances sur la toxicité des dioxines est issue de l'expérimentation animale et de l'observation de l'effet sur l'homme de fortes expositions (Agent Orange, Seveso).

De triste mémoire, l'agent Orange, utilisé comme herbicide aux États-Unis dans les années 50 et comme agent défoliant pendant la guerre du Viêt-Nam, contenait deux molécules herbicides et une impureté. Cette dernière, découverte des années plus tard, est la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-para-dioxine (TCDD), dioxine la plus toxique et plus connue sous le terme dioxine de Seveso.

L'accident de Seveso en Italie en 1976, libéra dans l'atmosphère de 1 à 5kg de TCDD dans l'environnement, suite à la surchauffe d'un réacteur produisant des herbicides. Quatre jours plus tard les premières lésions sur la peau des populations riveraines furent observées. Le bilan exact établi 7 ans plus tard montra que 193 habitants furent atteints de chloracné, essentiellement des enfants. Sur le plan environnemental, l'accident est majeur avec 3300 animaux domestiques morts intoxiqués, 70 000 têtes de bétail contaminé abattus, les sols cultivés et les maisons à décontaminer.

Seveso n'a pas causé de décès humains directs mais suscité d'importantes réflexions sur les risques provoqués par les dioxines et sur la réglementation en matière de prévention des risques technologiques (directives européennes "Seveso" et "Seveso2").

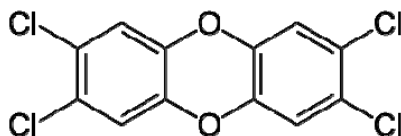


Figure 2 : la dioxine de Seveso,  
la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzodioxines ou 2,3,7,8 TCDD

#### ► Effet sur l'homme

En raison de sa stabilité, la demi-vie de la dioxine dans l'organisme est de l'ordre de sept ans. Hormis la dégradation naturelle de la dioxine, la femme possède la capacité de l'éliminer par un transfert dans le placenta et le lait maternel, mais expose alors le nourrisson.

Une exposition à court terme à des teneurs élevées en dioxine peut être à l'origine de lésions cutanées, chloracné et formation de taches sombres sur la peau par exemple, ainsi qu'une altération de la fonction hépatique.

Une exposition prolongée peut endommager le système immunitaire, perturber le développement du système nerveux, être à la source des troubles du système endocrinien et de la fonction de reproduction.

La dioxine de Seveso est la seule dioxine reconnue cancérigène pour l'homme, d'après le Centre international de recherche sur le cancer. Cependant, plusieurs autres dioxines sont reconnues comme étant tératogènes et induisant une fœtotoxicité, des baisses de la fertilité, ainsi que des troubles endocriniens.

#### ► En quelle unité exprime-t-on la toxicité des dioxines ?

Etant donné le grand nombre de congénères qui présentent des degrés de toxicité divers, un indicateur synthétique, « l'équivalent toxique » (I-TEQ, international toxic equivalent quantity), a été développé au niveau international pour caractériser la charge toxique globale liée aux dioxines. A chaque congénère est attribué un coefficient de toxicité qui a été estimé en comparant son activité à celle de la dioxine la plus toxique (la 2, 3, 7, 8 TCDD dite dioxine de Seveso). L'équivalent toxique d'un mélange de congénères est obtenu en sommant les teneurs des 17 composés les plus toxiques, multipliées par leur coefficient de toxicité respectif.

Congénères		TEF
<b>Dioxines</b>	2,3,7,8-tétraCDD	1
	1,2,3,7,8-pentaCDD	1
	1,2,3,4,7,8-hexaCDD	0,1
	1,2,3,6,7,8-hexaCDD	0,1
	1,2,3,7,8,9-hexaCDD	0,1
	1,2,3,4,6,7,8-heptaCDD	0,01
	OCDD	0,001
<b>Furanes</b>	2,3,7,8-TCDF	0,1
	1,2,3,7,8-pentaCDF	0,05
	2,3,4,7,8-penta-CDF	0,5
	1,2,3,4,7,8-hexaCDF	0,1
	1,2,3,6,7,8-hexaCDF	0,1
	1,2,3,7,8,9-hexaCDF	0,1
	2,3,4,6,7,8-hexaCDF	0,1
	1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF	0,01
	1,2,3,4,7,8,9-heptaCDF	0,01
	OCDF	0,0001

Figure 3 : Facteurs d'équivalence de toxicité (TEF) pour les dioxines / furanes (valeur proposée par l'OMS [1997] pour les mammifères, humains compris)

Congénères		TEF
<b>Dioxines</b>	2,3,7,8-tétraCDD	1
	1,2,3,7,8-pentaCDD	0.5
	1,2,3,4,7,8-hexaCDD	0,1
	1,2,3,6,7,8-hexaCDD	0,1
	1,2,3,7,8,9-hexaCDD	0,1
	1,2,3,4,6,7,8-heptaCDD	0,01
	OCDD	0,001
<b>Furanes</b>	2,3,7,8-TCDF	0,1
	1,2,3,7,8-pentaCDF	0,05
	2,3,4,7,8-penta-CDF	0,5
	1,2,3,4,7,8-hexaCDF	0,1
	1,2,3,6,7,8-hexaCDF	0,1
	1,2,3,7,8,9-hexaCDF	0,1
	2,3,4,6,7,8-hexaCDF	0,1
	1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF	0,01
	1,2,3,4,7,8,9-heptaCDF	0,01
	OCDF	0,0001

Figure 4 : Facteurs d'équivalence de toxicité (TEF) pour les dioxines / furanes (valeur proposée par l'OTAN [1989])

Le système de pondération le plus utilisé est celui développé par l'OTAN (1989) tandis que le système défini par l'OMS (1998) est plutôt utilisé dans l'agro-alimentaire.

► Quelles sont les valeurs toxicologiques de référence utilisées pour évaluer les risques sanitaires liés à une exposition aux dioxines ?

Depuis 1998, l'OMS propose une valeur toxicologique de référence (VTR) à seuil d'effet (elle est appelée « dose journalière admissible » ou DJA) pour une exposition orale chronique quotidienne, elle est de 1 à 4 pg/kg I-TEQOMS/j.

« Une valeur toxicologique de référence, ou VTR, est un indice toxicologique qui permet de qualifier ou de quantifier un risque pour la santé humaine. Elle établit le lien entre une exposition à une substance toxique et l'occurrence d'un effet sanitaire indésirable. Les VTR sont établies par des instances internationales comme l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Pour les dioxines il n'existe pas de VTR spécifique à la voie d'exposition respiratoire. Pour l'exposition orale, qui est la voie d'exposition très largement dominante, plusieurs organismes proposent des VTR à seuil de toxicité, considérant que les dioxines n'ont pas d'action directe sur le matériel génétique. Cette hypothèse signifie qu'il existe un seuil de toxicité en dessous duquel l'exposition n'a pas de conséquence néfaste. Ces VTR correspondent donc à des niveaux d'exposition considérés comme sans danger en l'état actuel des connaissances»<sup>9</sup>.

### 1.2.3. Niveaux de référence dans l'environnement

#### ► Comment évoluent les émissions de dioxines en France ?

Après la seconde guerre mondiale, en raison du développement de l'industrie du chlore une forte augmentation des émissions de dioxines a été constatée. En France ce n'est qu'à partir des années 1970 que les émissions de dioxines dues à des sources industrielles ont fortement diminué. Ainsi, les émissions totales de dioxines par les incinérateurs d'ordures ménagères représentaient 1090 grammes en 1995 et ne s'élèvent plus en 2003 qu'à 100 grammes. Au total, les émissions de dioxines, toutes sources confondues, ont été divisées par 4 depuis dix ans.

#### ► Niveaux de référence

A l'heure actuelle il n'y a pas de valeur guide émise sur les teneurs de dioxines et furanes dans l'air ambiant ou les retombées atmosphériques. Toutefois de nombreuses études ont été menées afin d'évaluer les concentrations de dioxines dans les différents compartiments de l'environnement. Nous ne citerons ici que les valeurs relevées dans l'air ambiant et dans les retombées atmosphériques, milieux sur lesquels porte l'étude menée par COPARLY, ASCOPARG et SUP'AIR.

A noter que la majorité des données bibliographiques sont antérieures à 2005, date à laquelle la réglementation des émissions des incinérateurs a été très renforcée.

►► Un rapport de l'INERIS intitulé « Méthode de surveillance des retombées des dioxines et furanes autour d'une UIOM » datant de 2001 présente les différentes méthodes utilisées pour apprécier la pollution par les dioxines et furanes au voisinage d'une source émettrice ainsi que des valeurs de référence pour définir une zone influencée ou non par des émissions de dioxines et furanes :

#### Mesures dans l'air ambiant :

Zone	pg/m <sup>3</sup>	fg I-TEQ/m <sup>3</sup>
Rurale éloignée	<0,5	<10
Rurale	0,5-4	20-50
Urbaine ou industrielle	10-100	100-400

Figure 5 : Concentrations typiques de dioxines et furanes à l'air ambiant (LHOMAN, JONES 1998)

<sup>9</sup> Source : FAQ du site internet de l'INVS

Mesures des dépôts :

Zone	pg I-TEQ/m <sup>2</sup> /j
Rurale	5-20
Urbaine	10-85
Proche d'une source	Jusqu'à 1000

Figure 6 : Concentration typique de dioxines et furanes dans des collecteurs de précipitations (NOMINE, 1999)

►► Niveaux enregistrés dans les autres associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA). Liste non exhaustive des études réalisées par les Associations de surveillance de la qualité de l'air françaises.

Mesures dans l'air ambiant :

Nom de l'AASQA	Année de l'étude	Gamme de valeurs mesurées (fg I-TEQ/m <sup>3</sup> )
Air Normand	2000-2004	16.3 – 291.7
Air Normand	2003	7.8 – 64.3
Air Normand	2004	7 – 35
Airparif	2004-2005	10 – 3 410
Atmo Poitou-Charentes	2005	20.6 – 94.3
Air Pays de la Loire	2006	9-28

Figure 7 : Gamme de valeurs en dioxines et furanes mesurés dans l'air ambiant en France

Mesures des dépôts :

Nom du réseau	Années	Gamme de valeurs mesurées (pg I-TEQ/m <sup>2</sup> /j)
Air Pays de la Loire	2003	0.8 – 20.6
Lig'air	2004	0.032 – 1.17
Lig'air	2004	0 – 0.68
Atmo Poitou Charentes	2005	2.10 – 164.25
Air Pays de la Loire	2006	1.1 – 2.9
Air Normand	2006	1.8 – 7.2

Figure 8 : Gamme de valeurs en dioxines et furanes mesurés dans les retombées atmosphériques en France

### 1.3. Que sait-on sur les métaux lourds ?

#### 1.3.1. Que sont les métaux lourds

Les métaux lourds proviennent principalement de la combustion du charbon et du pétrole, de l'incinération des ordures ménagères et de certains procédés industriels. Le plomb, le mercure, le cadmium, l'arsenic, le chrome, le cuivre, le nickel, le sélénium et le zinc sont les principaux métaux lourds émis dans l'atmosphère par les activités humaines. Ils se retrouvent généralement au niveau des particules (sauf le mercure qui est principalement gazeux). La généralisation de l'essence sans plomb a considérablement fait diminuer les concentrations de ce polluant.

#### 1.3.2. Risque sanitaire

Les métaux lourds peuvent être inhalés directement par l'homme, ou bien contaminer les sols, les eaux, et les aliments, et être ainsi ingérés par l'homme en entrant dans la



chaîne alimentaire. Ils s'accumulent dans les organismes vivants et ont des effets toxiques à court et long terme. Chez l'homme, ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires, ou autres. Certains, comme le cadmium, sont cancérogènes.

#### ► Comment évoluent les émissions de métaux lourds en France ?

Les émissions nationales de cadmium et de mercure ont baissé de 68% entre 1990 et 2005. Celles de plomb ont chuté de 97%, du fait de l'interdiction de l'essence plombée au 1<sup>er</sup> janvier 2000. Les objectifs du protocole d'Aarhus, qui visait à réduire les émissions de cadmium, mercure et plomb en dessous des niveaux de 1990 sont donc déjà respectés. Le Plan National Santé Environnement (2004) vise quant à lui une réduction à l'horizon 2010 de 50% des émissions nationales de cadmium, et de 85% de celles de plomb, par rapport à 2000. L'objectif fixé pour le cadmium a été atteint dès 2004.

### 1.3.3. Niveaux de référence dans l'environnement

#### Mesures dans l'air ambiant :

##### ► ► Décret 2002-213 du 15 février 2002

<b>Valeur limite</b>	0,5 µg/m <sup>3</sup>	moyenne annuelle en <b>2007</b>
<b>Objectif de qualité</b>	0,25 µg/m <sup>3</sup>	pour la moyenne annuelle

Figure 9 : Valeurs réglementaires pour le plomb

##### ► ► Directive n° 2004/107/CE du 15 décembre 2004

Valeur cible <sup>10</sup> à atteindre, au 31 décembre 2012	
<b>Arsenic</b>	6 ng/m <sup>3</sup>
<b>Cadmium</b>	5 ng/m <sup>3</sup>
<b>Nickel</b>	20 ng/m <sup>3</sup>

Figure 10 : Valeurs cibles pour l'arsenic, le cadmium et le nickel

► ► A titre d'information, le tableau suivant présente des recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS):

ng/m <sup>3</sup>	<b>Valeur guide (OMS)</b>	<b>Valeur limite (CSHPF)</b>
Cadmium	5	
Plomb	250	2000
Manganèse	150	

Figure 11 : Valeurs recommandées pour le cadmium, le plomb et le manganèse

<sup>10</sup> Moyenne du contenu total de la fraction PM10 calculée sur l'année civile

Mesures des dépôts :

Il n'existe pas de valeurs limites européennes ou françaises relatives aux métaux lourds dans les retombées atmosphériques mais des valeurs allemandes (norme TA Luft 2002) :

( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ )	<b>Valeur limite TA Luft 2002</b>
Cadmium	2
Mercure	1
Arsenic	4
Plomb	100
Nickel	15
Thallium	2

Figure 12 : Valeurs limites allemandes dans les retombées atmosphériques

## Partie 2 : Stratégie de surveillance

### 2.1. Matériels et type de mesures

Du fait de la présence des dioxines et furanes mais aussi des métaux lourds dans tous les compartiments de l'environnement, de leur persistance et de leur accumulation le long de la chaîne alimentaire, différents types de mesures peuvent être mis en œuvre pour évaluer les niveaux de ces composés : les mesures à l'émission, les mesures dans l'air ambiant, les mesures de retombées atmosphériques, les mesures dans les sols et les sédiments, et les mesures d'imprégnation.

Compte tenu des intérêts qu'elles présentent, COPARLY, ASCOPARG et SUP'AIR ont proposé de décliner le plan de surveillance en se basant sur les méthodes suivantes :

#### ► Mesures dans l'air ambiant

L'obtention des données permet de réaliser les analyses suivantes :

- Comparaison aux valeurs réglementaires (métaux) ;
- Comparaison par rapport à des mesures effectuées sur d'autres types de sites (dioxines/furanes et métaux) ;
- Indication sur l'identification de la source, en comparant notamment les profils de congénères pour les dioxines et furanes avec les mesures à l'émission ;
- Constitution d'une base de données sur les niveaux dans l'air ambiant des dioxines et furanes, utilisable le cas échéant pour l'établissement de valeurs réglementaires et/ou des évaluations d'impact sanitaire.

#### ► ► Pour les métaux lourds

La directive européenne concernant les métaux lourds (2004/107/CE) préconise un prélèvement d'une durée de 24 heures, avec une période minimale de prise en compte de 50% pour des mesures fixes (en cas de dépassement du seuil d'évaluation maximal) et de 14% pour des mesures indicatives.

Cette même directive laisse la possibilité d'augmenter la durée de prélèvement si l'équivalence avec un prélèvement sur 24 heures est démontrée. Un tel travail comparatif a été mené par le LCSQA<sup>11</sup> pour un prélèvement de 7 jours consécutifs.

Cette méthodologie a été retenue dans le plan de surveillance, à savoir 8 prélèvements de 7 jours consécutifs répartis sur 4 campagnes dans l'année (2\*7 jours au printemps, en été, en automne et en hiver) pour les sites d'étude.

Les sites de référence font, quant à eux, l'objet d'une surveillance continue, soit 52 prélèvements consécutifs de 7 jours sur l'année.

Ainsi, il est possible :

- De respecter la période de prise en compte de 14% pour une mesure indicative ;
- D'obtenir des données représentatives des 4 saisons ;
- De comparer les mesures à celles des sites de référence de COPARLY, ASCOPARG et SUP'AIR

---

<sup>11</sup> LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

Conformément aux préconisations des directives européenne et du LCSQA, le préleveur utilisé, identique à ceux des stations fixes COPARLY, ASCOPARG et SUP'AIR, est un appareil de marque Rupprecht & Patashnik, le Partisol Plus, muni d'une tête coupant à 10  $\mu\text{m}$ , avec un débit fixé à 1  $\text{m}^3.\text{h}^{-1}$ .

#### ►► Dioxines et furanes

En l'absence de réglementation pour l'air ambiant, il n'existe pas de norme ou préconisation pour la mesure des dioxines et furanes dans ce milieu. Compte tenu des faibles teneurs présentes dans l'air, il convient de privilégier un débit de prélèvement conséquent et une durée d'échantillonnage suffisante, en évitant le colmatage des supports. Des essais menées par d'autres AASQA<sup>12</sup> en France, notamment AIRPARIF et AIRAQ, ont conduits à retenir les conditions suivantes :

- prélèvement à haut débit avec une durée d'échantillonnage de 5 à 7 jours. Par conséquent, par souci de cohérence avec la période d'échantillonnage des métaux lourds, COPARLY, ASCOPARG et SUP'AIR ont défini la configuration suivante : utilisation d'un appareil de marque DIGITEL, modèle DA80, muni d'une tête coupant à 10  $\mu\text{m}$  avec un débit fixé à 30  $\text{m}^3.\text{h}^{-1}$ , avec une durée d'échantillonnage de 7 jours consécutifs (2 x 3,5j) . 8 prélèvements de 7 jours consécutifs répartis sur l'année sont effectués (2\*7 jours au printemps, en été, en automne et en hiver) pour les sites d'étude. Le site de référence Lyon Centre est investigué en continu (52 prélèvements de 7 jours). Le dispositif de prélèvement permet de recueillir les phases gazeuses et particulaires qui sont ensuite analysées conjointement afin de réduire les coûts d'analyse.

#### ► Mesures de retombées atmosphériques, collecteurs de précipitation

La collecte des retombées atmosphérique fait l'objet d'une norme française (AFNOR NF X 43-006). Elle est relativement simple à mettre en œuvre et moins coûteuse que la méthode de surveillance de l'air ambiant. Il est par conséquent possible d'investiguer simultanément plusieurs sites d'exposition différentes, afin de quantifier la variabilité spatiale des dépôts.

Pour la surveillance d'un émetteur industriel, la méthodologie retenue s'inspire d'un protocole<sup>13</sup> proposé par l'INERIS<sup>14</sup> pour le compte du MEEDDAT<sup>15</sup>. L'emplacement des sites est défini en fonction des données disponibles (modélisation de l'impact des installations d'incinération dans la zone, rose des vents). Pour les sites d'étude, deux campagnes de deux mois sont réalisées, l'une en hiver, l'autre en été. Pour les sites de référence, 6 prélèvements consécutifs de deux mois sont réalisés.

Les mesures s'appuient sur la norme NF X43-014, en utilisant des jauges OWEN d'une contenance de 20 litres (jauges en verre pour les dioxines, en plastique pour les métaux). En 2008, la poursuite du programme de surveillance est effectuée, en concertation avec le laboratoire d'analyse, avec des jauges de moindre contenance avec une diminution de la surface des entonnoirs de collecte. Ce changement a été décidé en raison du volume d'échantillon important obtenu lors des périodes enregistrant des fortes précipitations.

---

<sup>12</sup> AASQA : Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air

<sup>13</sup> Méthode de surveillance des retombées de dioxines et furanes – Rapport final – Marc DURIF – INERIS – 1<sup>er</sup> décembre 2001

<sup>14</sup> INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

<sup>15</sup> MEEDDAT : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire

## ► Analyses

### ► ► Les métaux lourds

Les analyses sont effectuées par le laboratoire CARSO, par ICP/MS<sup>16</sup> après minéralisation aux micro-ondes.

### ► ► Dioxines et furanes

Les analyses de dioxines et furanes sont effectuées en utilisant un chromatographe capillaire haute résolution couplé à un spectromètre de masse haute résolution. Le laboratoire CARSO, accrédité COFRAC, a été choisi pour la réalisation de ces analyses.

## ► Blancs

Des blancs de terrain sont effectués à chaque campagne, pour les mesures dans l'air ambiant et dans les dépôts.

## 2.2. Choix des composés mesurés

► Métaux lourds : les composés surveillés sont en priorité ceux pour lesquels il existe une réglementation dans l'air ambiant (valeur cible), à savoir l'arsenic, le cadmium, le nickel et le plomb, composés présents sous forme particulaire.

Avant 2006, COPARLY, ASCOPARG et SUP'AIR suivaient en continu les concentrations en arsenic, cadmium, chrome, nickel, plomb et zinc sur deux stations fixes de l'agglomération lyonnaise, « Etats-Unis » (proximité trafic) et « Vénissieux village » (proximité industrielle) et une station fixe de l'agglomération grenobloise, « Les Frênes » (site urbain). Les résultats enregistrés montrent des valeurs moyennes annuelles inférieures aux valeurs cibles préconisées, avec des élévations ponctuelles un peu plus marquées et plus fréquentes sur le site industriel.

Dans le cadre de ce programme de surveillance, la liste des composés étudiés a été élargie afin de prendre en compte d'autres métaux particuliers susceptibles d'être émis par l'activité d'incinération : antimoine, cobalt, cuivre, manganèse, mercure, thallium, et vanadium.

► Dioxines et furanes : il s'agit de surveiller les 17 congénères précédemment cités afin notamment d'accéder à une concentration en équivalent toxique (ITEQ).

<b>Dioxines et furanes – 17 congénères les plus toxiques</b>	
Nom	Abréviation
Tétrachloro-2,3,7,8 dibenzoparadioxine	2,3,7,8 TCDD
Pentachloro-1,2,3,7,8 dibenzoparadioxine	1,2,3,7,8 PeCDD
Hexachloro-1,2,3,4,7,8 dibenzoparadioxine	1,2,3,4,7,8 HxCDD
Hexachloro-1,2,3,6,7,8 dibenzoparadioxine	1,2,3,6,7,8 HxCDD
Hexachloro-1,2,3,7,8,9 dibenzoparadioxine	1,2,3,7,8,9 HxCDD
Heptachloro-1,2,3,4,6,7,8 dibenzoparadioxine	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD
Octachloro-1,2,3,4,6,7,8 dibenzoparadioxine	OCDD
Tétrachloro-2,3,7,8 dibenzofurane	2,3,7,8 TCDF
Pentachloro-2,3,4,7,8 dibenzofurane	1,2,3,7,8 PeCDF
Pentachloro-1,2,3,7,8 dibenzofurane	2,3,4,7,8 PeCDF
Hexachloro-1,2,3,4,7,8 dibenzofurane	1,2,3,4,7,8 HxCDF
Hexachloro-1,2,3,6,7,8 dibenzofurane	1,2,3,6,7,8 HxCDF
Hexachloro-1,2,3,7,8,9 dibenzofurane	2,3,4,6,7,8 HxCDF
Hexachloro-2,3,4,6,7,8 dibenzofurane	1,2,3,7,8,9 HxCDF
Heptachloro-1,2,3,4,6,7,8 dibenzofurane	1,2,3,4,6,7,8 HpCDF
Heptachloro-1,2,3,4,7,8,9 dibenzofurane	1,2,3,4,7,8,9 HpCDF
Octachloro-1,2,3,4,6,7,8,9 dibenzofurane	OCDF

<sup>16</sup> ICPMS : Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometer

## 2.3. Mise en place des stations de référence

Deux sites<sup>17</sup> en dehors de la zone d'influence d'incinérateurs ont été choisis comme référence afin de réaliser une surveillance continue sur l'année.

► Une station urbaine « Lyon Centre », installée en plein cœur du 3<sup>ème</sup> arrondissement de Lyon depuis septembre 2006. Cette dernière a été équipée d'un préleveur pour les dioxines/furanes et d'un préleveur pour métaux lourds dans l'air ambiant et de 2 jauges de retombées de type Owen permettant les mesures de métaux lourds et de dioxines/furanes.

► Un site rural situé en périphérie de la commune de Saint-Germain-au-Mont-d'Or, dans le département du Rhône, à 20 km au nord de Lyon. Le terrain est un enclos herbeux au-dessus d'un réservoir d'eau potable. Ce site est équipé de 2 jauges Owen permettant la mesure des métaux lourds et des dioxines/furanes dans les retombées.

## 2.4. Développement de la connaissance sur les sources d'émission

### 2.4.1. Mise en œuvre d'un inventaire des émissions spatialisé

#### a) Qu'est-ce qu'un inventaire ?

Un inventaire spatialisé des émissions de polluants atmosphériques, ou cadastre des émissions, est un bilan des émissions sur une zone géographique donnée, à une période donnée, pour l'ensemble des activités susceptibles d'émettre des polluants sur cette zone.

#### b) A quoi sert un cadastre des émissions ?

Un cadastre des émissions permet d'une part d'avoir une information quantitative sur les rejets de polluants, d'autre part de connaître la contribution de chaque secteur d'activités dans les émissions de la zone d'étude. Il est utilisé dans l'évaluation d'impacts environnementaux et pour informer les décideurs publics.

#### c) Comment est-il réalisé ?

La réalisation d'un cadastre des émissions polluantes est essentiellement un travail de collecte et de recoupements de données qui doit être le plus complet possible. L'exhaustivité dépend principalement de la qualité des données collectées (statistiques, observations, déclarations) qui représente un travail important et continu. Les données de base (facteurs d'émissions, activité) étant parfois mal connues, il est nécessaire de les extrapoler.

Un inventaire des émissions résulte du calcul des émissions de polluant émis par type d'activité. A la base, une émission est calculée en multipliant une quantité d'activité (tonne produite, tonne de fioul consommée, nombre de kilomètres parcourus, nombre de salariés...) par un facteur d'émission approprié issu d'expériences météorologiques ou de modélisation:

$$E_{s,a,t} = A_{a,t} \times F_{s,a}$$

<sup>17</sup> Détails en Annexe 3 : Sites de références

Avec :

E : émission relative à la substance « s » et à l'activité « a » pendant le temps « t »

A : quantité d'activité relative à l'activité « a » pendant le temps « t »

F : facteur d'émission relatif à la substance « s » et à l'activité « a ».

Dans certains cas, les émissions sont déterminées par des relations mathématiques beaucoup plus complexes faisant intervenir de nombreux paramètres. C'est le cas notamment du trafic routier.

Pour d'autres sources déjà recensées (déclaration des émissions polluantes de certains établissements industriels à la DRIRE), elles n'ont pas besoin d'être calculées. L'application de facteurs d'émission ne signifie pas pour autant que les émissions réelles sont rigoureusement identiques à celles calculées, mais qu'à défaut de connaissances plus précises, cette détermination est censée s'en approcher le plus.

Les facteurs d'émissions sont obtenus par une recherche bibliographique, au travers d'articles scientifiques ou d'ouvrages spécialisés sur les émissions polluantes. La quantité d'activité est rarement connue et fait appel à des hypothèses ou des modélisations. De nombreuses statistiques ou enquêtes sont utilisées pour réaliser un inventaire des émissions (enquêtes de l'INSEE sur les logements, consommations régionales par secteur d'activité, ventes de carburant...). Le facteur d'émission est l'élément de base au calcul d'une émission.

Les facteurs d'émission sont associés à des incertitudes parfois élevées, par conséquent il est important de s'assurer au mieux de son adéquation avec l'activité considérée. Les incertitudes sur l'évaluation des émissions sont complexes à estimer et peuvent être importantes pour certains composés. Un certain nombre de programmes de recherche visent actuellement à les estimer. Cependant l'utilisation de ces données au travers des outils de modélisation permettent de valider la cohérence des résultats obtenus par les outils de prévision et des analyses de comparaison des résultats avec d'autres sources de données (européennes, nationales...) sont réalisées pour analyser les écarts.

Selon le résultat souhaité, le temps et les données disponibles, les méthodes de calcul sont différentes, plus ou moins poussées, mais s'accordent à suivre certaines classifications. Ces dernières permettent de calculer les émissions méthodologiquement, et de rapporter les résultats de manière compréhensible et logique.

La nomenclature utilisée pour les calculs et la classification des activités émettrices est issue de la SNAP (voir Annexe 19 : Selected Nomenclature for Air Pollution) au niveau le plus fin (niveau 3). Cette nomenclature SNAP est particulièrement bien adaptée pour la réalisation de l'inventaire d'émissions compte tenu de son utilisation par les principales références méthodologiques européennes (CORINAIR) et nationales. Elle comporte 11 niveaux, chacun étant divisé en sous-niveaux. Cette nomenclature permet d'identifier au niveau le plus fin la nature de l'activité.

Les 11 niveaux principaux sont :

- 01 – Combustion dans les industries de l'énergie et de la transformation d'énergie
- 02 – Combustion hors industrie
- 03 – Combustion dans l'industrie manufacturière
- 04 – Procédés de fabrication
- 05 – Extraction et distribution de combustibles fossiles / énergie géothermique
- 06 – Utilisation de solvants et autres produits
- 07 – Transport routier
- 08 – Autres sources mobiles et machines
- 09 – Traitement et élimination des déchets
- 10 – Agriculture et sylviculture
- 11 – Autres sources et puits

Les calculs sont méthodologiquement différents selon la classe SNAP considérée et le type de source d'émission :

- Ponctuelle (Ex : Industrie importante),
- Linéique (Ex : transport routier),
- Surfactive (Ex : chauffage domestique)

Les résultats des calculs d'un inventaire d'émissions doivent être présentés conformément aux attentes des utilisateurs. Si la nomenclature d'élaboration (généralement la SNAP) est de préférence unique (notamment pour des raisons de compatibilité), les nomenclatures de restitution sont donc multiples et adaptables, en fonction des substances, des périmètres d'étude, des sources à considérer...

L'un des formats les plus utilisés est le format SECTEN (SECTeurs économiques et ENergie). Ce format a été proposé par le CITEPA afin de mettre en évidence les contributions des acteurs traditionnels de l'économie et des différentes énergies fossiles ou de la biomasse.

Le format SECTEN est constitué de 7 secteurs principaux :

- « production, transformation et distribution d'énergie »,
- « industrie manufacturière »
- « résidentiel / tertiaire »
- « transport routier »
- « agriculture / sylviculture »
- « autres transports »
- « autres secteurs ou indifférencié »

Par convention, les émissions du trafic maritime et aérien international, les sources non anthropiques et ne sont pas incluses dans les émissions totales.

L'utilisation d'informations géographiques, comme la couverture du territoire, permet d'affiner la répartition géographique des émissions.

La résolution temporelle d'un inventaire est généralement annuelle. Des clefs de répartition peuvent être appliquées afin d'augmenter cette résolution.

#### **d) Méthodologie adoptée pour cet inventaire**

- Secteur résidentiel :

Les données d'activité proviennent de l'enquête Détails Logements réalisée par l'INSEE en 1999. Elle fait le recensement de tous les logements de Rhône-Alpes, ainsi que d'informations indispensables comme le type de chauffage, l'année de construction, le combustible utilisé pour le chauffage...

A partir de ces informations et d'hypothèses sur les combustibles utilisés pour la cuisson et la production d'eau chaude sanitaire, des facteurs de consommation énergétique par type de logement sont appliqués (étude POLYEN).

Des facteurs d'émission par polluant et par combustible ont été appliqués aux consommations énergétiques.

- Secteur tertiaire :

Les données d'activité proviennent de données relatives à l'emploi UNIstatis (UNEDIC), des données de consommation énergétique régionale évaluées par l'Observatoire de l'Energie, et des données de consommations du CEREN. Des facteurs d'émission par polluant et par combustible ont été appliqués aux consommations énergétiques.

- Secteur Industrie et Energie :



Les données d'activité proviennent de la DRIRE par l'intermédiaire des questionnaires relatifs aux rejets annuels de polluants pour l'année 2003 (quelques 550 établissements investigués) et par l'intermédiaire des déclarations d'émissions polluantes pour l'année 2005. Les questionnaires contiennent notamment les informations relatives aux consommations de combustibles, aux quantités de production, au code NAF (Nomenclature des Activités Françaises) et aux déclarations d'émissions de polluants. Lorsque les émissions ne sont pas déclarées pour un polluant donné, elles sont calculées à partir des données de consommations ou de production 2003 affectées d'un facteur d'émission (le code NAF de l'établissement aidant à trouver le facteur d'émission approprié à l'activité polluante de l'établissement).

- Secteur transport routier :

Les émissions issues du transport routier considérées dans cet inventaire sont de deux sortes : la pollution à l'échappement et celle issue de l'usure des pneus et des plaquettes de freins.

Le traitement du secteur routier est complexe et fait appel à des méthodologies propres à ce secteur pour modéliser les flux de trafic sur lesquels vont être appliqués des facteurs d'émissions. La méthodologie la plus utilisée en Europe a été appliquée : COPERT IV (Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport).

Les facteurs d'émission utilisés proviennent de COPERT IV, AEA Energy & Environment, InVS et CITEPA.

Polluant	Emissions à l'échappement	Emissions à l'usure des plaquettes de freins	Emissions à l'usure des plaquettes des pneus
As	√	√	√
Cd	√	√	√
Cr	√	√	√
Cu	√	√	√
Hg	√	Ø	Ø
Ni	√	√	√
Pb	Ø	√	√
Zn	√	√	√
Sb	Ø	√	√
Co	Ø	√	√
Mn	√	√	√
V	√	√	√
Ba	Ø	√	√
Se	√	√	√
PCDD/F	√	Ø	Ø
TI	Ø	Ø	Ø
CrVI	Ø	Ø	Ø

Figure 13 : type d'émissions issues du transport routier considérées par polluant (Ø signifie « pas d'émissions »)

- Le brûlage à l'air libre de câbles électriques :

Ce secteur concerne les émissions de dioxines et furanes lors de l'incinération « sauvage » de câbles électriques pour en récupérer le métal.

Disposant uniquement d'une valeur d'émission à l'échelle nationale (40 g ITEQ par an), cette valeur est désagrégée spatialement afin d'obtenir des émissions sur des entités géographiques plus petites. Jusqu'à présent, la méthode utilisée consiste à désagréger spatialement les émissions en les projetant au prorata de la densité de population, en supposant que les émissions de la région Rhône-Alpes représentent environ 10% des émissions nationales. Dans le cadre de ce travail, les émissions nationales ont été projetées à l'échelle de la commune au prorata du nombre d'habitants. Il convient donc

d'être vigilant lors de l'interprétation des résultats obtenus. En effet, cette méthode suppose une répartition homogène sur toutes les communes de la région, ce qui est peu probable. Les résultats obtenus ici servent surtout à montrer que la contribution de cette activité, quand elle a lieu, est importante.

- Secteur ferroviaire :

Ce secteur a été traité afin de prendre en compte les émissions de cuivre dues à l'usure des caténaires. Le repérage géographique des lignes a été réalisé à partir d'une carte fournie par Réseau Ferré de France. Un facteur d'émission de Cuivre par kilomètre de voie a été appliqué.

#### **2.4.2. Intérêt de l'inventaire des émissions dans le programme de surveillance**

Un inventaire d'émissions spatialisé permet, sur une zone donnée, de quantifier la part de chaque secteur (transport, industrie, résidentiel...) dans les émissions de chaque polluant. Dans le cadre des campagnes de mesures réalisées pour le programme de surveillance, le cadastre des émissions permet de mettre en parallèle les niveaux de pollution mesurés sur une zone donnée avec les émissions de cette même zone.

#### **2.4.3. Résultats**

L'année de référence du cadastre est 2005.

Le format de restitution choisi est une adaptation du format SECTEN, les secteurs Industrie et Energie ayant été fusionnés pour des raisons pratiques.

Les 17 polluants considérés sont : As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn, PCDDF, Sb, Co, Tl, V, Ba, CrVI et Se.

Les émissions industrielles des 7 polluants Sb, Co, Tl, V, Ba, CrVI et Se sont encore peu connues et probablement sous-estimées. Les données d'émission concernant ces polluants sont rares et par conséquent difficiles à calculer. Il est nécessaire de pousser l'investigation plus loin pour affiner à l'avenir ces données. En raison de l'incertitude sur ces résultats, ces derniers sont présentés mais ne seront pas commentés.

##### **a) Résultats à l'échelle de la région**

Ces résultats sont présentés dans *Figure 14* et *Figure 15*.

Très nettement, les métaux sont émis majoritairement par le secteur Industrie – Energie. Le cuivre est émis en très grande proportion par le secteur routier (usure des plaquettes de frein) et par le secteur ferroviaire (usure des caténaires). Le zinc est également émis en forte proportion par le transport routier.

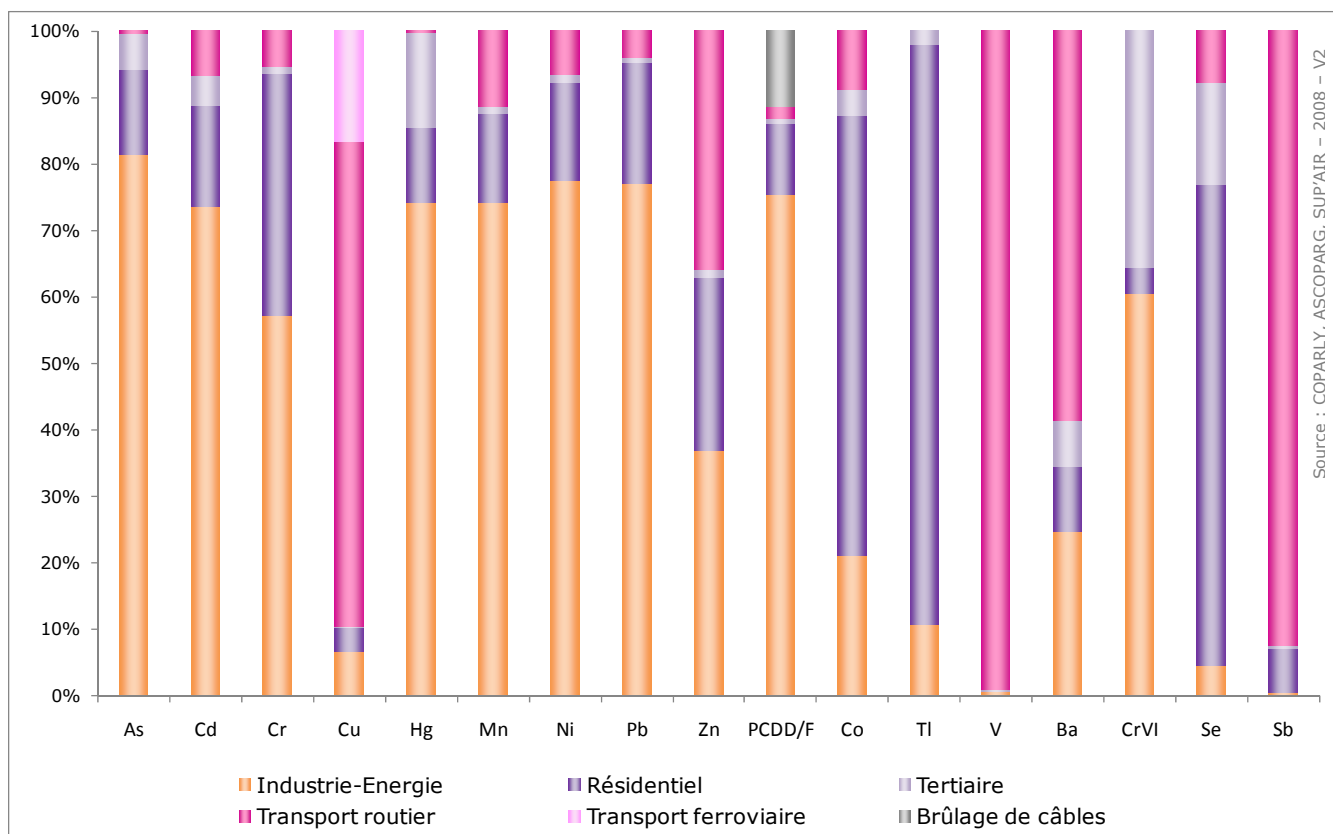


Figure 14 : Répartition sectorielle des émissions de métaux et dioxines/furanes sur la région Rhône-Alpes

	Résidentiel	Tertiaire	Transport routier	Transport ferroviaire	Industrie/Energie	Brûlage de câbles	TOTAL
<b>As (kg)</b>	111	48	3	-	716	-	<b>878</b>
<b>Cd (kg)</b>	126	37	56	-	608	-	<b>827</b>
<b>Ni (kg)</b>	1 017	78	453	-	5 315	-	<b>6 864</b>
<b>Pb (kg)</b>	3 108	119	689	-	13 091	-	<b>17 006</b>
<b>Hg (kg)</b>	54	70	0,5	-	359	-	<b>483</b>
<b>Cr (kg)</b>	2 566	75	377	-	4 051	-	<b>7 069</b>
<b>Cu (kg)</b>	1 234	90	24 609	5 577	2 252	-	<b>33 761</b>
<b>Zn (kg)</b>	11 087	493	15 320	-	15 671	-	<b>42 570</b>
<b>Mn (kg)</b>	1 295	101	1 097	-	6 999	-	<b>9 492</b>
<b>Co (kg)</b>	84	5	11	-	27	-	<b>127</b>
<b>Tl (kg)</b>	91	2	-	-	11	-	<b>104</b>
<b>V (kg)</b>	76	30	102 683	-	908	-	<b>103 697</b>
<b>Ba (kg)</b>	95	68	567	-	239	-	<b>969</b>
<b>CrVI (kg)</b>	1	10	-	-	17	-	<b>29</b>
<b>Se (kg)</b>	604	129	65	-	37	-	<b>836</b>
<b>Sb (kg)</b>	154	7	2 142	-	12	-	<b>2 315</b>
<b>PCDD/F (g ITEQ)</b>	4	0,3	0,7	-	26	4	<b>34</b>

Source : COPARLY, ASCOPARG, SUP'AIR – 2008 – V2

Figure 15 : Bilan sectoriel des émissions de métaux et dioxines/furanes sur la région Rhône-Alpes

Les dioxines et furanes sont émises également majoritairement par le secteur Industrie – Energie et le brûlage de câbles. Depuis la mise en conformité des incinérateurs fin 2005, leurs émissions de dioxines et furanes ont été divisées par 10 en 2006. La part des

émissions de dioxines et furanes liée au secteur Industrie – Energie a donc baissé et la proportion du brûlage non contrôlé est devenue plus importante. Ce phénomène est illustré par la

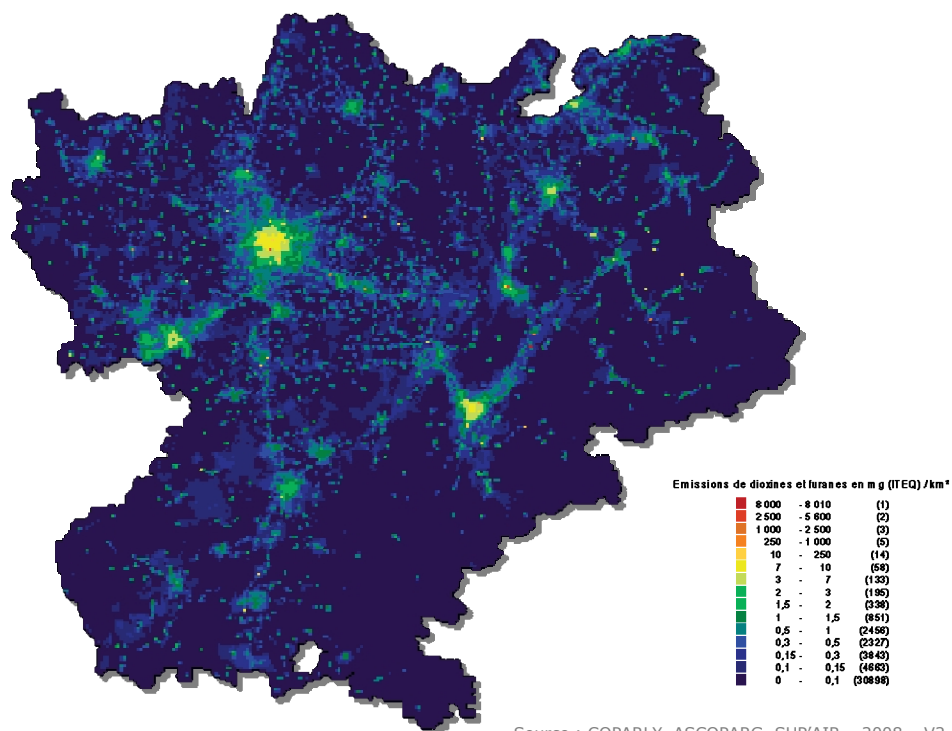
Figure 16, où la répartition des émissions de dioxines et furanes après mise aux normes des incinérateurs a été estimée.



Source : COPARLY, ASCOPARG, SUP'AIR – 2008 – V2

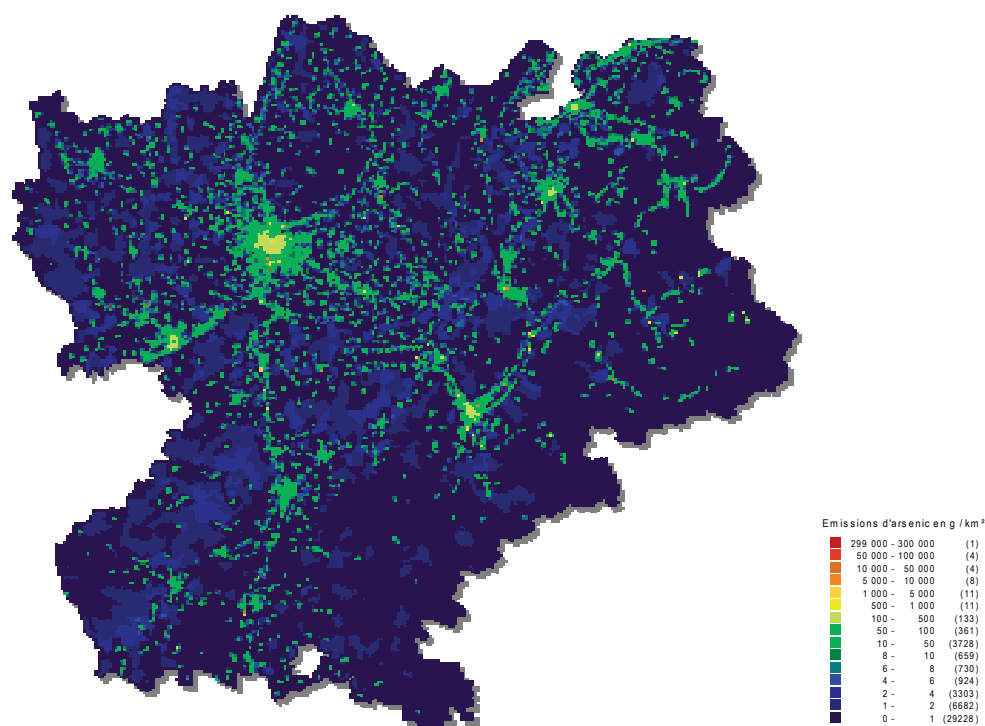
Figure 16 : Répartition sectorielle des émissions de dioxines et furanes sur la région Rhône-Alpes, avant mise aux normes des incinérateurs et après mise aux normes (estimation)

Le cadastre étant réalisé à une fine échelle spatiale, on est en mesure pour chaque polluant de cartographier les émissions à l'échelle kilométrique, comme l'illustre la Figure 17 pour les dioxines/furanes et la Figure 18 pour l'Arsenic. C'est grâce à cette fine résolution que l'on peut calculer les émissions sur une zone choisie.



Source : COPARLY, ASCOPARG, SUP'AIR – 2008 – V2

Figure 17 : Répartition spatiale des émissions de dioxines/furanes sur la région Rhône-Alpes en 2005



Source : COPARLY, ASCOPARG, SUP'AIR – 2008 – V2

Figure 18 : Répartition spatiale des émissions d'Arsenic sur la région Rhône-Alpes en 2005

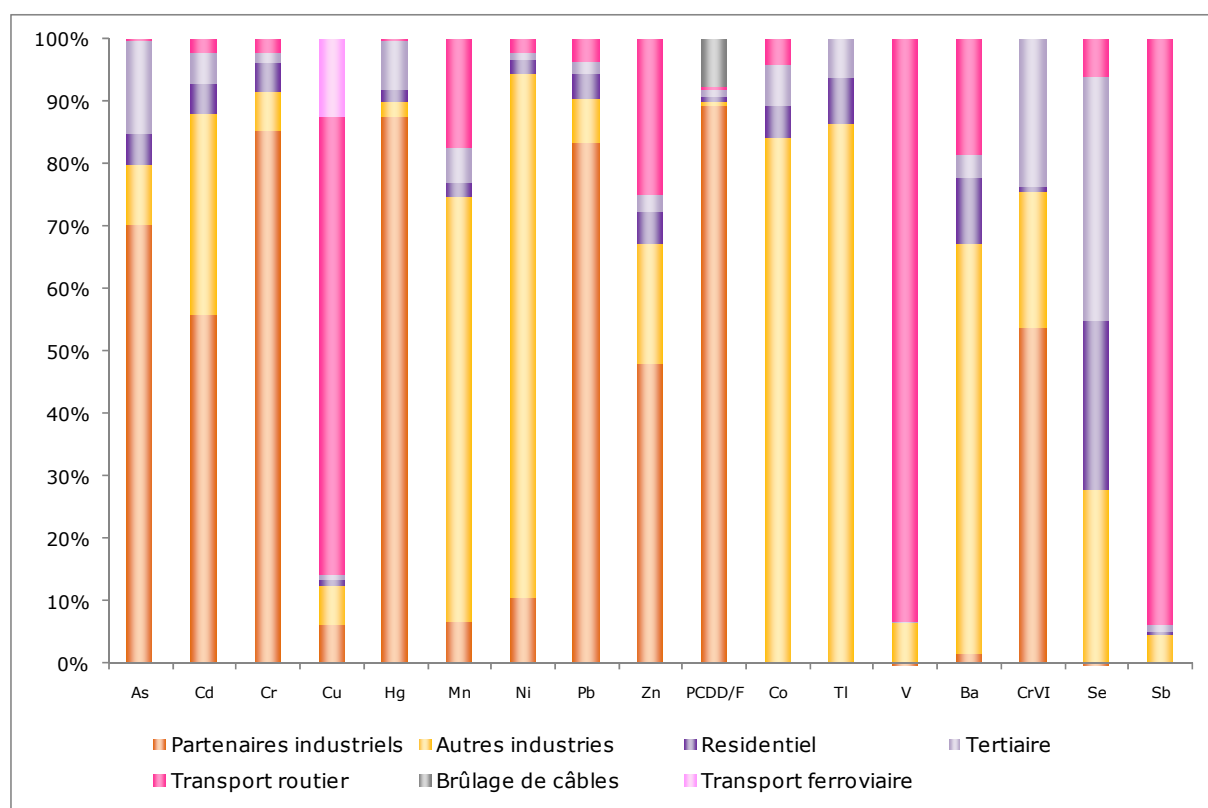
b) Résultats pour l'ensemble des 8 communes<sup>18</sup> participant au programme de surveillance

Ces résultats sont présentés ci-dessous sur la *Figure 19*.

La répartition des émissions pour l'ensemble des 8 communes diffère de la répartition régionale dans le sens où les parts des secteurs résidentiel et tertiaire sont beaucoup plus faibles, et celle du secteur industriel est plus élevée, ce qui est cohérent avec la présence de zones industrielles.

En séparant la contribution des émissions provenant des industries participant au programme de surveillance et celle des autres industries, la part prépondérante des émissions des industries partenaires est nettement mise en évidence pour les PCDD/F et certains métaux lourds comme l'Arsenic, le Plomb ou le Mercure.

<sup>18</sup> Incluant les communes de Pont-de-Claix et Rillieux-la-Pape (programme de surveillance 2008)



Source : COPARLY, ASCOPARG, SUPAIR - 2008 - V2

Figure 19 : Répartition sectorielle des émissions de métaux et dioxines/furanes pour l'ensemble des 8 communes

c) Résultats sur chacune des 8 communes<sup>19</sup> pour les 10 polluants principaux (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn et PCDD/F)

Les répartitions sectorielles des émissions sur chacune des communes permettent de mettre en évidence les spécificités plus locales liées à une commune en particulier ou à un polluant. Ces résultats sont présentés sur la *figure 20* pour les 10 polluants principaux.

Le mercure (Hg) est le polluant pour lequel la part des émissions des partenaires industriels est majoritaire sur le plus grand nombre de communes (toutes sauf Neuville-sur-Saône).

Le cas du plomb (Pb), du chrome (Cr) et des dioxines et furanes (PCDD/F) est à peu près similaire puisque pour ces 3 polluants la part des émissions des partenaires industriels est majoritaire sur 6 des 8 communes.

A l'inverse, le cuivre (Cu) est le seul polluant pour lequel la part des émissions des partenaires industriels n'est majoritaire sur aucune des communes. Cela s'explique par le fait que les communes concernées sont traversées par des grands axes routiers et ferroviaires (activités fortement émettrices de cuivre).

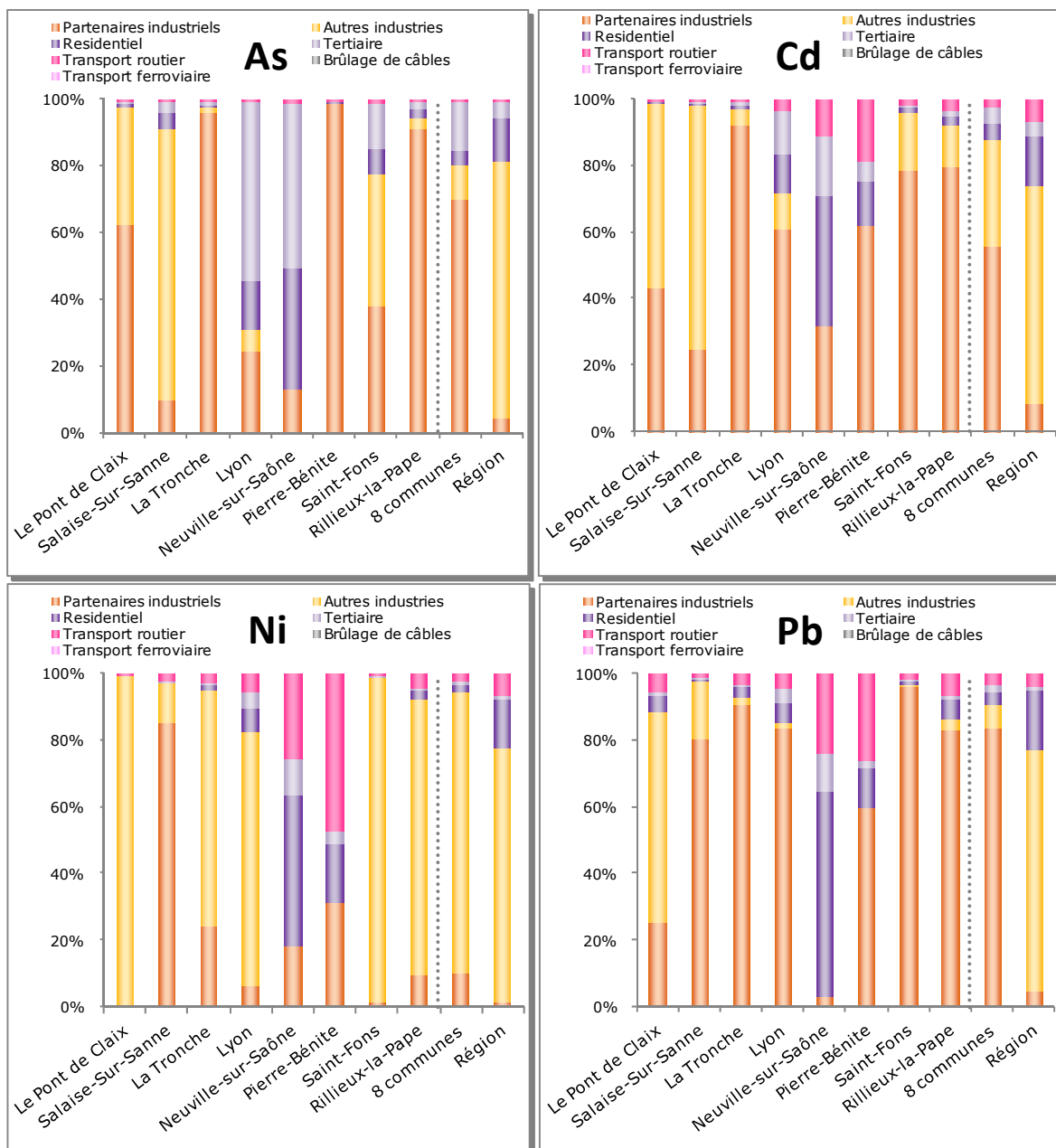
Le nickel (Ni), le zinc (Zn) et le manganèse (Mn) sont des polluants pour lesquels la part des émissions des partenaires industriels est majoritaire sur peu de communes.

La Tronche, Lyon, Salaise-sur-Sanne, Pierre-Bénite et Rillieux-la-Pape sont les communes pour lesquelles la part des émissions des partenaires industriels est majoritaire pour le plus grand nombre de polluants (6 polluants sur 10).

Neuville-sur-Saône est la commune pour laquelle le profil des émissions se différencie le plus, puisque les émissions du partenaire industriel ne sont jamais majoritaires.

<sup>19</sup> Incluant les communes de Pont-de-Claix et Rillieux-la-Pape (programme de surveillance 2008)

Enfin, Le pont de Claix et Saint-Fons sont des communes pour lesquelles la part des émissions des partenaires industriels est majoritaire pour très peu de polluants.



Source : COPARLY, ASCOPARG, SUP'AIR - 2008 - V2



Figure 20 : Répartition sectorielle des émissions de métaux et dioxines/furanes pour chacune des 8 communes pour les polluants principaux



## d) Comparaison des données d'émissions par zone d'études

Le travail d'inventaire et de cadastrage des émissions réalisé dans le cadre de ce programme, permet de réaliser des premiers croisements entre les émissions de PCDD/F ou métaux lourds sur les différentes zones d'études avec les concentrations dans l'air ou les retombées observées.

Dans l'exemple de cartographie ci-après, sont représentées les émissions kilométriques annuelles du Manganèse sur la zone « sud lyonnais » et les concentrations annuelles dans les retombées atmosphériques observées sur les points de mesure.

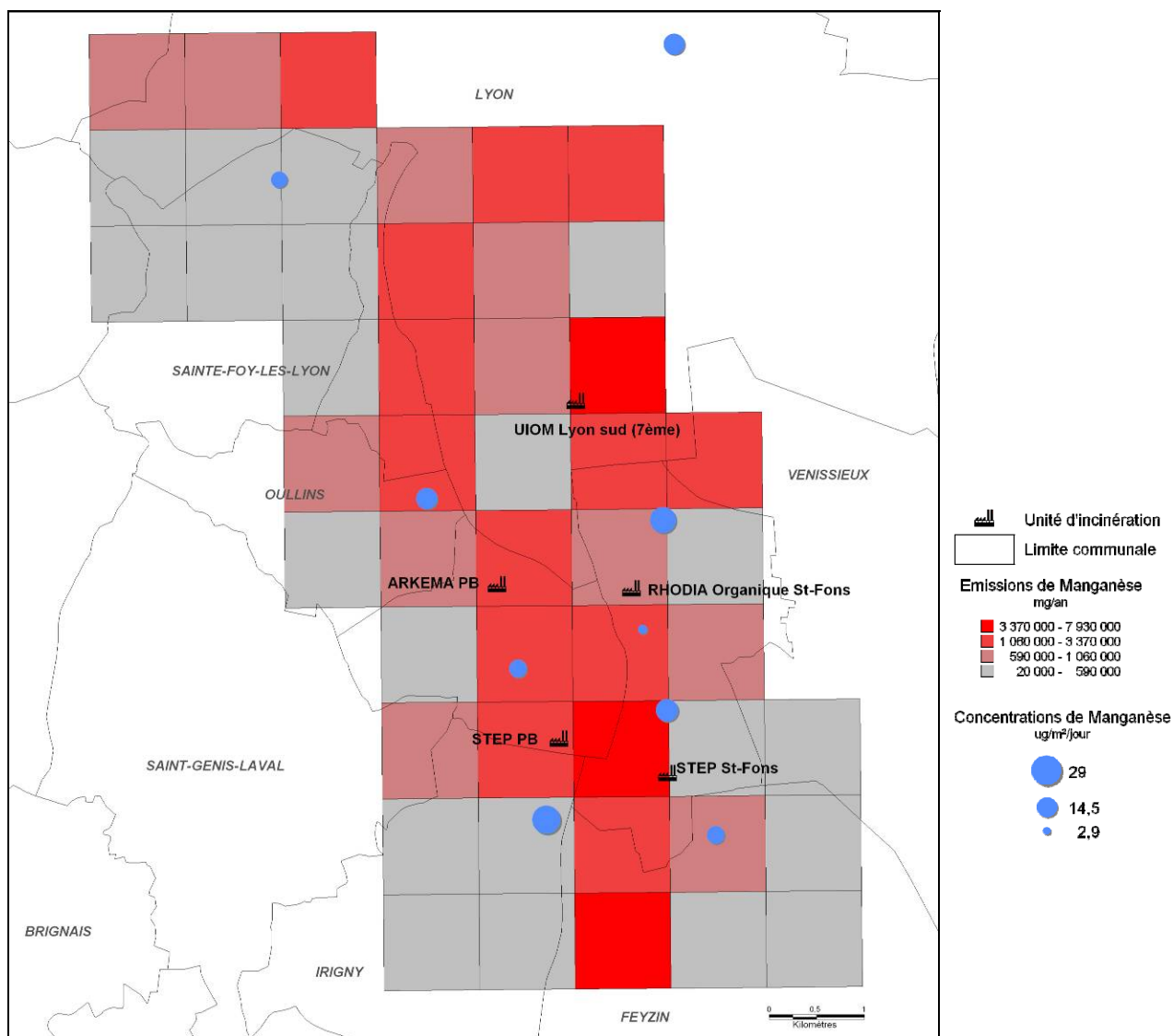


Figure 21 : Cadastre des émissions de manganèse sur la zone « sud lyonnais »

A ce stade des travaux, ces informations permettent de conforter les résultats de mesures sur chaque zone, à un stade plus avancé ces informations permettront l'étude des corrélations entre les émissions et les concentrations dans l'air ou les retombées.

## 2.5. Stratégie de mesure à proximité d'un incinérateur

Les sites retenus ont pour objectif d'appréhender les niveaux de retombées maximales sur les zones étudiées, de caractériser l'exposition maximale de la population et d'évaluer également les concentrations auxquelles personne n'échappe dans le secteur géographique concerné.

Les sites d'étude dans la zone d'influence d'incinérateurs ont été choisis en s'appuyant, lorsqu'elles étaient disponibles, sur les études de modélisation mettant en évidence les zones de retombées.

Le plan de surveillance établi en 2006-2007 avait pour objectif l'étude des zones suivantes :

- **Concernant les retombées atmosphériques**, dans les départements du Rhône et de l'Isère :
  - Le sud lyonnais (10 sites)
  - Le Val de Saône : secteur de Neuville (2 sites)
  - La Vallée du Rhône : zone de Roussillon / Salaise-sur-Sanne (2 sites)
  - L'agglomération grenobloise (2 sites)
- **Concernant l'air ambiant sur 2 zones en 2006 (2 campagnes) et 2 zones en 2007 (4 campagnes)**, dans les départements du Rhône et de l'Isère :
  - Sud lyonnais : 2 sites en 2006, 2 autres sites en 2007
  - Val de Saône : 1 site en 2006
  - Agglomération grenobloise : 1 site en 2007

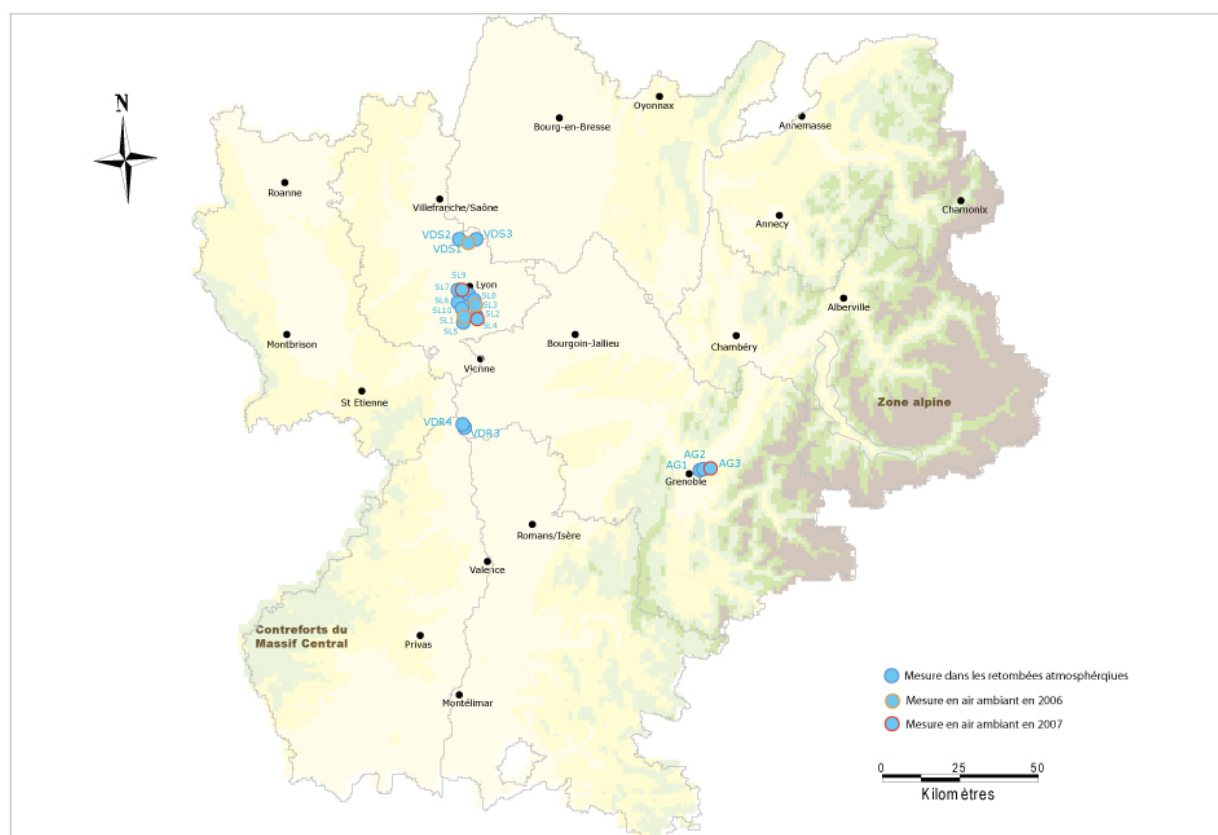


Figure 22 : Carte des points de mesures 2006-2007

## 2.6. Calendrier des mesures 2006-2007

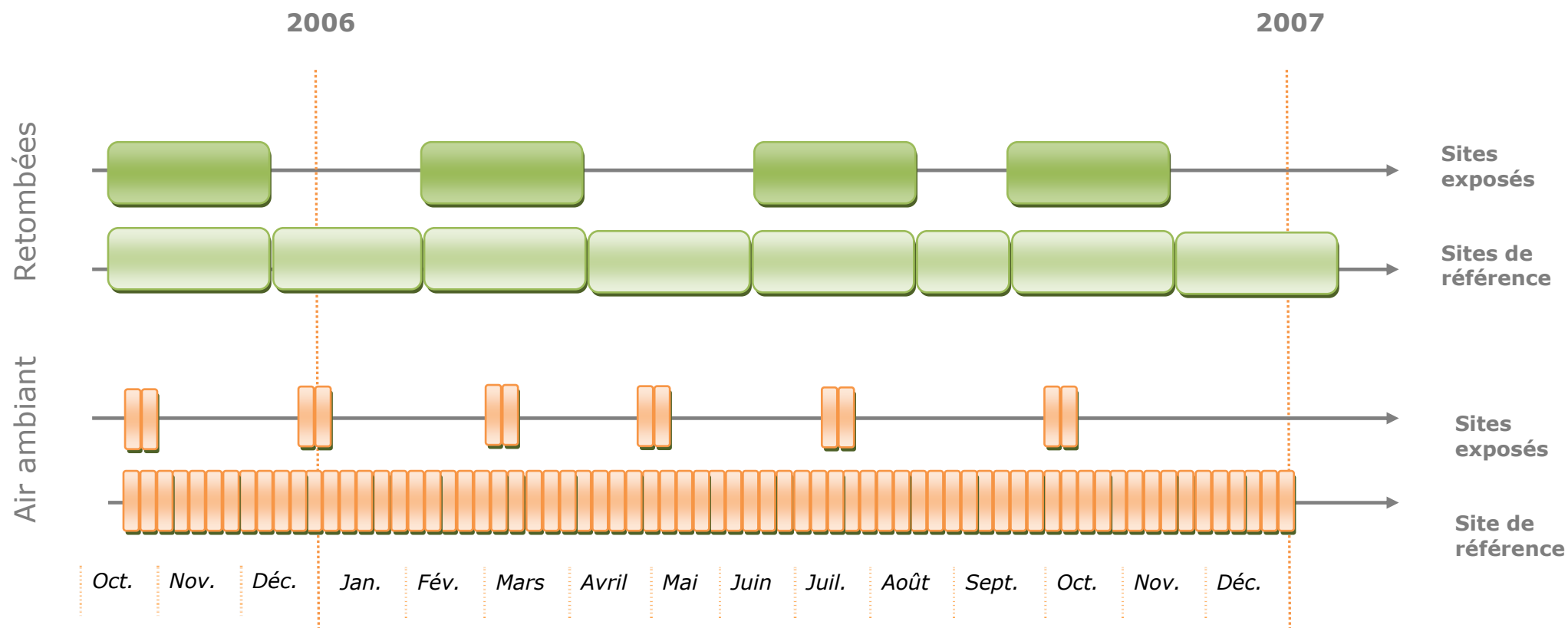


Figure 23 : Plannings des campagnes de mesures 2006/2007

## Partie 3 : Principaux résultats

### 3.1. Conditions météorologiques des campagnes

#### 3.1.1. Saisonnalité

Sites -Air ambiant	Nb campagnes réalisées	Saisonnalité
Feyzin	4	Hiver, printemps, été, automne 2007
Meylan	4	Hiver, printemps, été, automne 2007
Curis-au-Mont-D'Or	2	Automne, hiver 2006
Gerland	4	Hiver, printemps, été, automne 2007
Lyon centre	Surveillance continue	Depuis novembre 2006
Pierre-Bénite	2	Automne, hiver 2006
Saint-Fons	2	Automne, hiver 2006

Figure 24 : Récapitulatif du nombre de campagnes de mesures réalisées en 2006/2007

#### 3.1.2. Comparaison aux normales saisonnières de température

##### a) Températures

Dans le Rhône :

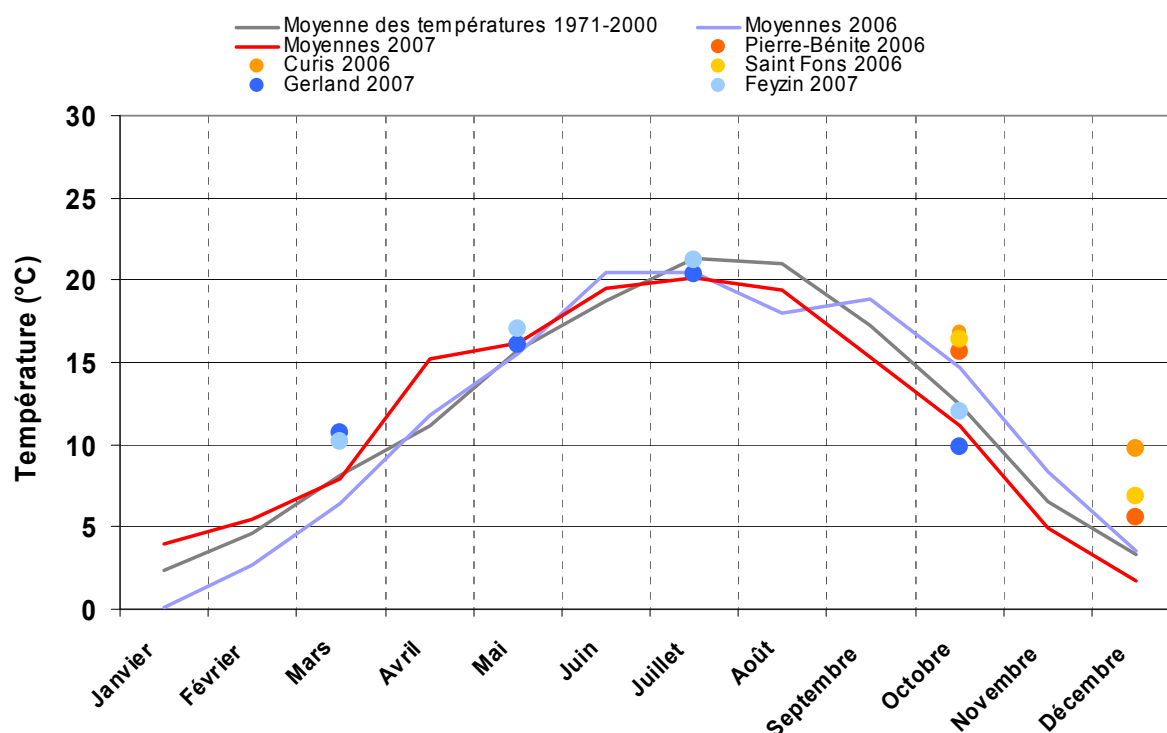


Figure 25 : Evolution mensuelle de la température à Lyon Bron (source Météo France)

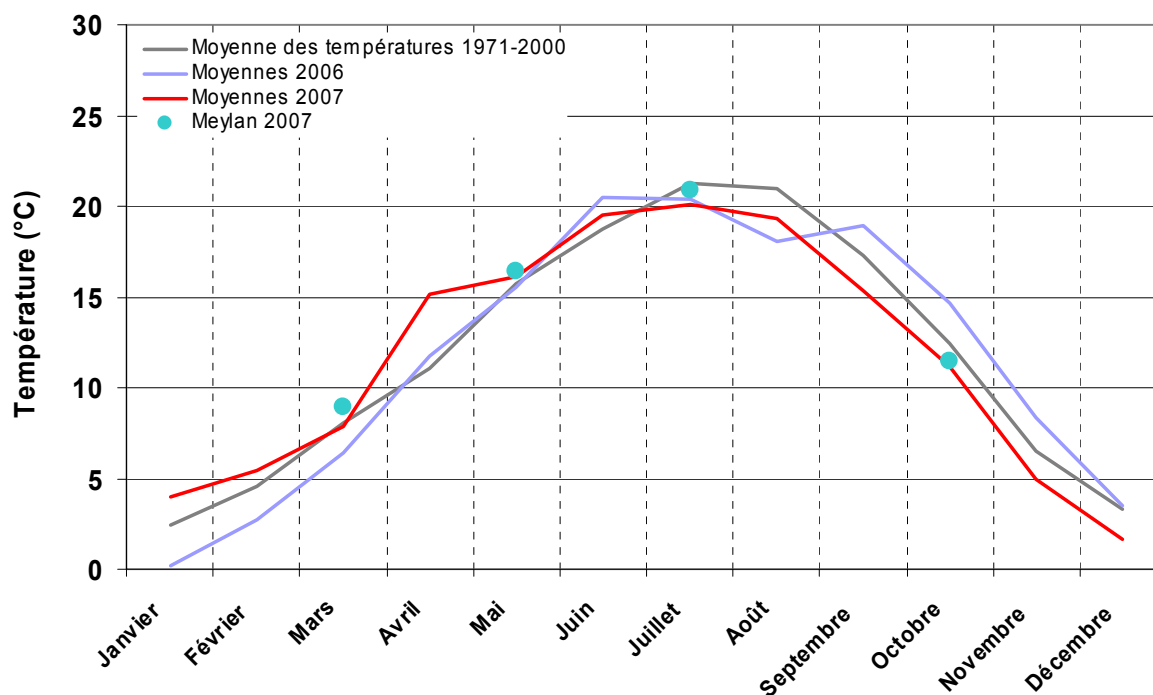
En Isère :

Figure 26 : Evolution mensuelle de la température au Versoud  
(source Météo France)

Globalement, les années 2006 et 2007 présentent des périodes s'écartant des normales saisonnières. La température de l'année 2006 est particulièrement au-dessus des normales sur la région lyonnaise ; la tendance étant moins marquée pour l'agglomération grenobloise.

L'hiver et le printemps 2007 sont également plus doux que les normales avec toujours une variation plus importante à Lyon par rapport à Grenoble. Concernant les différences d'amplitude entre Lyon et Grenoble, elles peuvent en partie s'expliquer par la différence d'implantation de ces stations Météo-France ; Bron étant en milieu plutôt urbain et le Versoud en milieu périurbain plus éloigné de l'agglomération.

Globalement, l'année 2007 a été favorable à la qualité de l'air sur l'ensemble des polluants réglementés en raison de ces conditions météorologiques particulières : un hiver et un printemps doux peu propices aux accumulations de polluants et un été et automne frais et humides limitant la pollution photochimique par l'ozone.

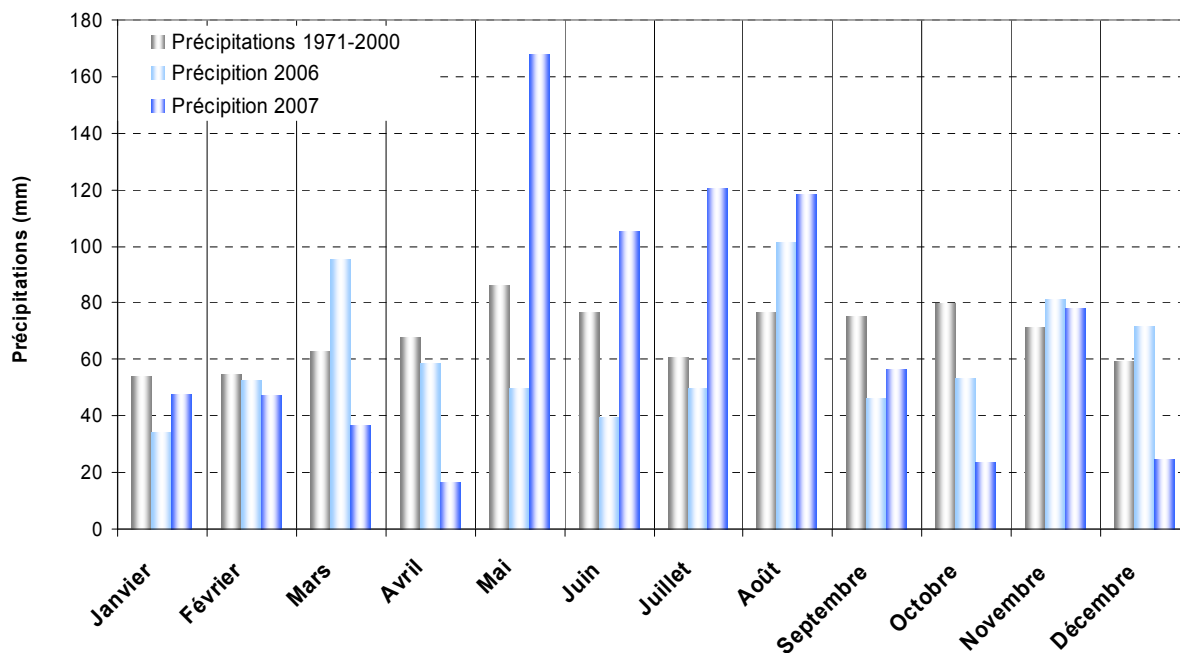
**b) Pluviométrie**Dans le Rhône :

Figure 27 : Evolution mensuelle de la pluviométrie à Lyon Bron

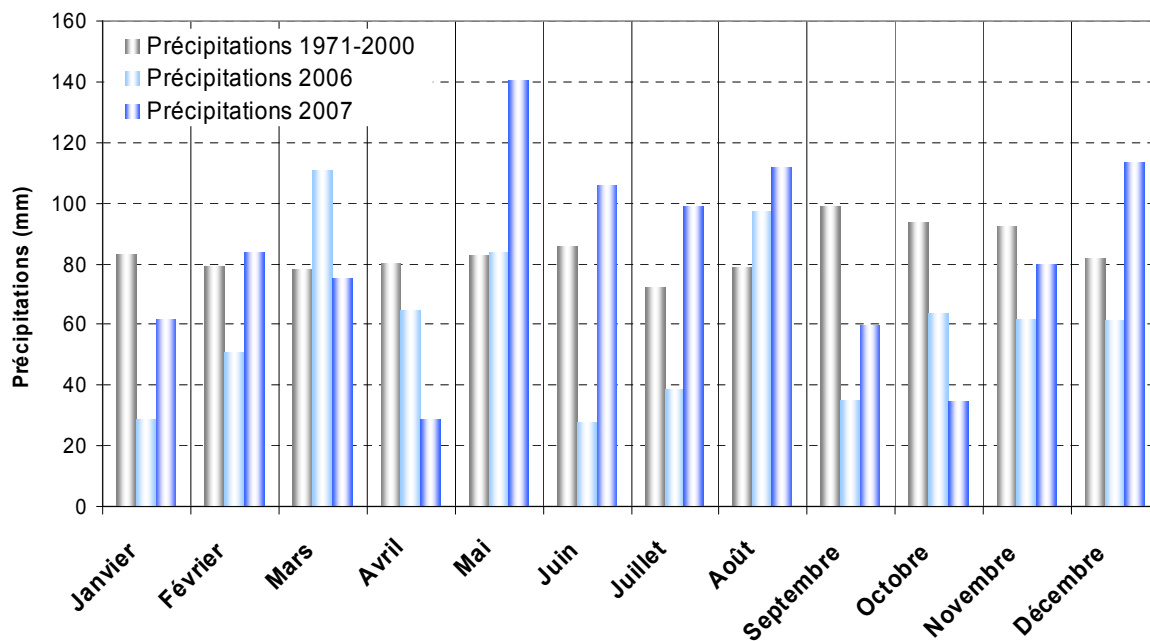
En Isère :

Figure 28 : Evolution mensuelle de la pluviométrie au Versoud

Sur les agglomérations lyonnaises et grenobloises, le mois de mai à août 2007 se démarquent des normales de saison avec une pluviométrie importante.

► Globalement, l'été 2007 a été particulièrement pluvieux et l'hiver 2006 a été plutôt doux et sec.

### 3.1.3. Conditions météorologiques des campagnes réalisées en air ambiant

Campagne 1 : du 16 octobre au 30 octobre 2006  
 Campagne 2 : du 21 décembre au 16 janvier 2007  
 Campagne 3 : du 2 mars au 19 mars 2007  
 Campagne 4 : du 26 avril au 15 mai 2007  
 Campagne 5 : du 5 juillet au 23 juillet 2007  
 Campagne 6 : du 5 octobre au 22 octobre 2007

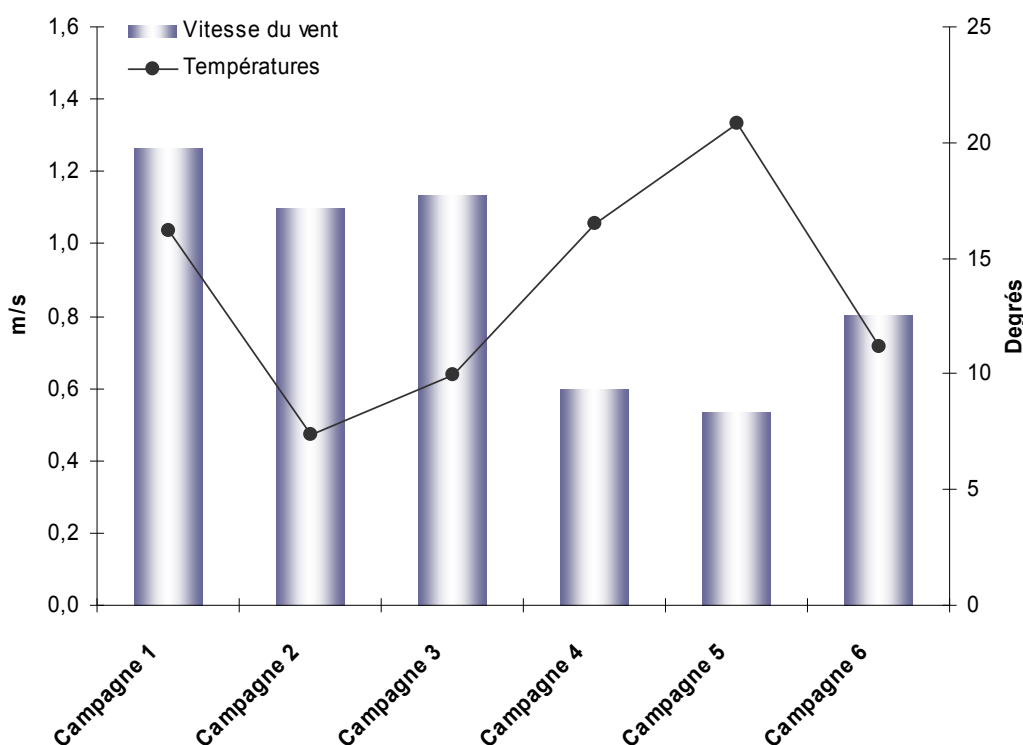


Figure 29 : Vitesse de vent et températures moyennes par campagne de mesure en « air ambiant »

Les vents ont été faibles sur l'ensemble des campagnes de mesures<sup>20</sup> et plus particulièrement pendant les campagnes 4 et 5 ce qui laisse prévoir des niveaux de pollution de l'air plus élevés en lien avec un mauvais brassage des masses d'air. Quant aux températures douces relevées lors des mesures hivernales, elles sont en général favorables à la qualité de l'air. Un hiver doux est souvent synonyme d'une diminution des émissions liées au chauffage.

### 3.1.4. Dates des campagnes réalisées dans les retombées atmosphériques

Campagne 1 : du 24 octobre au 20 décembre 2006  
 Campagne 2 : du 6 février au 11 avril 2007  
 Campagne 3 : du 11 juin au 8 août 2007  
 Campagne 4 : du 20 septembre au 13 novembre 2007

<sup>20</sup> Voir page 72 « Influence des paramètres météorologiques »

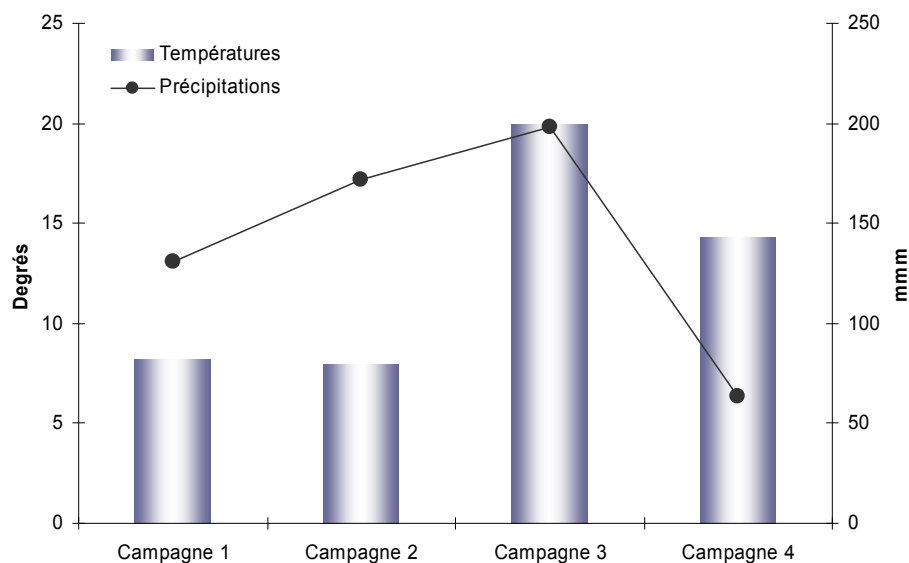


Figure 30 ;  
Températures et  
précipitations  
moyennes par  
campagne de  
mesure de  
« retombées atmos  
phériques » sur le  
site Météo France  
du Versoud

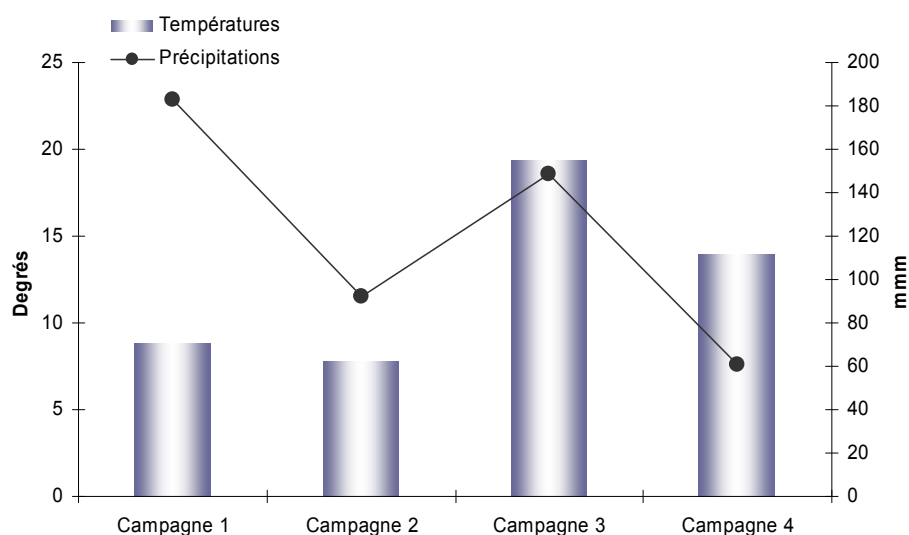


Figure 31 :  
Températures et  
précipitations  
moyennes par  
campagne de  
mesure de  
« retombées atmo  
sphériques » sur  
le site météo de  
Solaize

La campagne 3, correspondant à la période estivale, a été très pluvieuse et chaude, par conséquent la quantité de retombées collectées devrait être plus importante pendant cette période.

A part un hiver 2006 particulièrement pluvieux sur le sud lyonnais, les niveaux moyens en pluviométrie et température sont similaires sur le bassin grenoblois (station Météo France du Versoud) et le bassin lyonnais (station météorologique de Solaize).



## 3.2. Représentativité des mesures

Afin d'apprécier si les périodes de mesures en air ambiant ont été représentatives des conditions météorologiques sur l'ensemble d'une année, il est possible de vérifier, à partir des données recueillies en continu sur les stations fixes de référence, si la concentration moyenne de quatre campagnes de mesures est une bonne estimation de la concentration moyenne annuelle réelle.

En cas de sous-estimation ou surestimation, il est alors possible de redresser statistiquement la moyenne annuelle du site d'étude, utilisant les coefficients de la droite de régression linéaire tracée grâce aux stations fixes de référence.

Dans le cadre du programme dioxines/furanes et métaux lourds, cette représentativité peut être vérifiée sur les polluants dit classiques (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>) avec la possibilité d'effectuer un redressement pour les campagnes de l'année 2007. Ce procédé n'est pas applicable pour les campagnes 2006 qui ont été réalisées en début de programme et qui ne comprennent que deux saisons sur les 4 nécessaires à un redressement.

L'analyse de ces résultats sur les particules PM<sub>10</sub> est intéressante en première approche, car les prélèvements particuliers de dioxines et de métaux lourds dans l'air sont également réalisés dans cette fraction PM<sub>10</sub>. Dans l'ensemble, concernant les campagnes en air ambiant, les deux graphiques ci-dessous montrent une bonne représentativité des mesures de PM<sub>10</sub>.

### 3.2.1. Représentativité pour les sites du sud lyonnais

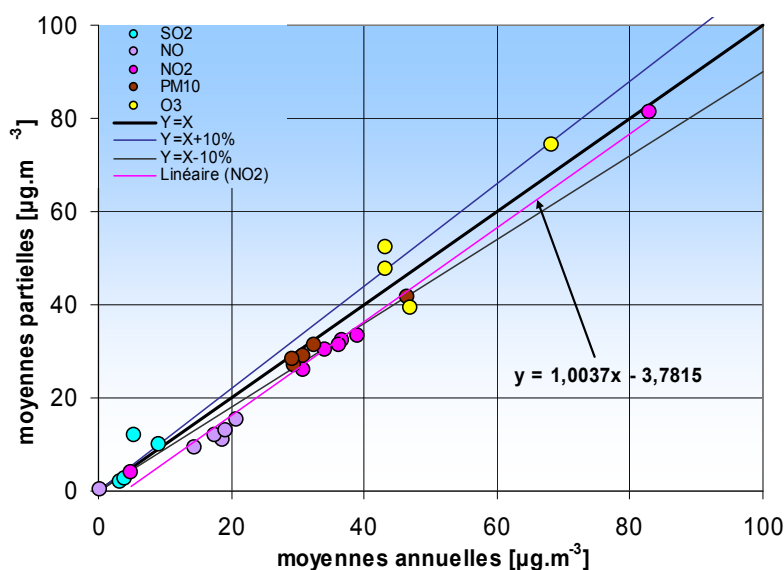


Figure 32 : Comparaison des moyennes sur les 4 périodes et des moyennes annuelles pour les sites de référence <sup>21</sup> du sud lyonnais

L'estimation des concentrations moyennes annuelles calculées grâce aux 4 périodes de mesures sous-évaluent légèrement la moyenne annuelle en monoxyde d'azote et dioxyde d'azote. Ces données seront redressées à l'aide des coefficients de la droite de régression linéaire :  $y = 1,0037X - 3,7815$ .

<sup>21</sup> Stations fixes de références : Gerland, Lyon centre, Ternay, Dieme, Saint-Fons Centre, Feyzin stade, Mulatière

### 3.2.2. Représentativité du site de l'agglomération grenobloise

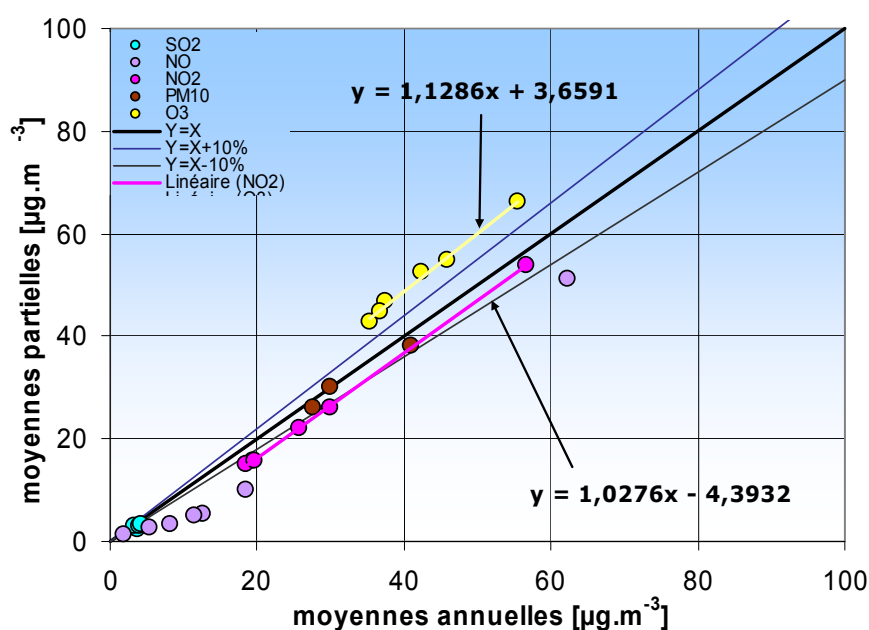


Figure 33 : Comparaison des moyennes sur les 4 périodes et des moyennes annuelles pour les sites de référence <sup>22</sup> de l'agglomération grenobloise

Les moyennes obtenues sur les 4 périodes de mesures surévaluent la moyenne annuelle pour le polluant ozone et sous-évaluent la moyenne annuelle pour le monoxyde d'azote. Concernant les poussières et le dioxyde d'azote la moyenne annuelle est une bonne représentation de la moyenne obtenue sur les quatre périodes de mesures réalisées sur l'agglomération grenobloise.

Des actions correctives seront portées sur la moyenne de monoxyde d'azote, dioxyde d'azote et ozone.

- ▶ Droite de régression linéaire pour la correction de la moyenne du NO<sub>2</sub> et NO :  
 $y = 1,0276x - 4,3932$
- ▶ Droite de régression linéaire pour la correction de la moyenne de l'O<sub>3</sub> :  
 $y = 1,1286x + 3,6591$

### 3.2.3. Représentativité des mesures par prélèvement en air ambiant sur le site de Lyon Centre

#### ▶ Métaux lourds

ng/m3 2007	Antimoine	Arsenic	Cadmium	Chrome	Cobalt	Cuivre	Manganèse	Mercur	Nickel	Plomb	Thallium	Vanadium	Zinc
Moyenne 4 campagnes	3,6	0,8	0,3	4,9	0,2	23,3	11,4	0,1	3,2	12,5	0,1	2,6	64,5
Moyenne annuelle	3,1	0,7	0,4	4,4	0,2	21,7	9,3	0,1	3,2	11,1	0,1	3,1	56,4

Figure 34 : Comparaison des moyennes sur les 4 périodes et des moyennes annuelles pour les métaux lourds

<sup>22</sup> Station fixes de références ; Grenoble Les frênes, Charavines, Saint-Martin-D'hères, le Versoud, Champ-sur-Drac, Champagnier, Le Rondeau

Pour 9 des 13 métaux lourds, la moyenne des quatre campagnes est en surestimation par rapport à la moyenne annuelle. Plus précisément pour 6 métaux lourds (antimoine, l'arsenic, le chrome, le manganèse, le plomb et le zinc), la moyenne des 4 campagnes est supérieure de 12 à 22% à la moyenne annuelle.

L'échantillonnage de 8 semaines dans l'année, présentant un biais maximum d'environ 20% peut être considéré comme acceptable.

#### ► Dioxines et furanes

La moyenne annuelle en 2007 sur le site urbain de référence Lyon Centre est de 33.4 fg I-TEQ/m<sup>3</sup> tandis que la moyenne considérée sur les quatre campagnes de mesures est de 27.3 fg I-TEQ/m<sup>3</sup>.

La moyenne des quatre campagnes sur le site de référence sous estime ainsi la moyenne réelle d'environ 18%. Il est donc probable que les concentrations moyennes obtenues sur les sites d'étude sous-estiment également la concentration moyenne réelle pour l'année 2007.

### 3.2.4. Représentativité pour les mesures de retombées atmosphériques

#### ► Métaux lourds

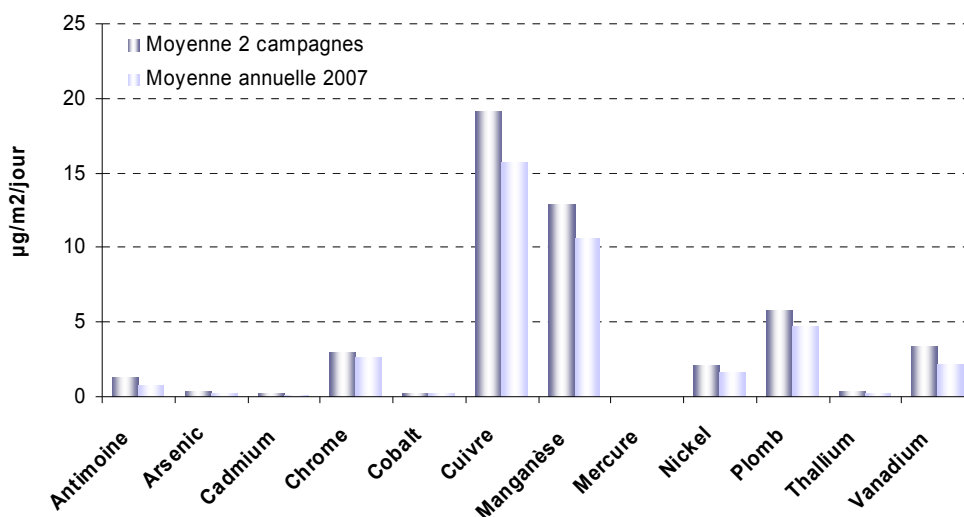


Figure 35 : Comparaison des moyennes sur 2 campagnes et des moyennes annuelles pour les métaux lourds sur le site urbain

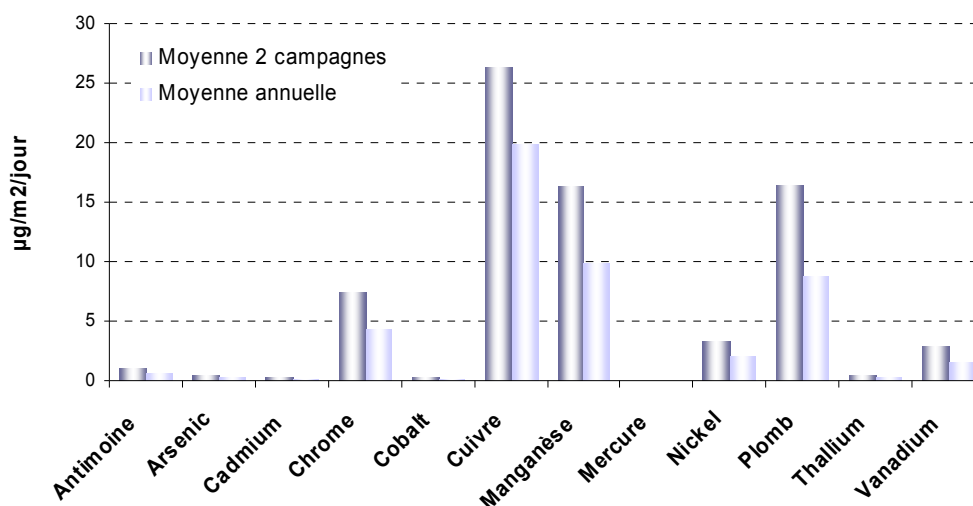


Figure 36 : Comparaison des moyennes sur les 2 campagnes et des moyennes annuelles pour les métaux lourds sur le site rural

Pour l'ensemble des métaux lourds mesurés dans les retombées atmosphériques la moyenne sur 2 campagnes (hiver et été 2007) surestime la moyenne annuelle 2007, que ce soit sur le site urbain ou sur le site rural.

#### ► Dioxines et furanes

pg I-TEQ/m <sup>2</sup> /jour	Site urbain	Site rural
Moyenne annuelle 2007	7.3	4
Moyenne « campagnes »	7.9	4.2

La moyenne sur deux campagnes de mesures (hiver et été 2007) surestime sensiblement la moyenne annuelle aussi bien sur le site de référence urbaine que sur le site de référence rurale, 8% d'écart pour le site urbain et 5% d'écart pour le site rural.

### 3.3. Distribution des données

L'un des objectifs du programme de surveillance des dioxines et métaux lourds est de réaliser un premier état des lieux des concentrations dans l'air et les retombées atmosphériques en proximité industrielle sur des sites de référence urbains et ruraux.

Les données obtenues depuis l'automne 2006 permettent ainsi de dresser un premier bilan des gammes de concentrations rencontrées dans l'air.

#### 3.3.1. Air ambiant

36% des mesures sont effectués sur sites exposés (typologie industrielle) et 64% en site de fond urbain.

##### a) Dioxines et furanes

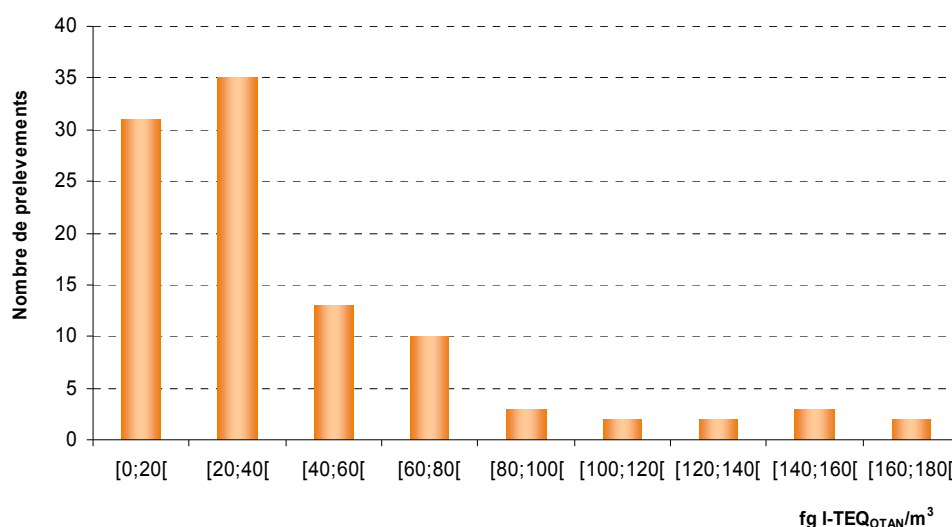


Figure 37 : Répartition des concentrations de dioxines et furanes en air ambiant

La distribution des valeurs de dioxines et furanes en air ambiant compte peu de valeurs extrêmes. 66 % des données sont inférieures à 40 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/jour (borne supérieure de la 2<sup>nde</sup> classe).

Cette distribution est sensiblement la même pour un site de typologie urbaine et un site de typologie industrielle :

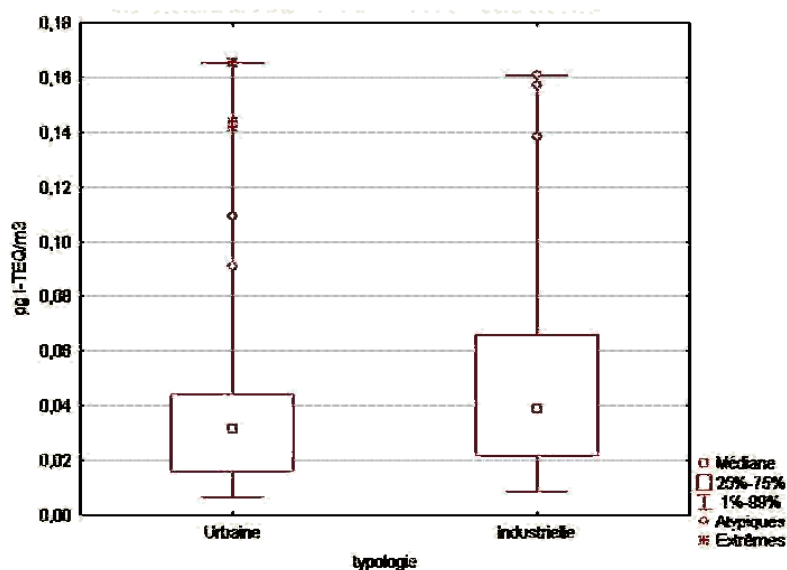


Figure 38 : Répartition des concentrations de dioxines et furanes dans l'air ambiant par typologie

L'étendue de la boîte à moustache<sup>23</sup> « industrielle » indique que les concentrations mesurées sur les sites exposés varient plus que sur le site urbain. Toutefois les valeurs maximales sont mesurées sur le site urbain.

#### b) Métaux lourds

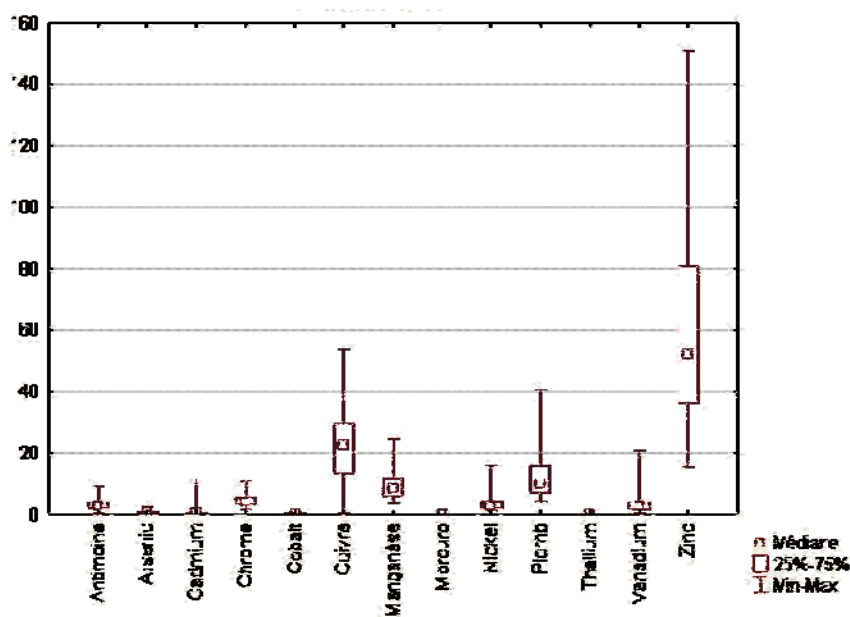


Figure 39 : Distribution des concentrations pour chaque métal mesuré dans l'air ambiant

Le Cuivre, et le Zinc ont des gammes de valeurs plus étendues. De plus en étudiant les distributions des métaux lourds en fonction de la typologie des sites<sup>24</sup>, il apparaît que l'étendue des concentrations mesurées sur les sites exposés est plus grande que sur le site urbain.

<sup>23</sup> Pour aider à la lecture voir Annexe 5 : Les boîtes à moustaches

<sup>24</sup> Les boîtes à moustaches calculées pour chaque métal et chaque typologie sont disponibles en Annexe 13 : Distribution des métaux lourds mesurés dans l'air ambiant en fonction de la typologie

### 3.3.2. Retombées atmosphériques

80% des mesures sont effectués sur sites exposés (typologie industrielle), 10% en site rural et 10% en site urbain.

#### c) Dioxines et furanes

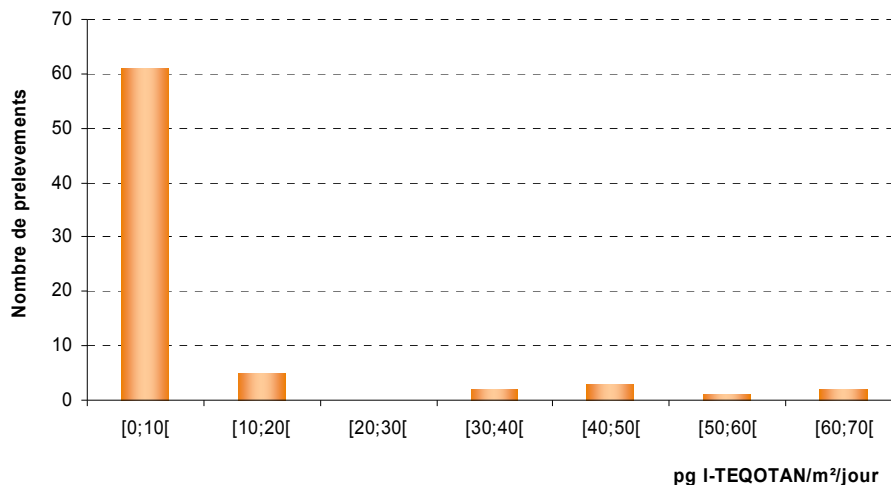


Figure 40 : Répartition des concentrations de dioxines et furanes dans les retombées atmosphériques

La distribution des valeurs de dioxines et furanes dans les retombées atmosphériques compte très peu de valeurs extrêmes. 82% des données sont inférieures à 10 pg I-TEQ/m²/jour (borne supérieure de la 1<sup>ère</sup> classe).

► L'exposition d'un site de mesure à une unité d'incinération est-elle facteur des valeurs les plus élevées de la distribution ci-dessus ?

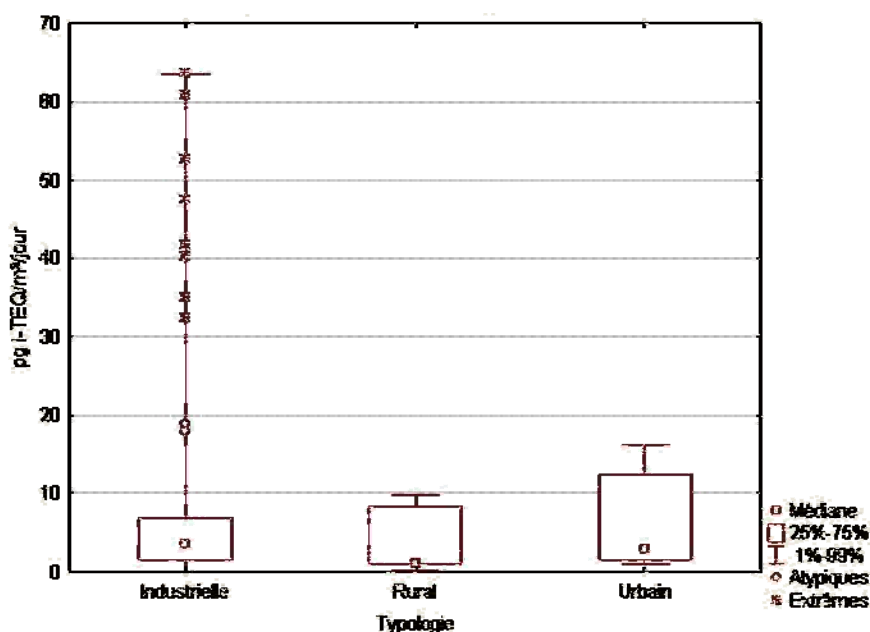


Figure 41 : Répartition des concentrations de dioxines et furanes dans les retombées atmosphériques par typologie

Les niveaux de retombées sont globalement identiques sur les sites industriels, urbain, et rural avec néanmoins une variabilité plus importante des résultats en zone urbaine (pour les données comprises entre les percentiles 25 et 75). Élément remarquable : les boîtes à moustache ci-dessus mettent en évidence le fait que des valeurs extrêmes et atypiques

sont mesurées sur les sites exposés en proximité industrielle (ce qui n'est pas le cas en zone urbaine ou rurale).

#### d) Métaux lourds

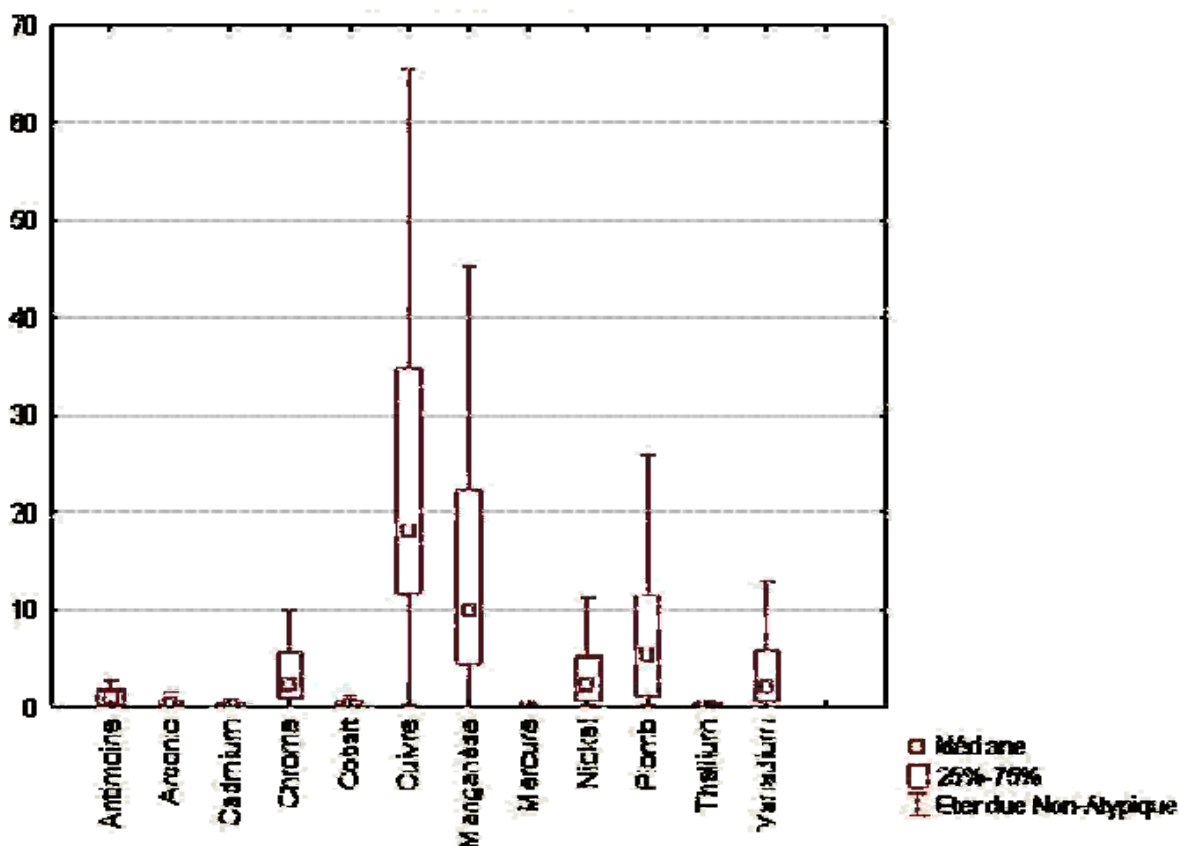


Figure 42 : Distribution des concentrations pour chaque métal mesuré dans les retombées atmosphériques

Le Cuivre, le Manganèse et le Plomb ont les gammes de valeurs les plus étendues. Les boîtes à moustaches fournies en annexe ne permettent pas de distinguer de différence par typologie.

### 3.4. Résultats moyens

#### 3.4.1. Détection des polluants

##### a) Dioxines et furanes : une multitude de congénères détectés

Les molécules de dioxines et furanes, à l'étude dans ce programme de surveillance, ont été détectées par les analyses laboratoire dans 100% des cas ; aussi bien lors de l'analyse des filtres et mousses utilisés pour les prélèvements d'air ambiant que lors de l'analyse des eaux prélevées via les jauges de recueil des précipitations.



**b) Métaux lourds : des différences entre mesures air et retombées ?**

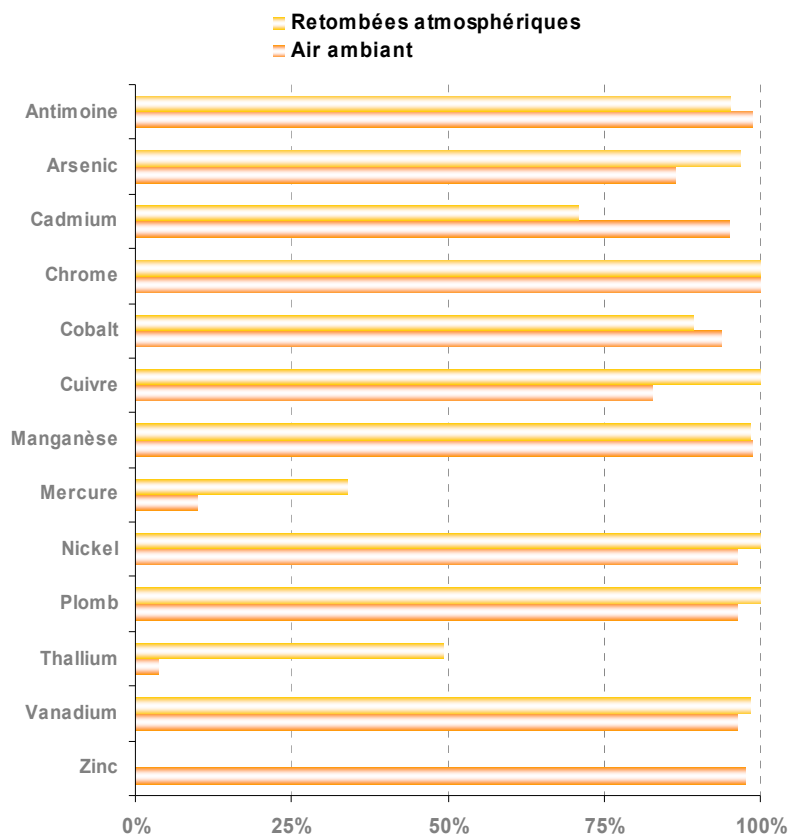


Figure 43 : Pourcentage de détection des métaux lourds

Le thallium et le mercure sont rarement détectés à l'analyse. Ces polluants sont toutefois mieux détectés lors des prélèvements par collecteurs de retombées atmosphériques que par capture sur filtre avec un préleveur d'air ambiant. Dans les retombées le thallium est détecté dans 49 % des cas contre 4% dans l'air ambiant.

Les autres composés sont relativement bien détectés aussi bien par prélèvement dans l'air ambiant que dans les collecteurs de retombées atmosphériques. Seul le cadmium se situe sous la barre des 75 % de détection dans le cas des mesures effectuées dans les retombées atmosphériques.

Il faut noter que pour le mercure, ce résultat est prévisible. Il s'agit d'un polluant émis principalement sous forme gazeuse. La méthodologie de prélèvement employée laissait présager ce faible taux de détection. Le plan de surveillance des dioxines et métaux lourds prévoyait ces difficultés de piégeage du mercure avec la technique de mesure utilisée.

### 3.4.2. Répartition des congénères

#### ► Dioxines et furanes : des différences entre mesures air et retombées ?

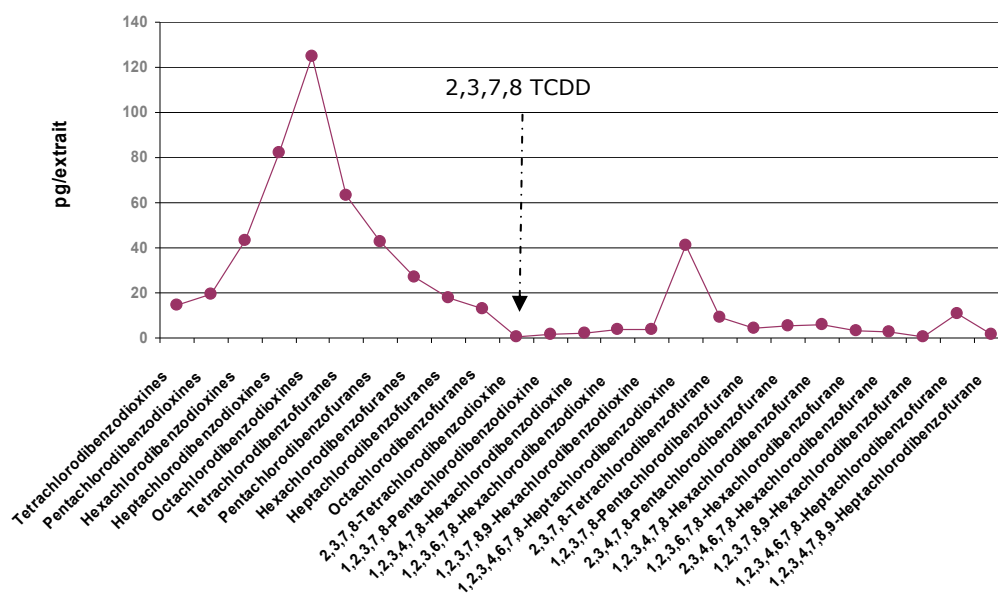


Figure 45 : Moyenne des dioxines et furanes 2006/2007, tous sites confondus, dans les retombées atmosphériques congénère par congénère

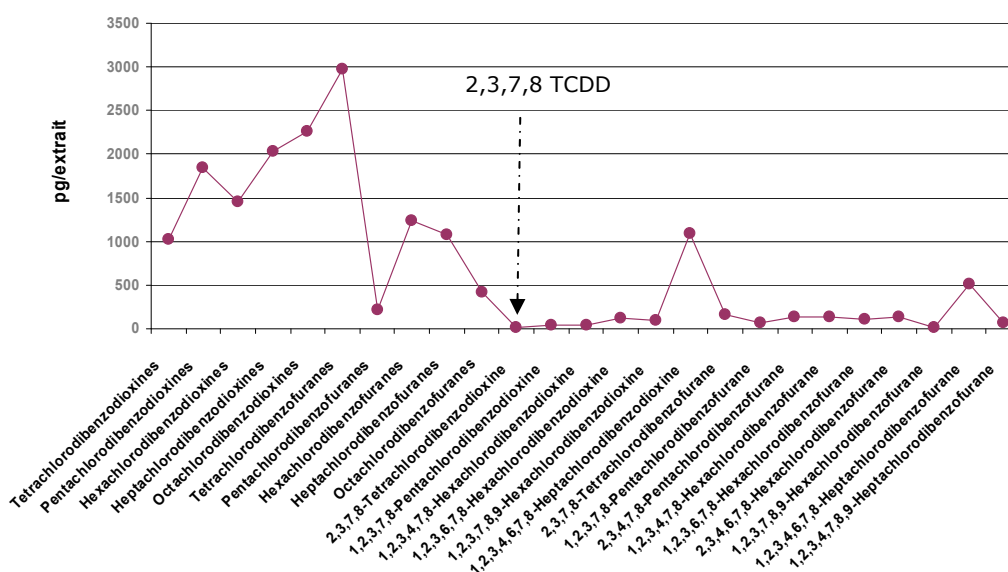


Figure 44 : Moyenne des dioxines et furanes 2006/2007, tous sites confondus, dans l'air ambiant congénère par congénère

Les congénères prédominants (supérieur à 50 pg/extrait) parmi les prélèvements de retombées atmosphériques sont l'Heptachlorodibenzodioxines, l'Octachlorodibenzodioxines, et le Tetrachlorodibenzofuranes.

Les congénères prédominants (supérieur à 2000 pg/extrait) parmi les prélèvements en air ambiant sont identiques à ceux considéré comme prédominants dans les prélèvements de retombées atmosphériques. Une différence significative de profil entre les prélèvements dans les retombées et dans l'air est visible sur les premiers congénères du graphique.

Dans les retombées atmosphériques comme dans l'air ambiant la part de la molécule 2,3,7,8 TCDD dite dioxine de Seveso est très faible. La contribution à la masse totale de dioxines et furanes mesurées dans les retombées atmosphériques est de 0.06% et la contribution à la masse totale de dioxines et furanes mesurées en air ambiant est de 0.02%.

### 3.4.3. Niveaux moyens par polluant et type de mesure

#### a) Air ambiant

##### ►► Dioxines et furanes

La concentration moyenne de dioxines et furanes, tous prélèvements confondus, mesurée en air ambiant d'octobre 2006 à décembre 2007 est de 42 fg I-TEQ/m<sup>3</sup> avec un maximum de 165 fg I-TEQ/m<sup>3</sup> atteint sur la station de référence urbaine « Lyon Centre » en décembre 2006.

La moyenne annuelle des dioxines et furanes mesurées en air ambiant sur l'année 2007 est de 42 fg I-TEQ/m<sup>3</sup>. Sur le site urbain la moyenne est de 38 fg I-TEQ/m<sup>3</sup> tandis que la moyenne des concentrations mesurées sur les sites exposés est de 49 fg I-TEQ/m<sup>3</sup>.

##### ►► Métaux lourds

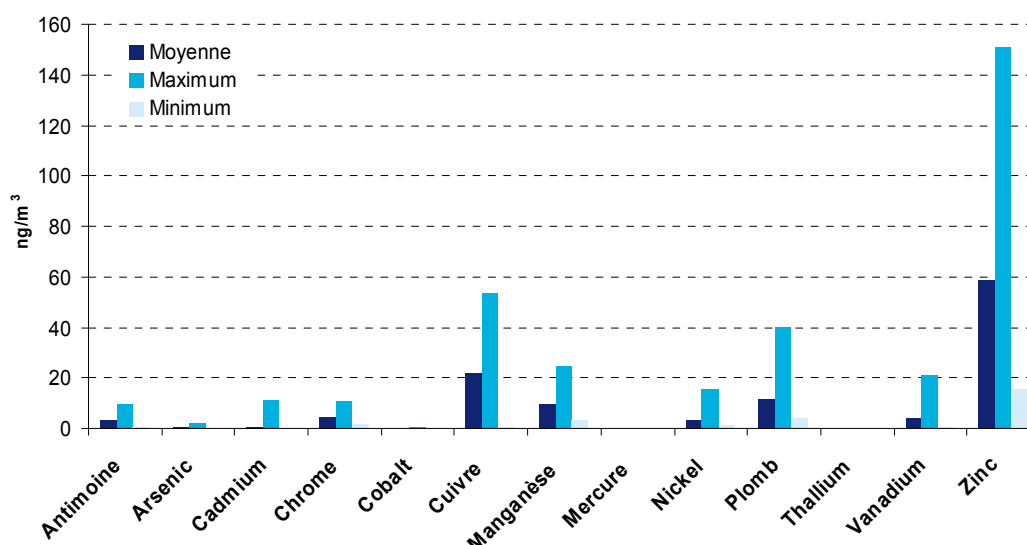


Figure 46 : Niveaux moyens de métaux lourds en air ambiant 2006-2007

Le Zinc, et le cuivre sont les deux métaux lourds, tous prélèvements confondus, qui ont les moyennes les plus élevées sur toute la période d'étude avec respectivement 73 ng/m<sup>3</sup> et 25.7 ng/m<sup>3</sup>.

Au regard des moyennes annuelles 2007 aucune valeur réglementaire pour le plomb, l'arsenic, le cadmium, et le nickel n'a été dépassé, à l'image des valeurs guides de l'OMS pour le cadmium, le plomb et le manganèse.

2007 (ng/m <sup>3</sup> )	Moyenne tous sites	Moyenne industrielle	Moyenne urbaine
<b>Antimoine</b>	3,13	4,82	2,43
<b>Arsenic</b>	0,68	0,71	0,63
<b>Cadmium</b>	0,42	0,34	0,48
<b>Chrome</b>	4,38	5,47	3,81
<b>Cobalt</b>	0,23	0,33	0,20
<b>Cuivre</b>	21,66	26,09	19,08
<b>Manganèse</b>	9,31	11,82	7,79
<b>Mercure</b>	0,07	0,09	0,06
<b>Nickel</b>	3,20	4,76	2,92
<b>Plomb</b>	11,06	15,23	9,45
<b>Thallium</b>	0,07	0,09	0,06
<b>Vanadium</b>	3,09	4,39	3,19
<b>Zinc</b>	56,39	74,26	49,33

Figure 47 : Tableau des moyennes annuelles en métaux lourds mesurées en air ambiant en 2007

## b) Retombées atmosphériques

### ▸▸ Dioxines et furanes

Le niveau moyen de dioxines et furanes mesurées dans les retombées atmosphériques est de 8.3 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/jour avec un maximum de 63.5 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/jour atteint sur un site de la zone « vallée du Rhône ». La valeur significative de 40 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/jour<sup>25</sup> susceptible de contribuer à une augmentation de la contamination des produits laitiers est dépassée par 8 % des prélèvements.

La moyenne annuelle des dioxines et furanes mesurées dans les retombées en 2007 est de 9.34 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/jour pour l'ensemble des sites mesurés. L'analyse par typologie indique que la moyenne annuelle pour le site de typologie rurale est de 3.56 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/jour et pour le site de typologie urbaine est de 6.1 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/jour tandis que pour les sites de typologie industrielle la moyenne annuelle est de 10.75 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/jour. 80% des prélèvements dans les retombées atmosphériques sont effectués sur sites exposés (typologie industrielle) ce qui relève la moyenne.

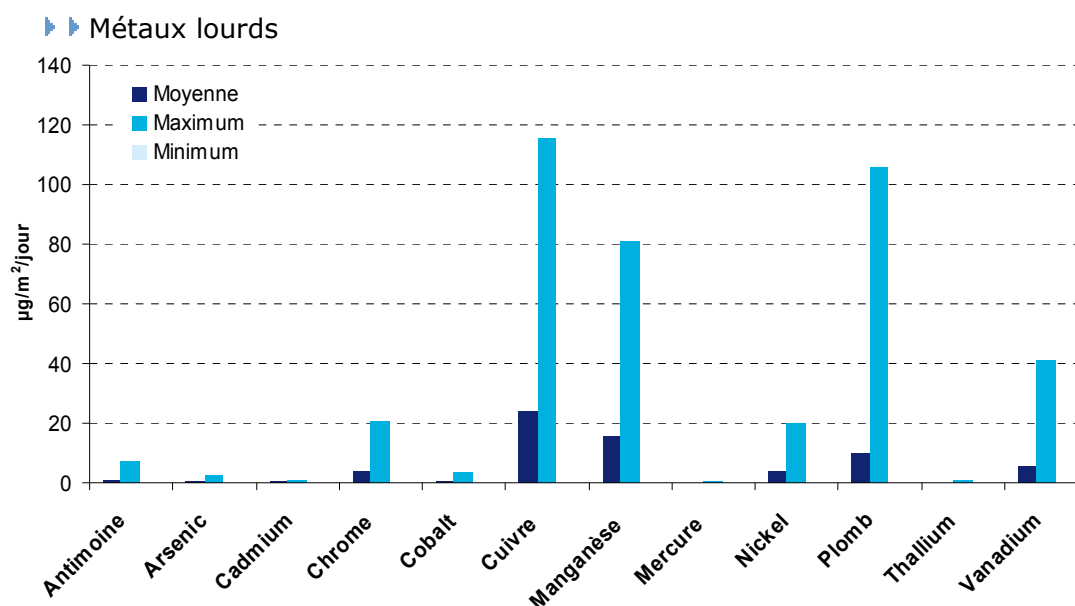


Figure 48 : Niveaux moyens des métaux lourds dans les retombées atmosphériques

<sup>25</sup> Voir Annexe 7 : Résumé de l'approche proposée par l'INERIS

Le cuivre, le manganèse et le plomb sont les métaux lourds qui présentent les moyennes les plus élevées sur la période d'étude avec respectivement 24.1  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ , 15.5  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ , et 9.8  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ .

A titre indicatif, deux valeurs (maxima observés sur 2006-2007) dépassent les valeurs limites annuelles préconisées par la norme allemande TA Luft 2002 : 105.7  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$  en plomb et de 20.2 en nickel.

Aucune moyenne annuelle 2007, quelle que soit la typologie du site, n'a dépassé les valeurs limites pour le cadmium, le mercure, l'arsenic, le plomb, le nickel, le thallium préconisées par la norme allemande TA Luft 2002.

2007 ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ )	Moyenne tous sites	Moyenne industrielle	Moyenne urbaine	Moyenne rurale
<b>Antimoine</b>	1,17	1,28	0,74	0,61
<b>Arsenic</b>	0,43	0,47	0,24	0,29
<b>Cadmium</b>	0,23	0,25	0,14	0,16
<b>Chrome</b>	4,11	4,27	2,67	4,27
<b>Cobalt</b>	0,38	0,41	0,26	0,21
<b>Cuivre</b>	24,21	25,71	15,74	19,82
<b>Manganèse</b>	14,52	15,48	10,57	9,86
<b>Mercure</b>	0,04	0,04	0,04	0,05
<b>Nickel</b>	2,95	3,21	1,69	1,96
<b>Plomb</b>	10,31	11,17	4,69	8,70
<b>Thallium</b>	0,22	0,23	0,16	0,23
<b>Vanadium</b>	3,63	4,02	2,21	1,57

Figure 49 : Tableau des moyennes annuelles en métaux lourds dans les retombées atmosphériques en 2007

### 3.4.4. Comparaison des mesures de retombées atmosphériques sur les 2 sites de références : des différences significatives ?

#### a) Les dioxines et furanes

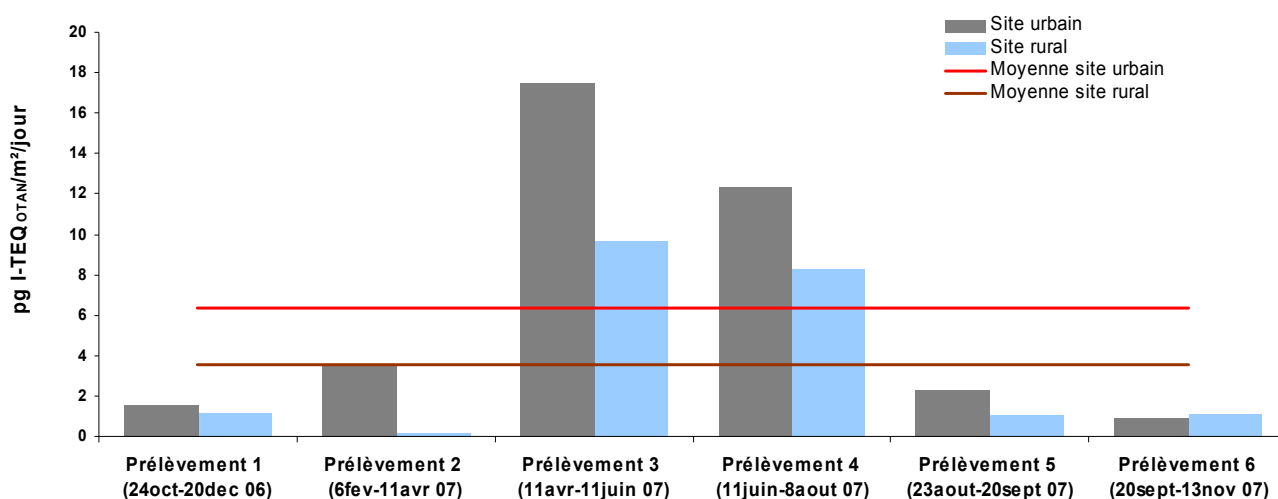


Figure 50 : Evolution des niveaux de dioxines et furanes mesurés dans les retombées atmosphériques

Le site urbain enregistre systématiquement des valeurs supérieures au site rural mais les deux sites suivent la même évolution temporelle. Les concentrations de dioxines et

furanes lors des campagnes 3 et 4 étaient plus élevés sur les deux sites de référence. Il s'agit là des périodes les plus chaudes de l'année : la campagne 3 s'est déroulée au printemps et la campagne 4 s'est déroulée pendant l'été 2007. A noter qu'au cours de ces périodes, la pluviométrie a été plus importante que pendant les autres campagnes de mesure.

Pour le site urbain de référence, la campagne 3 enregistre un « maximum » significatif (17.5 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/jour) puisque supérieur de plus de 10 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/jour à la moyenne<sup>26</sup> sur toute la période de mesure (6.3 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/jour).

#### b) Les métaux lourds

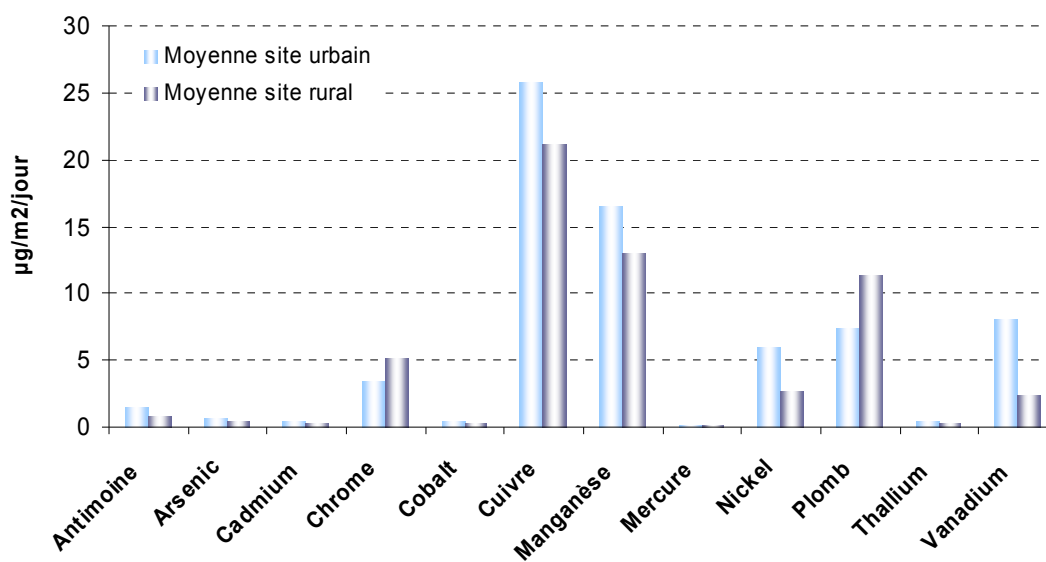


Figure 51 : Evolution des niveaux de métaux lourds mesurés dans les retombées atmosphériques

Le site urbain a des niveaux moyens supérieurs au site rural pour 10 métaux sur 12. Seul le plomb et le chrome se retrouvent en quantité plus importante sur le site rural.

#### 3.4.5. Comparaison avec les résultats d'une autre étude

L'objectif est de vérifier si les résultats de "l'étude des polluants émergents sur les zones industrielles de la région Rhône-Alpes en vue d'établissement de valeurs de référence dans les évaluations d'impacts sanitaires 2006-2007" sont convergents avec ceux du programme dioxines/métaux lourds.

Ces deux études se déroulant pendant les mêmes années et sur des sites géographiques très proches, il est intéressant de comparer les résultats des prélèvements en métaux lourds entre eux. Toutefois la durée des prélèvements diffère : 24 heures pour cette étude et 7 jours pour le présent programme de surveillance.

#### ► Conclusions énoncées dans l'étude des polluants émergents<sup>27</sup> sur les zones industrielles:

- Des niveaux inférieurs aux valeurs réglementaires. Pour les 4 métaux lourds réglementés (As, Cd, Ni et Pb), les niveaux mesurés respectent en moyenne les valeurs cibles fixées pour 2012
- Quelques valeurs à surveiller pour le **nickel** sur la zone de Grenoble-Sud
- Des niveaux en **manganèse** à surveiller

<sup>26</sup> Voir Annexe 7 : Résumé de l'approche proposée par l'INERIS

<sup>27</sup> Parution fin 2008

► **Comparaison avec les résultats métaux lourds mesurés dans le présent programme à proximité des unités d'incinérations :**

- Des niveaux moyens plus élevés en plomb et vanadium sur la zone Lyon Sud dans le programme dioxines/furanes et métaux lourds, toutefois les maxima sont moins hauts. Par exemple en plomb la moyenne annuelle en 2007 est de 14 ng/m<sup>3</sup> contre 12.5 ng/m<sup>3</sup> pour la moyenne des 3 sites situés sur la zone industrielle du sud de Lyon dans l'étude des polluants émergents.
- Des niveaux plus faibles sur la zone Agglomération Grenobloise (programme dioxines/furanes et métaux lourds) tous polluants confondus par rapport aux sites de la zone industrielle du sud grenoblois (étude des polluants émergents).

### 3.5. Polluants classiques

#### 3.5.1. Variation des niveaux par polluant

La réglementation, française et européenne, fixe des seuils pour plusieurs polluants gazeux, dont le dépassement peut engendrer des risques pour la santé humaine ou celle de la végétation. Les valeurs de ces seuils varient en fonction des polluants et de la durée d'exposition considérée.

La situation des niveaux mesurés vis-à-vis de ces valeurs réglementaires est présentée polluant par polluant, pour l'ensemble des sites étudiés.

Remarques pour la lecture des tableaux :

► Les moyennes annuelles, maxima journaliers et maxima horaires représentent l'ensemble des 4 campagnes de mesure.

► Pour visualiser le dépassement ou non des valeurs réglementaires, le code de couleurs suivant est utilisé :

Aucun dépassement observé
Valeur en limite de dépassement ou considérée comme élevée
Dépassement d'un seuil observé

► Sur les 6 sites de mesures de l'air ambiant sondés depuis le début de cette étude, 3 sites ne disposent pas de données représentatives d'une année civile. Ce sont les sites de Pierre-Bénite, Saint-Fons et Curis-au-Mont-D'Or pour lesquels les mesures ont été réalisées en automne et en hiver 2006. La moyenne calculée ne représente pas une moyenne annuelle mais une « moyenne des campagnes ». Celle-ci sera inscrite en italique dans les tableaux et ne se référera pas au code couleur décrit ci-dessus.

### 3.5.2. Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Les mesures continues en proximité industrielle montrent généralement des valeurs moyennes faibles, avec quelques pointes horaires, liées aux activités industrielles et à de mauvaises conditions de dispersion.

SO <sub>2</sub>				2006			2007		
Type de seuil	Valeur à respecter (en µg.m <sup>-3</sup> )	Année d'application	Statistique Pour le calcul du dépassement	Pierre-Bénite	Saint-Fons	Curis-au-Mont-D'Or	Gerland	Feyzin	Meylan
Valeur limite (protection de la végétation)	20	2001	Moyenne annuelle	10	15	4	6	5	2
Objectif de qualité	50	2001							
Valeur limite	125	2001	Maximum journalier	44	46	19	35	11	13
Valeur limite	350	2005	Maximum horaire	127	142	47	133	74	16
Seuil d'information	300	1999							
Seuil d'alerte	500 (sur 3h)	1999							

- ▶ Des valeurs faibles en moyenne annuelle.
- ▶ Aucun dépassement de seuil réglementaire sur l'ensemble des 4 campagnes.



### 3.5.3. Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

Ce polluant est formé lors des combustions de carburants et combustibles. En Rhône-Alpes en 2003, les transports représentent 54% des émissions d'oxydes d'azote, alors que les sources fixes (installations de combustion, industries, procédés industriels...) sont responsables de 19% des émissions.

Bien que l'équipement des automobiles par des pots catalytiques favorise une diminution unitaire des émissions d'oxydes d'azote, les concentrations dans l'air ne diminuent guère compte tenu de l'âge du parc automobile et de l'augmentation constante du trafic.

DIOXYDE D'AZOTE - NO <sub>2</sub>				2006			2007		
Type de seuil	Valeur à respecter (en µg.m <sup>-3</sup> )	Année d'application	Statistique Pour le calcul du dépassement	Pierre-Bénite	Saint-Fons	Curis-au-Mont-D'Or	Gerland	Feyzin	Meylan
Objectif de qualité	40	2001	Moyenne annuelle	39	48	29	32	34	25
Valeur limite	40	2010							
	46	2007							
	48	2006							
Aucune valeur réglementaire en moyenne journalière (valeur pour information)			Maximum journalier	67	69	55	64	88	58
Valeur limite	200	2010	Maximum horaire	115	131	75	143	157	142
	230	2007							
	240	2006							
Seuil d'information	200	1999							
Seuil d'alerte	400	1999							

- ▶ Des valeurs moyennes comparables à un fond urbain.
- ▶ Aucun dépassement de valeur réglementaire sur l'ensemble des 4 campagnes.

### 3.5.4. Poussières - Particules fines en suspension (PM<sub>10</sub>)

Les poussières en suspension proviennent de certains procédés industriels (incinérateurs, carrières, cimenteries), des chauffages domestiques (en hiver), mais plus majoritairement du trafic automobile (particules diesel, usures de pièces mécaniques et des pneumatiques...) près des voiries. Elles sont d'autant plus dangereuses pour la santé qu'elles ont la particularité de fixer d'autres molécules plus ou moins toxiques, présentes dans leur environnement (sulfates, nitrates, hydrocarbures(HAP), métaux lourds, pollens,...).

A noter que depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2007, la mesure des poussières a évolué sur l'ensemble du territoire national, pour prendre en compte une fraction volatile supplémentaire. Cette modification est réalisée à partir de la mesure de la fraction volatile sur plusieurs sites de référence en Rhône-Alpes. Pour cette étude, les données ont été ajustées à partir du site « Lyon-Centre », référence pour les typologies urbaines et industrielles.

POUSSIÈRES EN SUSPENSION - PM <sub>10</sub>				2006			2007		
Type de seuil	Valeur à respecter (en µg.m <sup>-3</sup> )	Année d'application	Statistique Pour le calcul du dépassement	Pierre-Bénite	Saint-Fons	Curis-au-Mont-D'Or	Gerland	Feyzin	Meylan
Objectif de qualité	30	2001	Moyenne annuelle	23	30	14	29	25	30
Valeur limite	40	2005							
Valeur limite	50	2005	Maximum journalier	57	60	/	121	96	106
Seuil d'information	80	1999							
Seuil d'alerte	125	1999							
Aucune valeur réglementaire en moyenne horaire (valeur pour information)			Maximum horaire	87	185	55	167	111	163

► Dépassement du seuil d'information de 80 µg.m<sup>-3</sup> en maximum journalier sur les sites de mesures ayant bénéficié de 4 campagnes (Gerland, Feyzin, Meylan).

► Moyennes annuelles très proches de l'objectif de qualité de 30 µg.m<sup>-3</sup> à respecter.

► Même s'il n'existe pas de valeur réglementaire en moyenne horaire, les maxima observés sont élevés.

### 3.5.5. Ozone (O<sub>3</sub>)

OZONE – O <sub>3</sub>				2006			2007		
Type de seuil	Valeur à respecter (en µg.m <sup>-3</sup> )	Année d'application	Statistique Pour le calcul du dépassement	Pierre-Bénite	Saint-Fons	Curis-au-Mont-D'Or	Gerland	Feyzin	Meylan
Valeur limite (protection des matériaux)	40	2001	Moyenne annuelle	24	22	31	45	50	39
Valeur limite (protection de la végétation)	65	2001	Maximum journalier	93	53	65	102	125	93
Objectif de qualité (protection de la santé humaine)	120 (<25j/an)	2005 (Obj. 2010)	Maximum de la moyenne glissante sur 8h (Nb de j de dépassement)	0	0	0	15	94	27
Objectif de qualité (protection de la végétation)	200	2005	Maximum horaire	85	81	84	168	157	170
Seuil d'information	180 (1h)	1999							
Seuils d'alerte	240 (3h) 300 (3h) 360 (1h)	1999							

► Des niveaux en ozone élevés, liés aux températures estivales élevées lors des campagnes de mesures de juillet 2007.

► Dépassement de la valeur limite de 40 µg.m<sup>-3</sup> pour la protection des matériaux sur les sites du sud lyonnais (Gerland et Feyzin).

► Dépassement de la valeur limite de 65 µg.m<sup>-3</sup> pour la protection de la végétation sur les sites de mesures 2007.

## Partie 4 : Analyses des données

La quantité de données recueillie au cours du programme de surveillance dioxines/furanes et métaux lourds 2006-2007 n'est pas encore suffisamment conséquente pour tirer de réelles conclusions sur le comportement et les paramètres influençant les concentrations des dioxines/furanes et métaux lourds dans l'air et les retombées atmosphériques. Cependant l'ensemble de ces informations permettent déjà d'explorer certaines pistes et de proposer des hypothèses qu'il conviendra de confirmer ou d'infirmer dans la poursuite du programme en 2008.

### 4.1. Variations par campagne de mesure

#### 4.1.1. Les métaux lourds

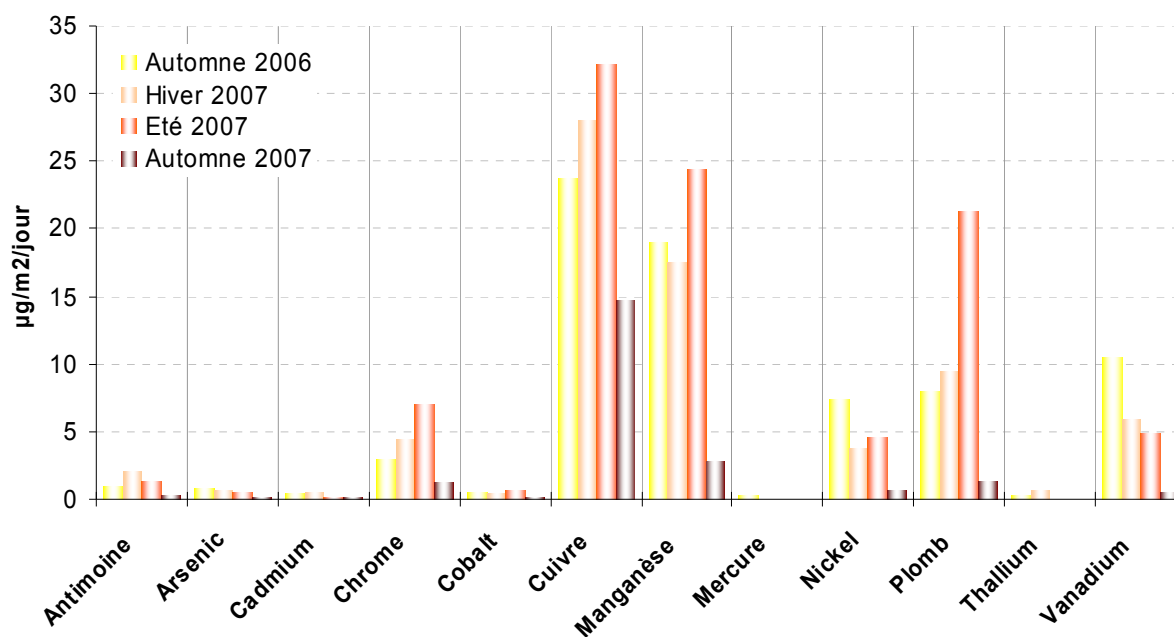


Figure 52 : Evolution campagne par campagne des niveaux moyens de métaux lourds dans les retombées atmosphériques

La campagne 3 représentant l'été 2007 enregistre les niveaux moyens de métaux lourds les plus élevés parmi les quatre campagnes de mesures effectuées par collecteurs de retombées atmosphériques. La comparaison des concentrations de l'automne 2006 (campagne 1) et 2007 (campagne 4) montre une nette diminution en 2007 qu'il est difficile d'expliquer. Notons toutefois que la pluviométrie au mois d'octobre 2007 a été deux fois moins importante qu'en 2006. Voir partie II 2.a).

### 4.1.2. Les dioxines et furanes

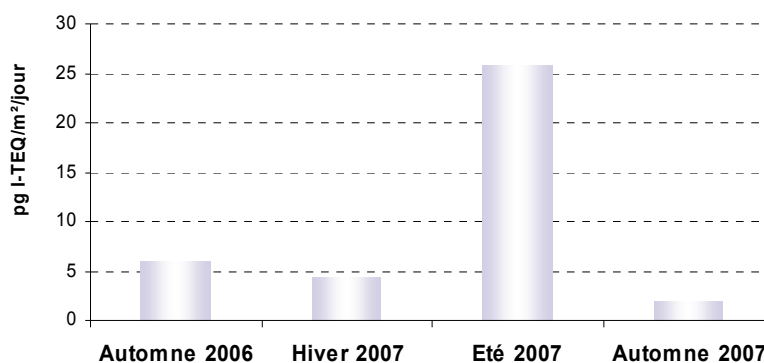


Figure 53 : Evolution campagne par campagne des niveaux moyens de dioxines et furanes dans les retombées atmosphériques

La tendance à la hausse de la campagne 3 représentant l'été 2007 est également bien marquée pour les mesures de dioxines et furanes effectuées par collecteurs de retombées atmosphériques.

## 4.2. Variations saisonnières

### 4.2.1. Variation des concentrations de métaux lourds en air ambiant

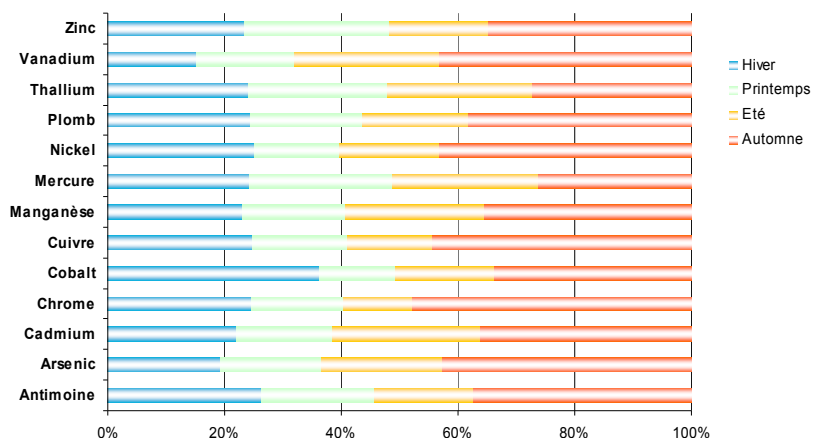


Figure 55 : Variations saisonnières des métaux lourds dans l'air ambiant sur le site de Meylan (agglomération grenobloise)

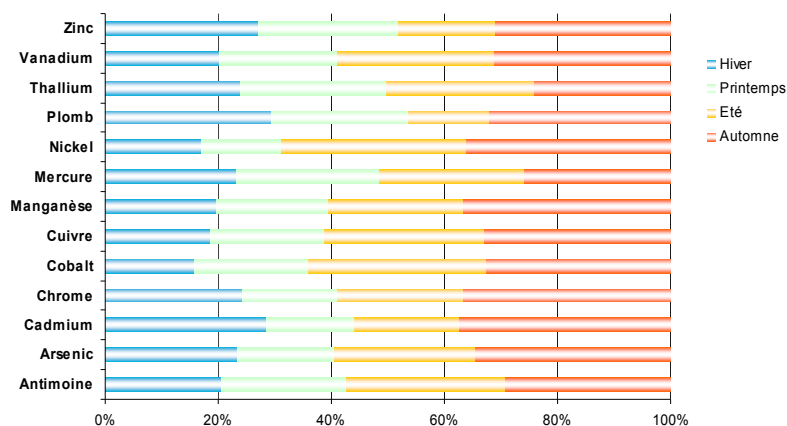


Figure 54 : Variations saisonnières des métaux lourds dans l'air ambiant sur le site de Feyzin (Sud lyonnais)

Les variations saisonnières des métaux lourds mesurés dans l'air ambiant sur les sites de Meylan et Feyzin ne mettent pas en évidence d'impact saisonnier notable. Les niveaux sont légèrement plus faibles en hiver et plus élevés pendant la campagne d'automne. Les concentrations sont équivalentes quelle que soit la saison, hormis pour le cobalt présentant des concentrations légèrement plus élevées en hiver (40%).

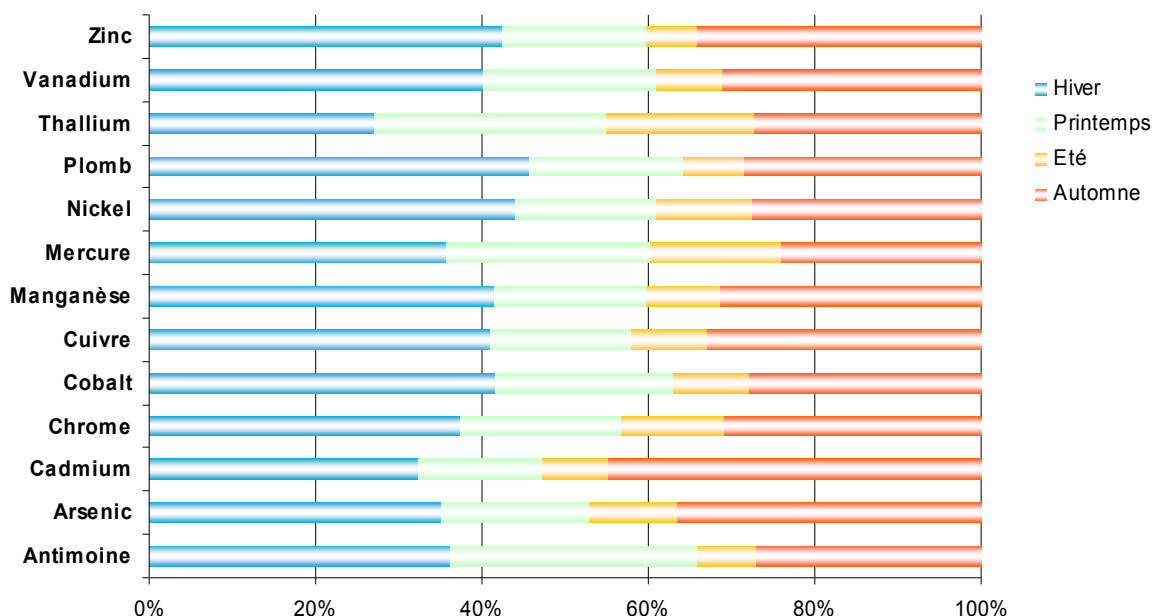


Figure 56 : Variations saisonnières des métaux lourds dans l'air ambiant sur le site de Gerland (Sud lyonnais)

A Gerland, la part de métaux lourds mesurée est plus faible au printemps et en été. Les variations saisonnières sont ainsi beaucoup plus marquées sur le site de Gerland que sur les deux autres sites de surveillance dans l'air de l'année 2007. Il convient de noter par ailleurs que les mesures sur ces 3 sites sont réalisées simultanément et que les sites de Gerland et Feyzin se trouvent dans une même zone géographique. Pour ces derniers, exposés à des conditions météorologiques identiques, il est probable que les sources influençant les sites de mesure soient de nature différente.

Globalement c'est en hiver et en automne que les métaux lourds sont les plus présents dans l'air ambiant. Des différences entre sites existent. Les sites de Meylan et Feyzin ont des profils saisonniers très proches.

Le site de Gerland se distingue par un profil saisonnier plus accentué. Les vents sur la période de mesure hivernale venaient du Nord. L'usine d'incinération d'ordures ménagères (UIOM) situé au sud du point de mesure « Gerland » ne serait pas la source des concentrations mesurées. Le point de mesure, situé en zone de population dense, pourrait subir l'influence d'émissions liées au chauffage urbain.

#### 4.2.2. Evolutions temporelles sur le site de référence de Lyon Centre

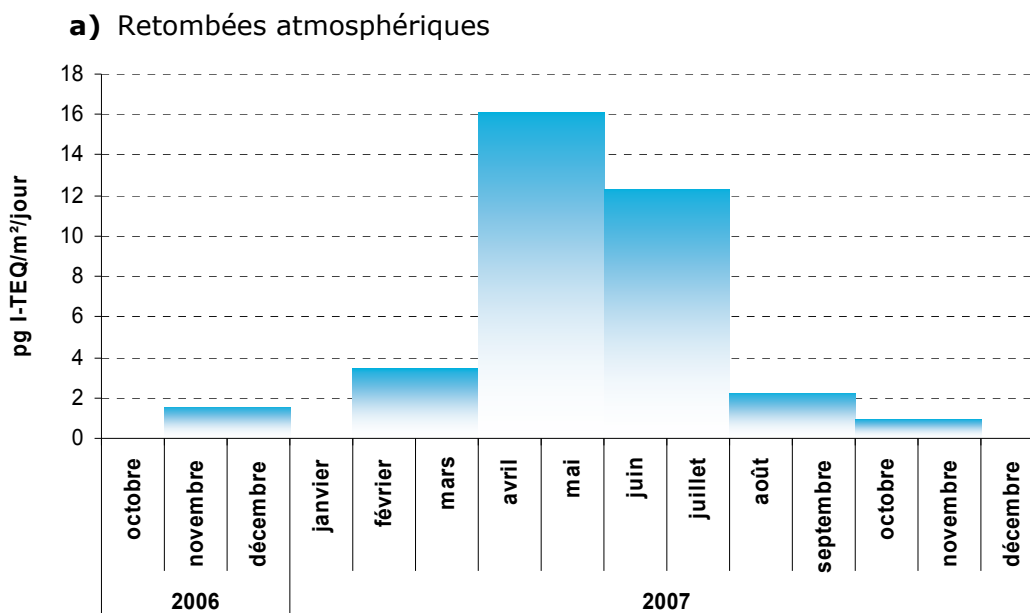


Figure 57 : Evolution temporelle des niveaux de dioxines et furanes mesurés dans les retombées atmosphériques

Le graphique de l'évolution des niveaux de dioxines et furanes mesurés par collecteurs de retombées met en évidence une hausse des concentrations sur les prélèvements du printemps et de l'été 2007. Il convient de rappeler que ces périodes ont été particulièrement pluvieuses.

Cependant, l'impact potentiel du lessivage de l'atmosphère ne se vérifie pas systématiquement avec les métaux lourds<sup>28</sup>. Seul le plomb, le cuivre et le chrome présentent des niveaux plus élevés en période estivale. Les concentrations les plus importantes sont enregistrées pendant la campagne de l'automne 2006.

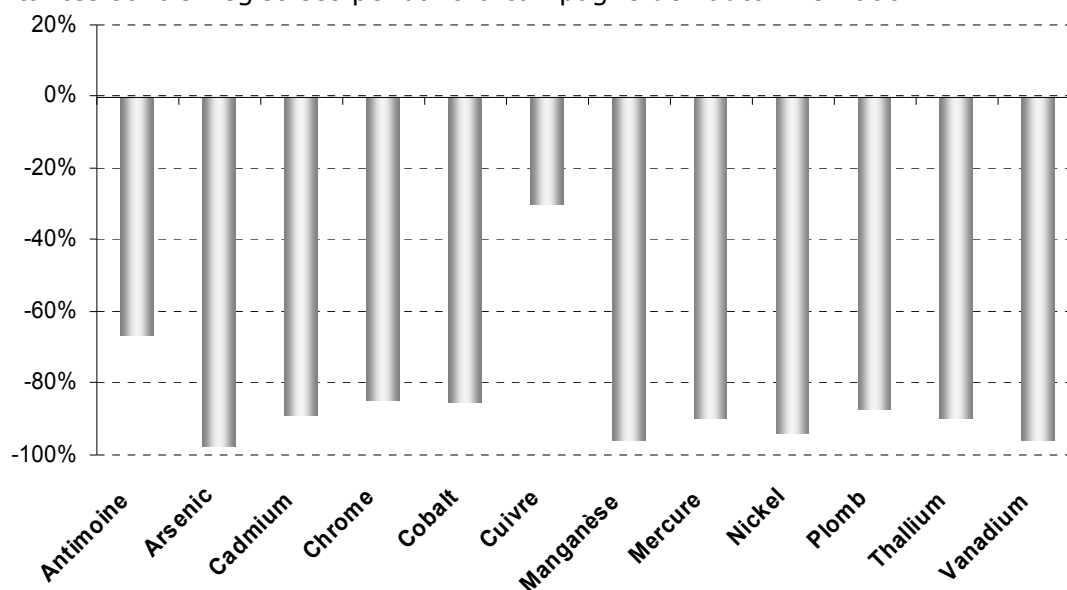


Figure 58 : Evolution des concentrations en métaux lourds dans les retombées atmosphériques entre l'automne 2006 et l'automne 2007

<sup>28</sup> Voir Annexe 8 : Niveaux moyens des polluants

Entre l'automne 2006 et l'automne 2007 les concentrations mesurées ont baissé en moyenne de 84%. Le cuivre, dont la concentration moyenne en retombées atmosphériques est la plus élevée ( $24.1 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ ), est aussi le polluant qui connaît la moins grande baisse en 2007 (30%).

D'après les données d'émissions, le cuivre provient essentiellement du trafic routier. Les données régionales indiquent que 74% des émissions de cuivre seraient issues de l'usure des plaquettes de frein. Sur la base de ces informations, il sera intéressant lorsque la base de données sera suffisante, d'étudier une corrélation entre les niveaux de cuivre et la proximité au trafic routier.

#### b) Air ambiant : surveillance continue

Les données mesurées sont comparées, à titre informatif, aux références de l'INERIS<sup>29</sup> (zones en couleur sur le graphique ci-dessous). Ces références bibliographiques sont antérieures à 2005 et à la mise aux normes de l'ensemble des incinérateurs français.

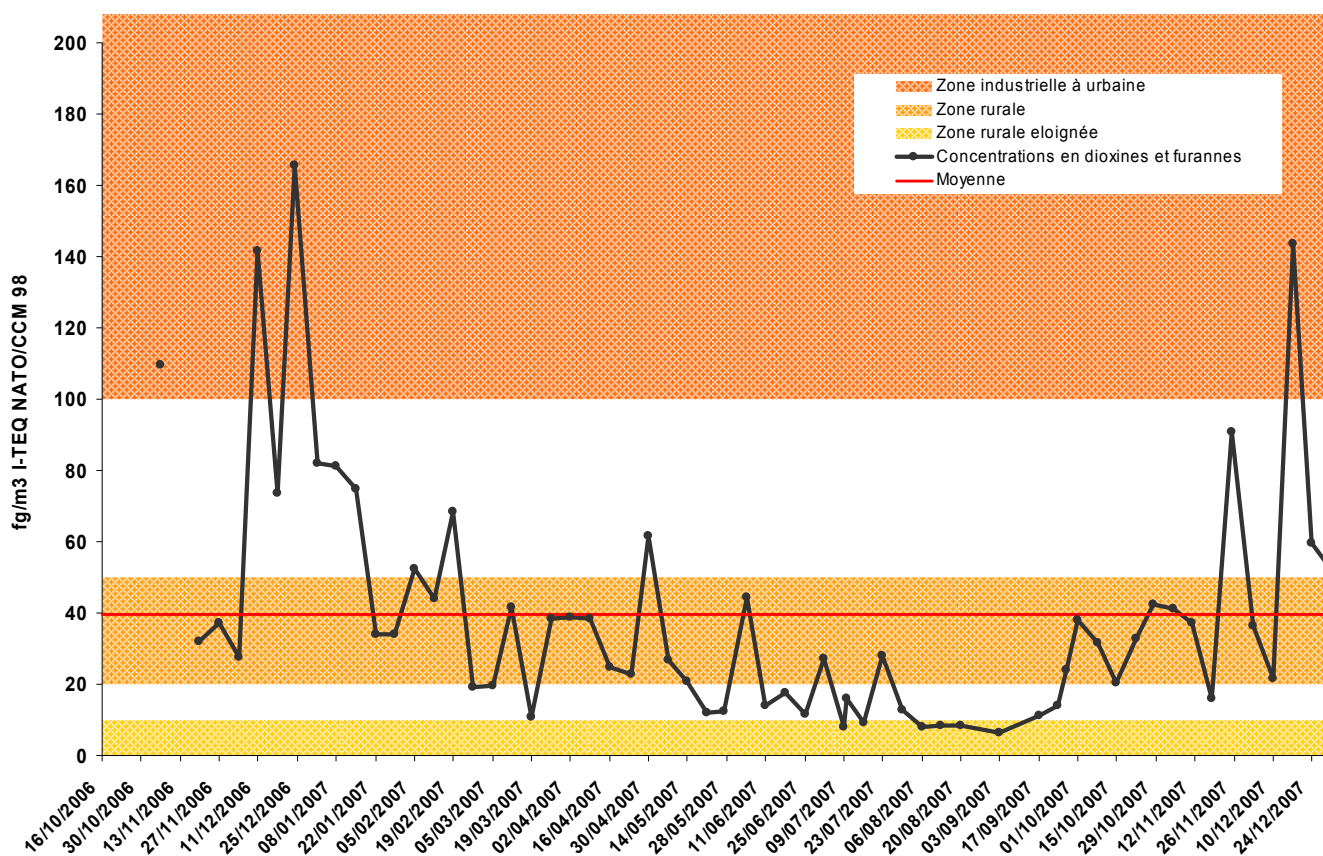


Figure 59 : Evolution temporelle des niveaux de dioxines et furanes mesurés en air ambiant

Contrairement aux retombées atmosphériques l'évolution hebdomadaire des mesures en air ambiant montre une baisse significative des niveaux pendant les périodes estivales. La moyenne annuelle en 2007 est de  $33.8 \text{ fg I-TEQ}/\text{m}^3$ , elle se situe dans la classe « zone rurale ». Trois prélèvements seulement correspondent à des concentrations mesurées habituellement en « zone industrielle à urbaine ».

<sup>29</sup> Lire la partie « Niveaux de références/Air ambiant » page 16



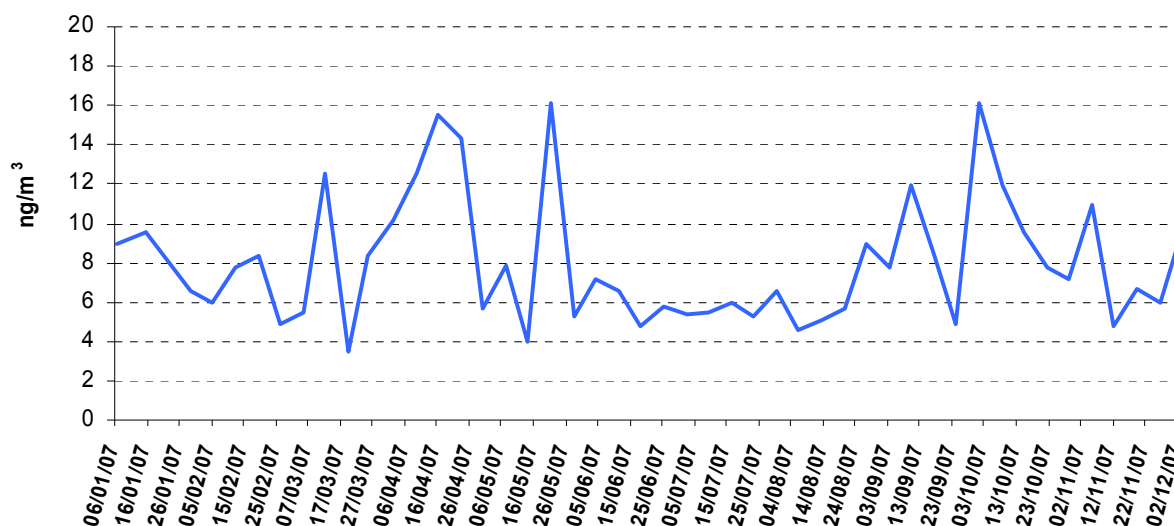


Figure 60 : Evolution temporelle des concentrations de manganèse mesurées en air ambiant

Les métaux lourds prélevés en air ambiant sur le site de Lyon Centre, dont le manganèse présenté ci-dessus, montrent la même tendance que pour les dioxines/furanes avec des niveaux bas en été.

► Les variations inversées qui ont été mesurées entre les mesures en air ambiant et les retombées atmosphériques sont probablement dues aux conditions météorologiques. L'été 2007 a été particulièrement pluvieux sur le bassin lyonnais. Ainsi, il est probable que le lessivage de l'atmosphère par les précipitations, occasionne un transfert des particules dans l'air vers les retombées atmosphériques.

#### 4.2.3. La répartition des congénères de dioxines et furanes est-elle similaire selon les saisons ?

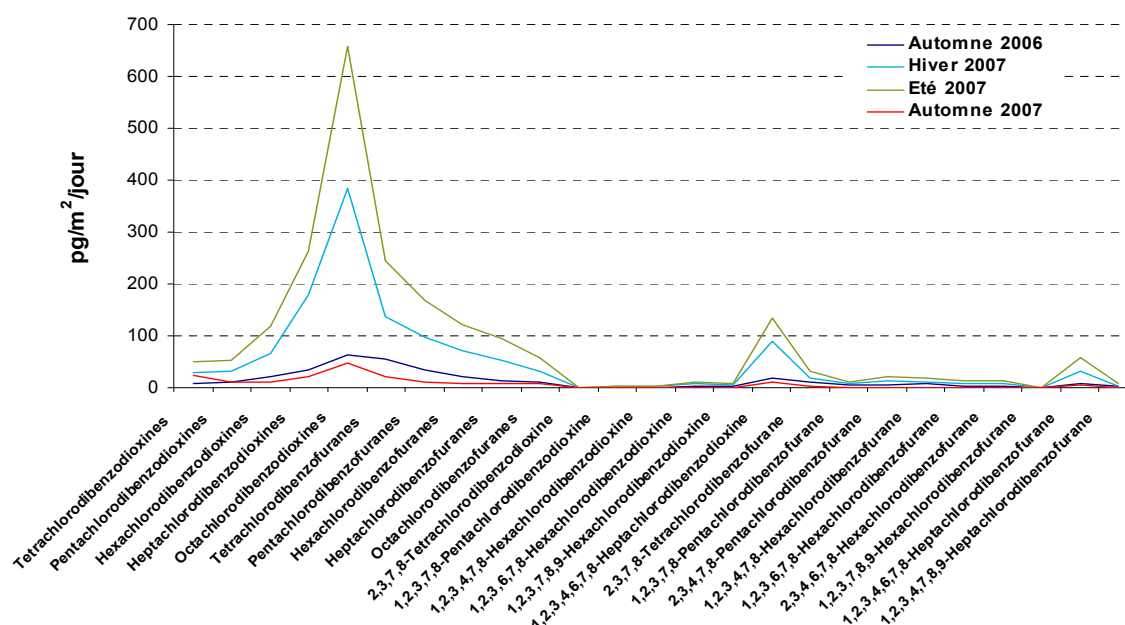


Figure 61 : Moyennes saisonnières des congénères de dioxines et furanes dans les retombées atmosphériques

Dans les retombées atmosphériques, les congénères enregistrant les concentrations les plus fortes sont toujours les mêmes quelle que soit la saison. Le profil des congénères est similaire et seule la gamme de concentrations évolue selon la saison.

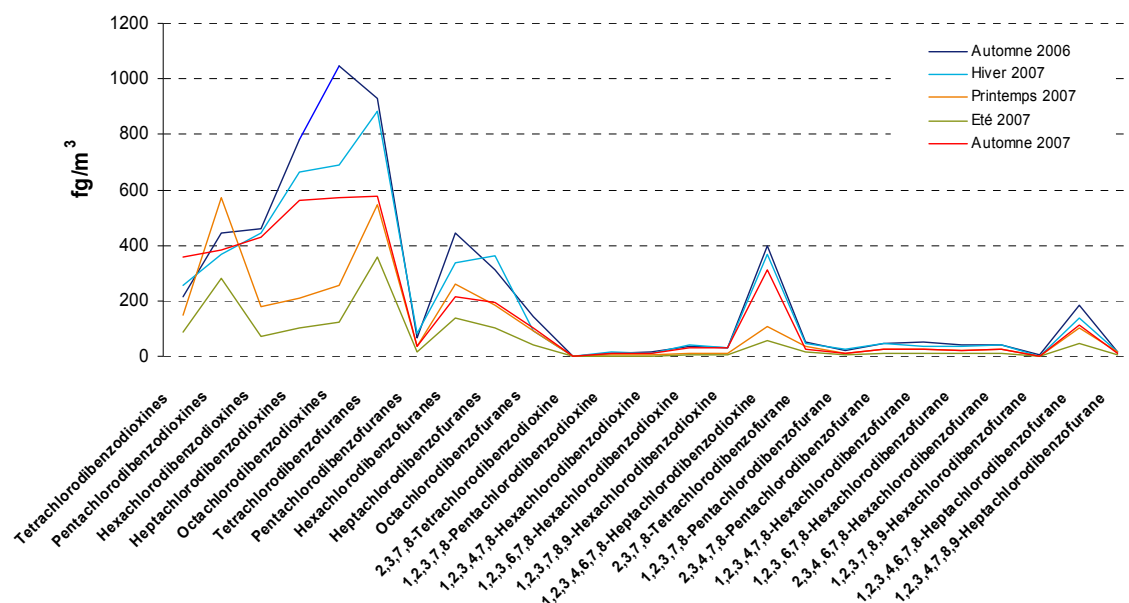


Figure 62 : Moyennes saisonnières des congénères de dioxines et furanes en air ambiant

En air ambiant, par contre, le profil des congénères peut évoluer légèrement selon la saison. Un profil commun se distingue ainsi lors de la période de mesures printanière et estivale. Globalement les niveaux sont inférieurs pendant ces saisons toutefois les Pentachlorodibenzodioxines, les Hexachlorodibenzodioxines et les Heptachlorodibenzodioxines sont nettement moins présentes et ne suivent pas les profils de l'hiver 2007 et de l'automne 2006 et 2007.

### 4.3. Corrélations avec les émissions

La composition du mélange des PCDD et PCDF est très variable en fonction de leur origine. Certaines installations, notamment celles équipées de traitement des fumées, peuvent présenter une répartition des différents congénères assez reproductible appelée profil d'émission. Cependant le combustible et les conditions de combustion peuvent générer des profils très variables dans le temps. De ce fait au regard des informations actuellement recueillies auprès des exploitants d'unités d'incinération, il est difficile de caractériser une signature unique et spécifique à chaque type d'activité. Certaines caractéristiques semblent néanmoins exister notamment dans le cas des unités d'incinération<sup>30</sup>. D'une façon générale les processus de combustion émettent une grande proportion de furanes.

Toutefois, la présence de produits chimiques tels que les produits de traitements du bois dans les matières incinérées, peut fortement modifier le profil des émissions. L'apparition d'un profil de congénère caractéristique sur un site de mesure peut orienter vers l'origine des composés mesurés. L'identification d'une source est cependant un exercice complexe nécessitant une connaissance exhaustive de toutes les sources potentielles présentes dans le secteur de l'étude et la connaissance de leurs profils d'émissions. Or si des ouvrages relatifs aux profils d'émissions des UIOM sont trouvables, il n'en est pas de même pour toutes les sources de dioxines et furanes, notamment celle dont les conditions de brûlage ne sont pas maîtrisées telles que le brûlage de câbles ou de déchets verts.

<sup>30</sup> « Note sur les caractéristiques des profils de dioxines et furanes émis dans les gaz de combustion d'usines d'incinération d'ordures ménagères » LUTHARDT Pétér<sup>(1)</sup> ; SCHULTE Jochen<sup>(1)</sup> ; PERRIN Caroline<sup>(2)</sup> ; VASSE Laurent<sup>(2)</sup>

Notons également que la méthodologie de l'étude est basée sur des prélèvements de 7 jours en air ambiant et 2 mois dans les retombées atmosphériques. Le point de mesure peut ainsi se trouver lors de ces périodes sous l'influence de plusieurs sources, selon les conditions de vent rencontrées et être exposé à un mélange de signatures.

La composition moyenne de dioxines et furanes mesurées se compose à 40% de furanes pour les mesures en air ambiant et de 38% de furanes pour les mesures dans les retombées atmosphériques.

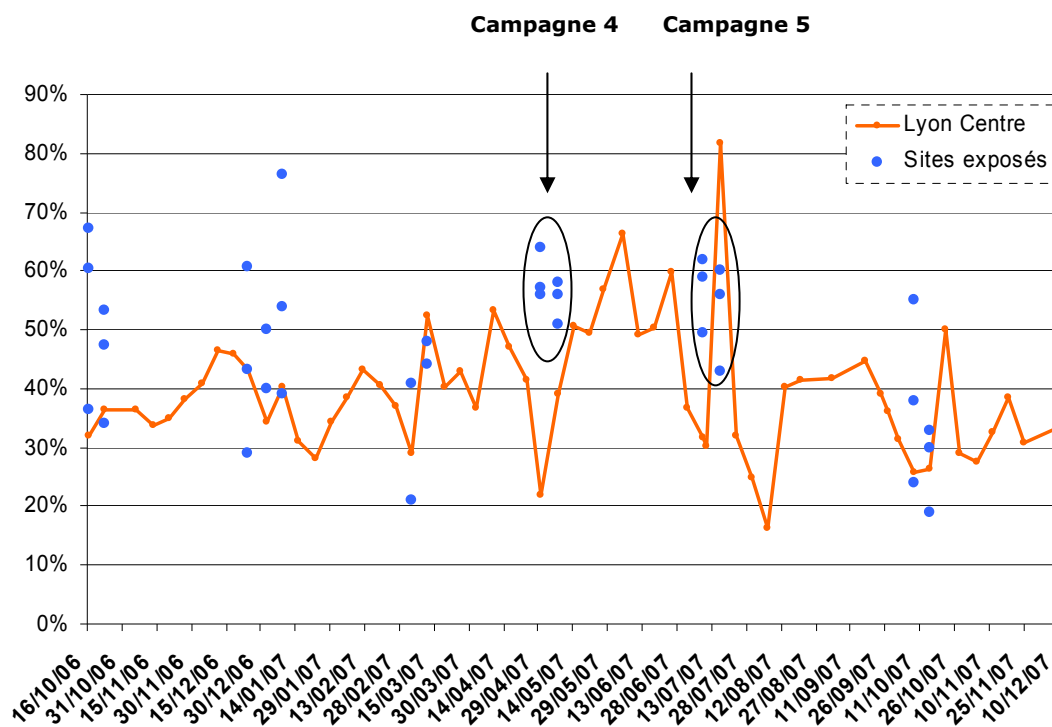


Figure 63 : Part des furanes mesurés dans les prélèvements dioxines et furanes en air ambiant

L'évolution des mesures en dioxines et furanes dans l'air ambiant montre que la part des furanes dans les prélèvements fluctue dans le temps. Globalement les mesures faites sur des sites sous l'influence d'incinérateurs contiennent une part de furanes plus importantes que les mesures effectuées sur le site urbain de référence. Toutefois le maximum a été enregistré à Lyon Centre avec 81 % de furanes mesurées dans le prélèvement air ambiant du 13 août 2007.

D'un site à l'autre sur une même période la part de furanes peut varier du simple au double. L'amplitude entre le pourcentage minimum et maximum de furanes dans les mesures est plus grande sur le site de Lyon Centre (68 points) que sur les sites exposés (10 à 45 points).

Ces amplitudes varient entre site de mesure mais également entre périodes de prélèvement. Le graphique ci-dessus fait apparaître des écarts très faibles entre les sites de mesures sur les campagnes de prélèvement 4 et 5 c'est-à-dire au printemps et en été. Sur ces mêmes périodes la part des furanes dans les mesures est supérieure à celle des dioxines.

### ► Distingue-t-on des fluctuations saisonnières sur un site exposé ?

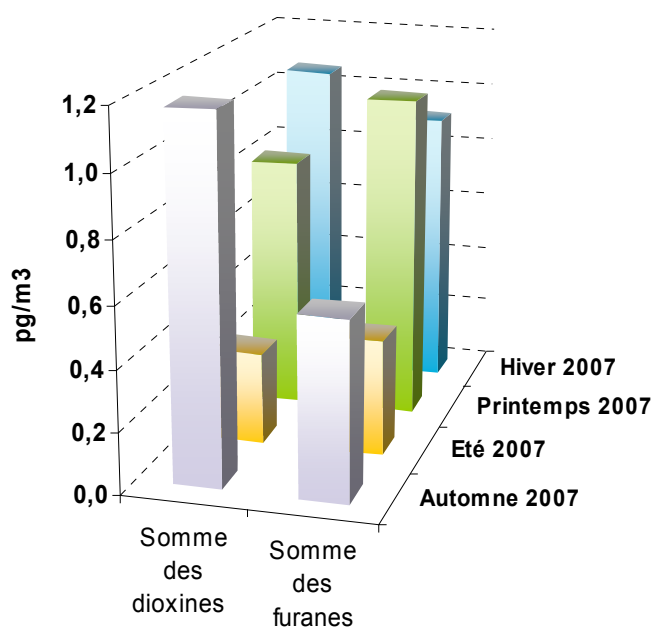


Figure 64 : Concentrations en air ambiant des dioxines et furanes sur le site de Gerland

La somme de dioxines mesurées sur le site de Gerland en 2007 est plus importante que la somme de furanes. Cependant en été et au printemps la tendance s'inverse et c'est la somme de furanes qui est plus élevée que la somme des dioxines.

## 4.4. Distance à la source

### ► Les concentrations sont-elles plus élevées à proximité immédiate des incinérateurs<sup>31</sup> ?

#### 4.4.1. Les métaux lourds

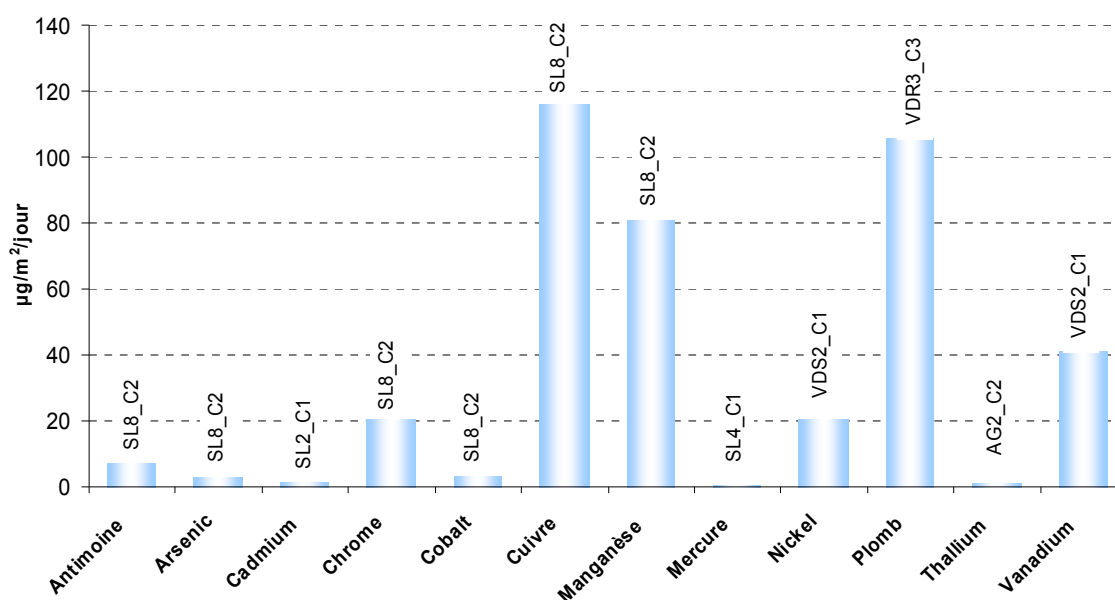


Figure 65 : Maximas des métaux lourds dans les retombées atmosphériques

<sup>31</sup> Un code site à été attribué à chaque point de mesure. Voir Annexe 4 : Tableau des correspondances

Les concentrations maximales de métaux lourds, mesurées parmi les 16 sites sondés par collecteurs de retombées atmosphériques et les 4 campagnes de mesures effectuées courant 2006 et 2007, indiquent que certaines zones sont plus touchées que d'autres.

Effectivement sur les 12 métaux mesurés 6 métaux (l'antimoine, l'arsenic, le chrome, le cobalt, le cuivre, et le manganèse) ont obtenus des valeurs maximums sur le même site de mesure et pendant la même campagne de mesure. Ce site localisé sur la commune de Saint-Fons se situe entre deux unités d'incinérations et plus précisément à 1.6km au Sud-est du premier et 780 mètres au Nord du second.

Un lien entre distance à l'incinérateur et niveaux des concentrations peut être avancé hormis pour les concentrations de nickel et de vanadium. Les valeurs maximums de ces deux polluants ont été mesurées sur le site de référence rurale choisi dans une zone non directement exposée. Depuis octobre 2006, les concentrations dans les retombées relevées sur ce site rural sont certes faibles mais comparables à certains sites proches d'incinérateurs.

Le lien entre les données de retombées atmosphériques et la distance à la source n'est donc pas aisé. Les masses d'air chargées de particules qui vont se déposer dans les collecteurs de retombées atmosphériques peuvent venir de zones lointaines. De même l'environnement proche d'une unité d'incinération est composé de multiples sources d'émission ce qui rend le lien entre distance à la source et niveaux des concentrations fragile.

#### 4.4.2. Les dioxines et furanes

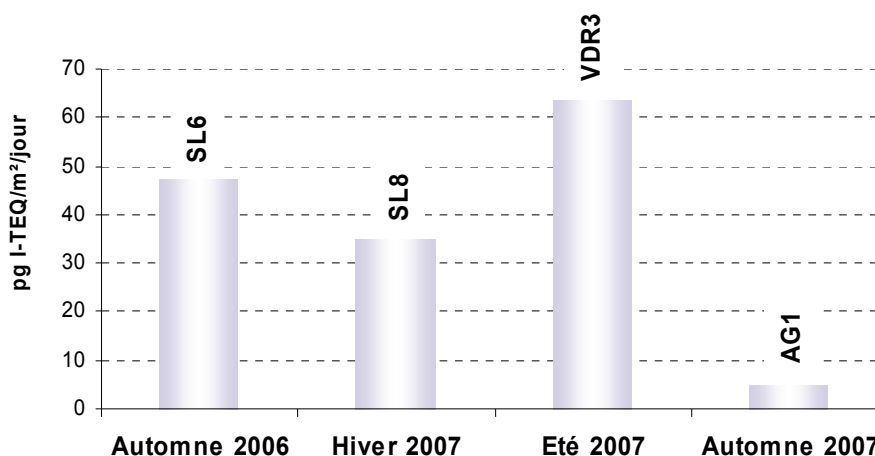


Figure 66 : Maxima en dioxines et furanes dans les retombées atmosphériques

En ce qui concerne les dioxines et furanes dans les retombées, les valeurs maximales ne sont enregistrées que sur des points de mesures en proximité immédiate des unités d'incinérations. Le site de référence urbaine ne dépasse pas la valeur de 17 pg I-TEQ/m²/jour et le site rural ne dépasse pas 10 pg I-TEQ/ m²/jour.

Toutefois lors de la campagne estivale la concentration mesurée sur le site rural n'était pas la plus basse ; 4 points de mesures soumis à l'influence directe des unités d'incinération ont des concentrations inférieures au site rural. (Cf. Figure 75 : Concentrations en dioxines et furanes lors de la campagne estivale de 2007)

## 4.5. Différences entre les zones étudiées

### 4.5.1. Les « signatures » sont-elles différentes entre les zones ?

Les profils dressés ci-dessous représentent le poids de chaque composé par rapport à la masse totale de l'échantillon mesuré.

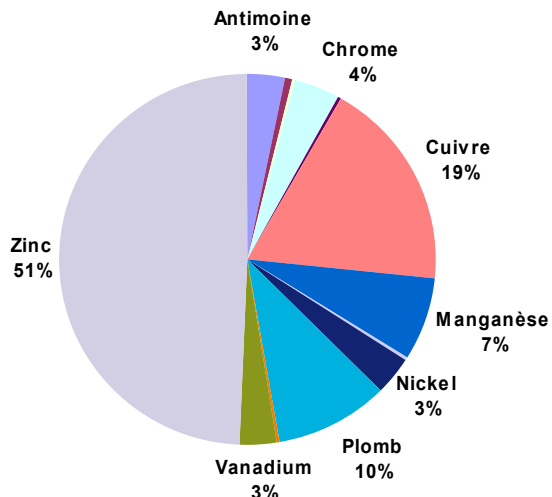


Figure 67 : Profil moyen des métaux lourds en air ambiant sur la zone Lyon Sud

- pas ou très peu d'arsenic, mercure, thallium, cadmium, et cobalt

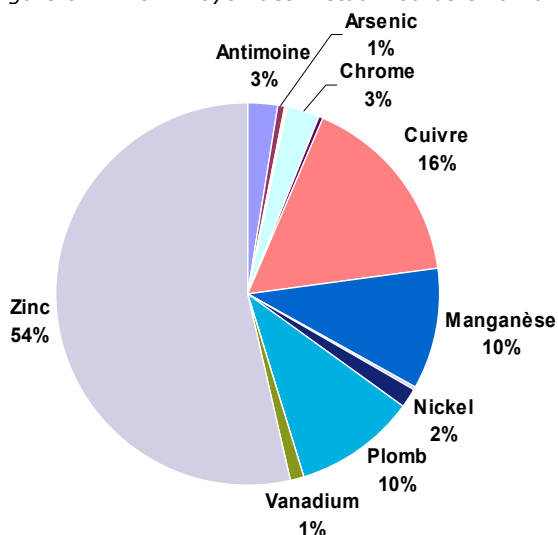


Figure 68 : Profil moyen des métaux lourds en air ambiant sur la zone de l'agglomération grenobloise

- pas ou très peu de mercure, thallium, cadmium, et cobalt
- part du zinc plus importante que sur les zones du Rhône
- de l'arsenic

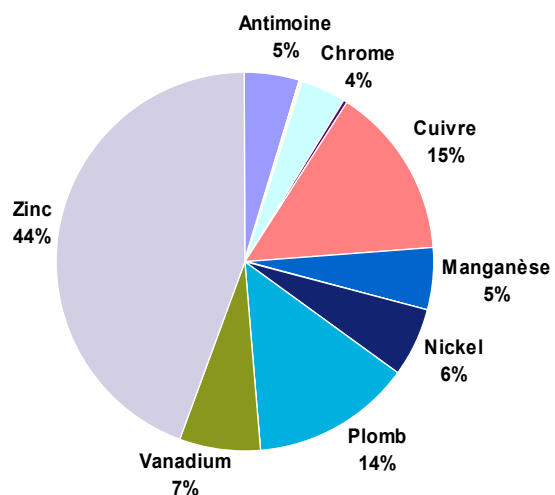


Figure 69 : Profil moyen des métaux lourds en air ambiant sur la zone de Val de Saône

- pas ou très peu d'arsenic, mercure, thallium, cadmium et cobalt
- part du vanadium et plomb plus importante

Il n'y a pas de grandes disparités entre les 3 zones d'études. La signature des composés métaux lourds en air ambiant sur les différentes zones varie peu.

#### 4.5.2. Les « signatures » présentent-elles des différences entre les sites ?

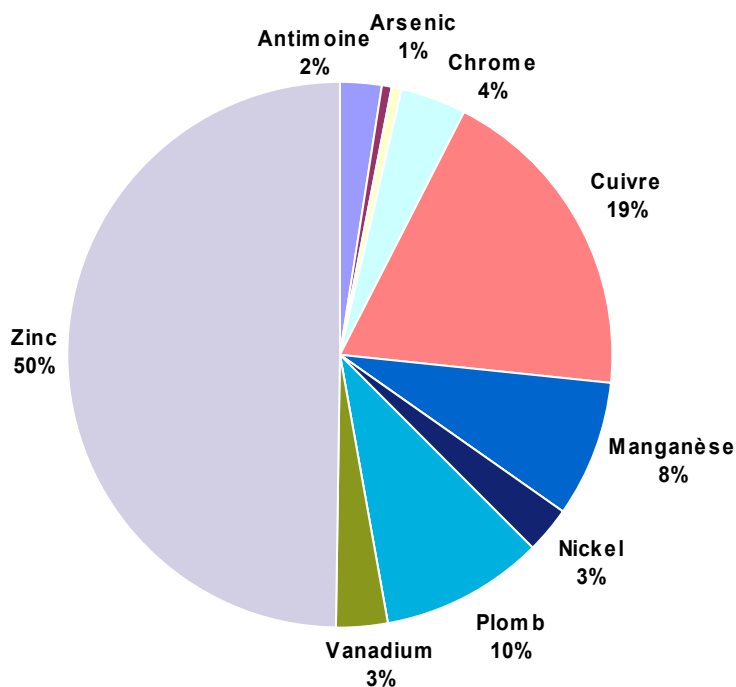


Figure 70 : Profil moyen des métaux lourds en air ambiant sur le site de référence urbaine

Tous les profils moyens des métaux lourds par site sont disponibles en **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

Éléments remarquables issus des différents profils par sites :

- ▶ Lyon centre et Gerland, deux sites de typologie urbaine mais plus proche d'un incinérateur pour le deuxième, ont des profils moyens quasi identiques.
- ▶ Les deux sites du Sud Lyonnais positionné à 1.5 km l'un de l'autre ont des profils moyens différents. Les résultats montrent qu'il n'est pas possible de qualifier par un profil type une même zone géographique.
- ▶ Le profil du site Grenoblois diffère avec une part de zinc légèrement plus importante. Toutefois en termes de concentration ce site présente moins de zinc que ceux du sud lyonnais.
- ▶ Les sites de Curis-au-Mont-D'Or et Saint-Fons dont les localisations sont très éloignées, mais qui ont été surveillés pendant la même période c'est-à-dire en automne 2006 et hiver 2007, présentent des profils moyens très proches. Notamment la part de Vanadium et de Nickel est plus importante que sur les autres sites.

## 4.6. Influence de paramètres météorologiques<sup>32</sup>

### 4.6.1. Températures

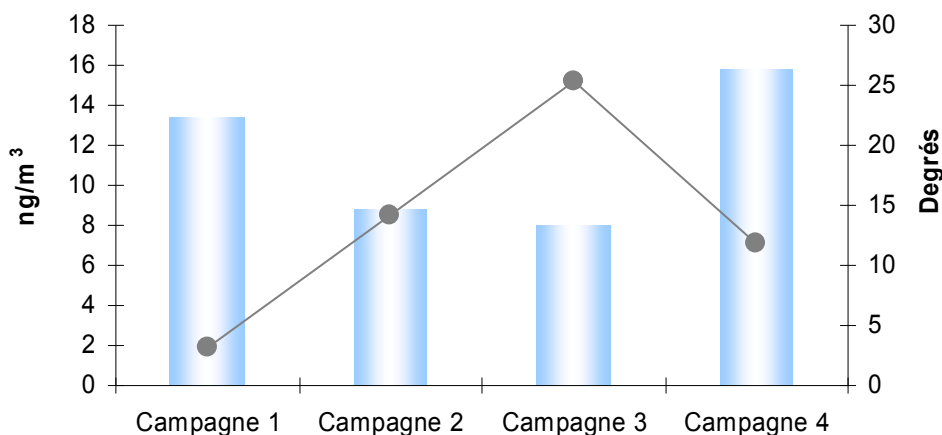


Figure 71 : Comparaison entre les concentrations de manganèse en air ambiant mesurées sur la zone « Lyon Sud » en 2007 et les températures relevées à Solaize

La température semble un facteur corrélé avec les niveaux de certains métaux lourds dans l'air ambiant comme le manganèse présenté ci-dessus. Une campagne de mesure qui se déroule en été avec des températures chaudes correspond à une faible présence de manganèse dans l'air ambiant. Seuls le Zinc et le Vanadium ne confirment pas cette tendance.

Par contre le facteur température n'est pas significatif au regard des concentrations mesurées dans les retombées atmosphériques.

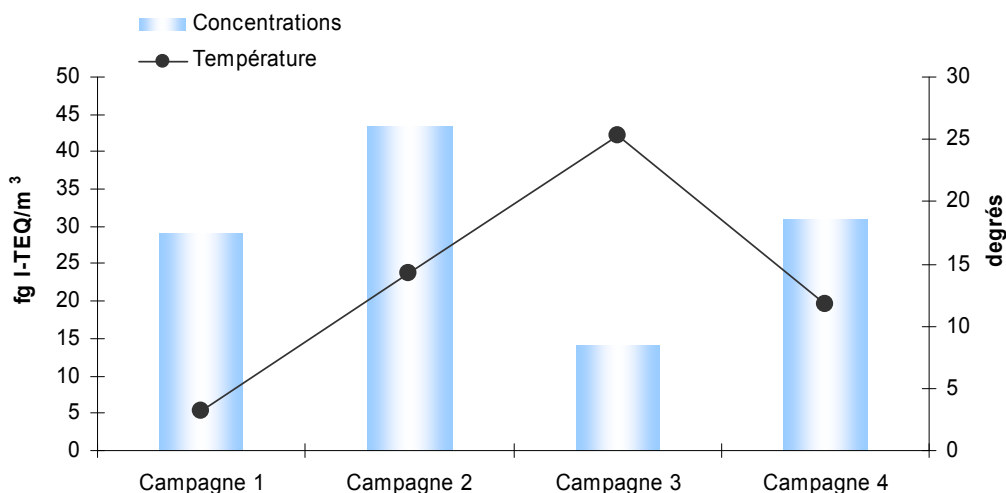


Figure 72 : Comparaison entre les concentrations de dioxines et furanes en air ambiant mesurées sur la zone « Lyon Sud » en 2007 et les températures relevées à Solaize

Aussi bien pour les dioxines et furanes que pour les 12 métaux lourds mesurés dans les retombées atmosphériques la température ne joue pas un rôle sur les niveaux des concentrations. A noter que la durée des prélèvements (2 mois) limite les possibilités d'étude de corrélation.

<sup>32</sup> Voir Annexe 15 : Schéma de l'évolution d'un polluant dans l'atmosphère



#### 4.6.2. Vent

La moyenne 2007 pour la vitesse et pour la direction des vents donne une bonne représentation des profils de vent calculés semaine par semaine<sup>33</sup>.

##### ► Vitesse du vent

Sur l'ensemble des périodes de mesures de 2007, les vents mesurés sont plutôt faibles (compris entre 0.5 et 2.5m/s) sur la zone de Lyon Sud (station météo de Solaize) et sur l'agglomération grenobloise (station météo France du Versoud).

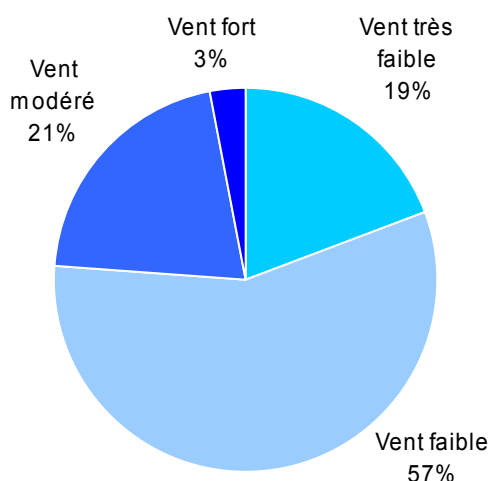


Figure 74 : Répartition des vents sur la station de Solaize en 2007

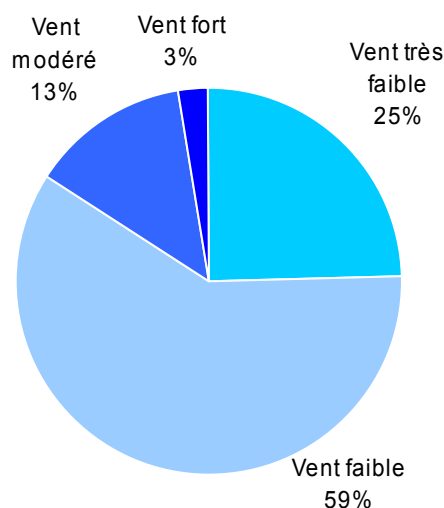


Figure 73 : Répartition des vents sur la station Météo France du Versoud

En ce qui concerne la vitesse de vent, aucune semaine de mesures n'a de profil différent de ces moyennes annuelles.

##### ► Direction du vent

Sur l'ensemble des 4 campagnes de mesures la direction du vent sur Lyon Sud était plutôt de Nord tandis que sur l'agglomération grenobloise la direction du vent était plutôt d'Est.

Seules 2 semaines semblent avoir un profil météorologique atypique, il s'agit de la seconde semaine de mesures de la campagne n°2 et la première semaine de mesure de la campagne n°3. Plus de 50% des vents venaient plutôt du sud. Du côté de l'agglomération grenobloise la première semaine de mesure de la campagne n°2 est la seule dont l'origine des vents diffère des autres campagnes, à savoir les vents provenaient à 47% de l'Ouest.

Contrairement aux résultats attendus, aucune corrélation entre direction du vent et niveaux des concentrations n'est observée.

► ► Toutefois la direction permet de valider ou non la provenance d'une valeur maximum. Selon une méthode d'interprétation des résultats de retombées de dioxines et furanes, décrite par l'Ineris<sup>34</sup>, une valeur est considérée comme significative si elle est supérieure

<sup>33</sup> Annexe 12 : Répartition de la vitesse et direction des vents par semaine de mesure en air ambiant

<sup>34</sup> Voir Annexe 7 : Résumé de l'approche proposée par l'INERIS

à plus de 10 pg I-TEQ /m<sup>2</sup>/jour de la moyenne sur la période, et si le site de mesure se trouve dans une direction représentant au moins 25% de la direction du vent. Une valeur de 40 pg I-TEQ /m<sup>2</sup>/jour est donné à titre indicatif. Cette valeur correspondrait à une contamination des produits laitiers de 4 pg I-TEQ/g MG.

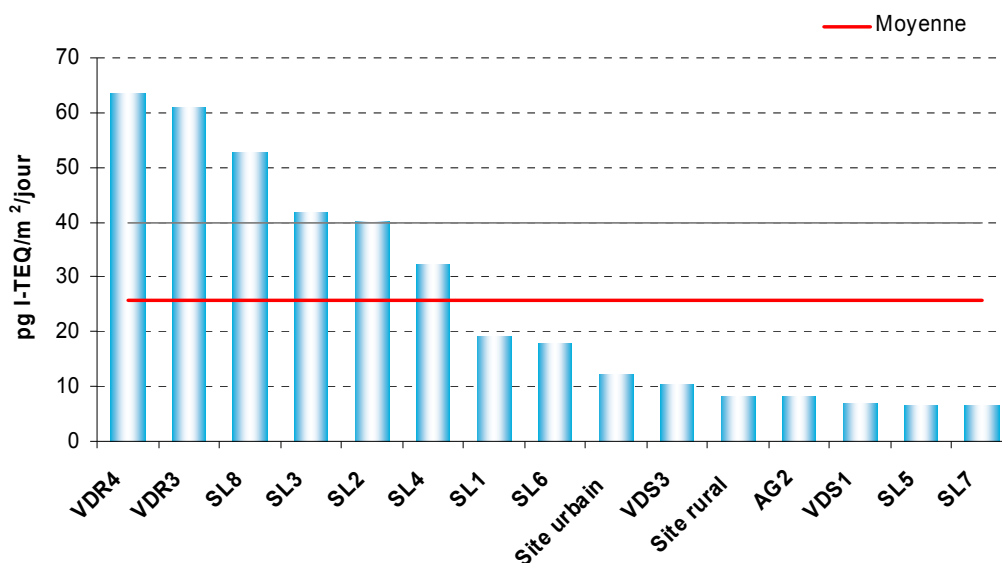


Figure 75 : Concentrations en dioxines et furanes lors de la campagne estivale de 2007

Cette campagne de mesure qui s'est déroulée du 10 juin au 8 août 2007 (campagne n°3) a enregistré des valeurs plus élevées que les autres. Cinq sites de mesures répondent aux critères d'une valeur significative selon l'Ineris. Les concentrations en dioxines et furanes de 3 points de mesures localisés dans la zone « Lyon Sud » et 2 points de mesures localisés dans la zone « Vallée du Rhône » sont supérieures à 40 pg I-TEQ /m<sup>2</sup>/jour et dépassent de plus de 10 pg I-TEQ /m<sup>2</sup>/jour la moyenne sur la période (25 pg I-TEQ /m<sup>2</sup>/jour).

La direction des vents sur le site de Solaize, représentatif des conditions météorologiques du sud lyonnais indique des vents venant plutôt de sud (42%). Sur le site de l'A7 Nord-Isère, représentatif des conditions météorologiques de la zone « Vallée du Rhône », la direction du vent est également axé sud à 43%.

► Les 3 points de mesures de la zone « Lyon Sud » se situent au nord de 2 unités d'incinérations surveillées dans le cadre de cette étude. Les valeurs mesurées sur ces 3 sites remplissent toutes les conditions pour être des concentrations significatives. Concernant les 2 sites de la zone « Vallée du Rhône », ils se situent de part et d'autre d'une unité d'incinération. Seule la concentration du site VDR3 pourrait cependant être considérée comme valeur significative selon la méthode proposée par l'Ineris.

Il est préconisé d'une part de pondérer la responsabilité d'une installation dans une contamination éventuelle par rapport à un niveau de bruit de fond élevé et d'autre part, de suivre l'historique des niveaux de retombées autour de l'installation. Une ou deux années de mesures supplémentaires seront encore nécessaires pour obtenir un recul suffisant sur les niveaux rencontrés en 2006 et 2007.

#### 4.6.3. Pluviométrie

► La pluie est-elle un facteur déterminant pour les niveaux de dioxines et furanes mesurés en air ambiant ?

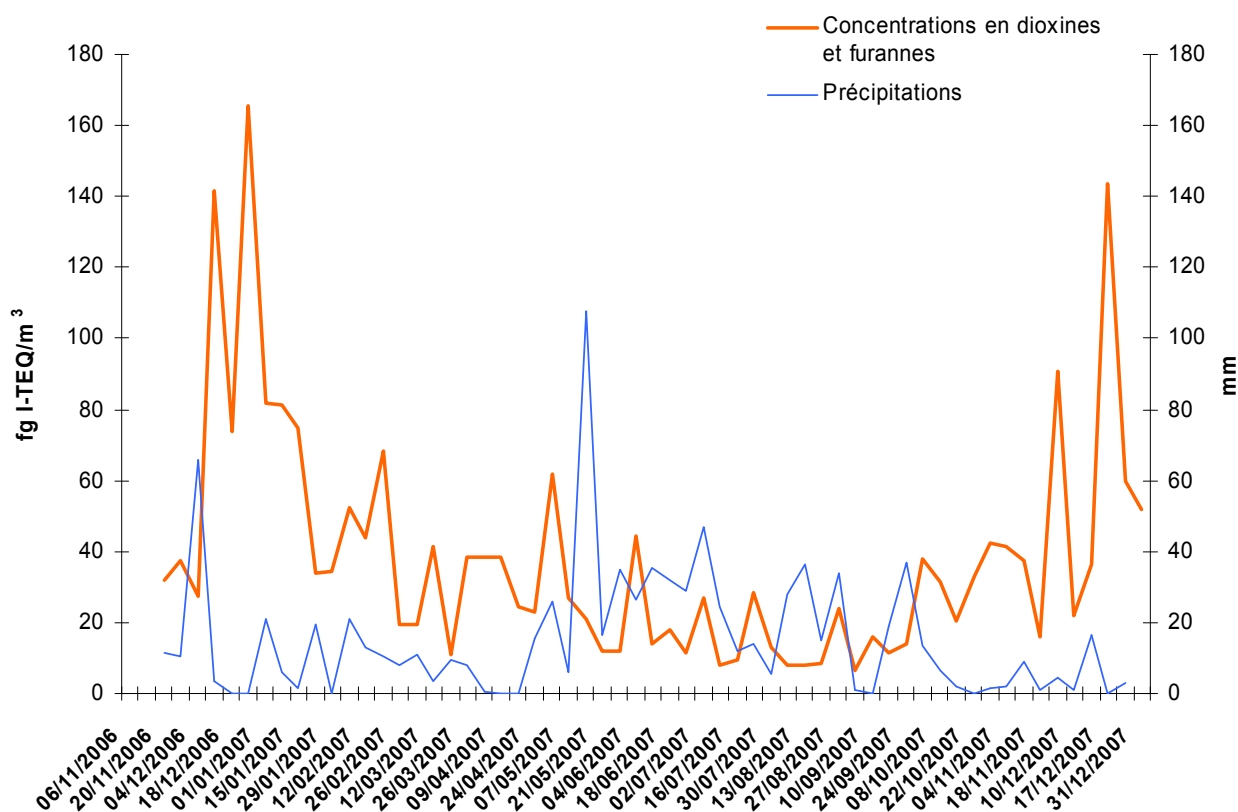


Figure 76 : Comparaison entre les précipitations mesurées sur la station météo France de « Lyon Bron » et niveaux de dioxines et furanes en air ambiant mesurés sur le site de référence urbaine « Lyon Centre »

A l'observation du graphique ci-dessus une corrélation entre pluviométrie faible et niveaux de dioxines et furanes en air ambiant élevés, est envisageable (hypothèse soulevée dans le paragraphe b) de la partie IV). La valeur maximum est de 165 fg I-TEQ/m<sup>3</sup>, elle a été atteinte une semaine sans pluie. Toutefois avec une valeur de 0.14, le coefficient de corrélation rend bancal cette constatation graphique.

► Pour les campagnes de mesures sur sites exposés cette corrélation est-elle vérifiée ?

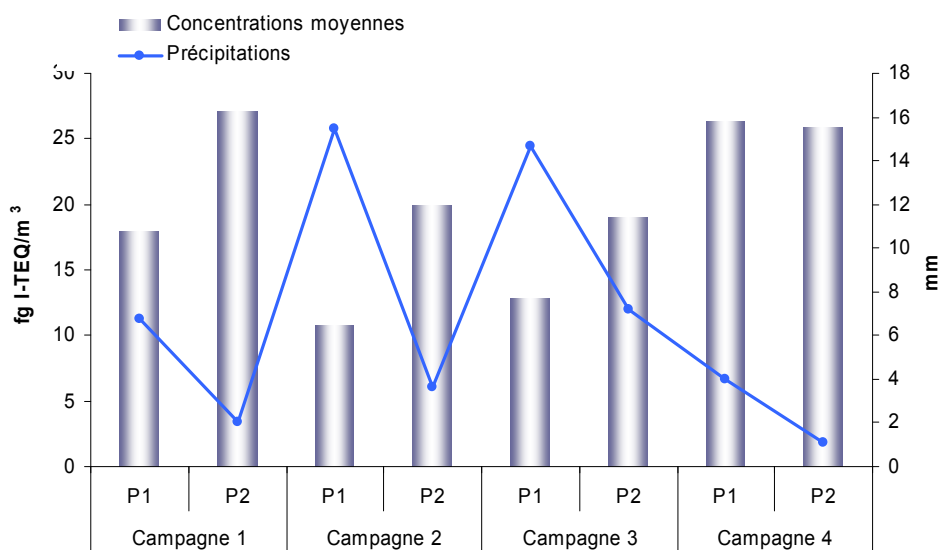


Figure 77 : Comparaison entre les précipitations mesurées sur la station météo France de « Lyon Bron » et les niveaux de manganèse mesurés pendant les campagnes de mesures dans l'air ambiant en 2007

Une corrélation entre niveaux de concentrations en manganèse bas et pluviométrie élevée est visible. Les précipitations sont logiquement un facteur de baisse des

concentrations de particules dans l'air ambiant. Cela se vérifie également sur les concentrations de métaux et dioxines/furanes. Lors de journées pluvieuses, les particules non piégées dans l'air sont ainsi probablement piégées dans les retombées atmosphériques.

► Existe-t-il un lien entre pluviométrie et concentration dans les retombées ?

La relation entre pluviométrie et niveau de concentration n'est pas évidente. Par campagne de mesure particulièrement pluvieuse, la hausse des niveaux de dioxines et furanes ou des métaux lourds n'est pas systématique. Il convient de rappeler que les collecteurs de retombées peuvent aussi recueillir des dépôts secs (retombées ou remises en suspension de particules dans l'air).

#### 4.6.4. Inversion des températures

Les jours où une inversion de température est formée sont des périodes qui induisent une stagnation des polluants près du sol. Les mesures effectuées habituellement lors de ces journées montrent des concentrations plus élevées qu'en période d'instabilité atmosphérique.

Le gradient vertical de la température conditionne la stabilité de l'atmosphère et intervient donc dans la dispersion verticale des polluants. Une inversion se produit lorsqu'une couche d'air froid est « emprisonnée » sous une couche d'air chaud (cas d'un fond de vallée faiblement ensoleillé où l'air froid s'accumule). L'ascension des polluants dans l'atmosphère est bloquée lorsqu'ils rencontrent cette masse d'air plus chaude. Les polluants s'accumulent alors sous cette couche d'inversion.

► Retrouve-t-on cette corrélation avec les prélèvements effectués dans le cadre de cette étude ?

Au regard des données de gradient de températures dans les très basses couches<sup>35</sup>, 2 semaines sur les 13 semaines que compte les 6 campagnes de mesures menées en air ambiant se sont déroulées pendant des semaines pouvant être considérées comme stables. Ces deux semaines de mesure sont hivernales : la semaine du 8 au 16 janvier 2007 (campagne 2 semaine 2) et la semaine du 11 au 18 mars 2007 (campagne 3 semaine 2).

---

<sup>35</sup> GTTBC : Gradient des très basses couches, données fournies par Météo France

► Niveaux des métaux lourds dans l'air ambiant pendant ces deux semaines :

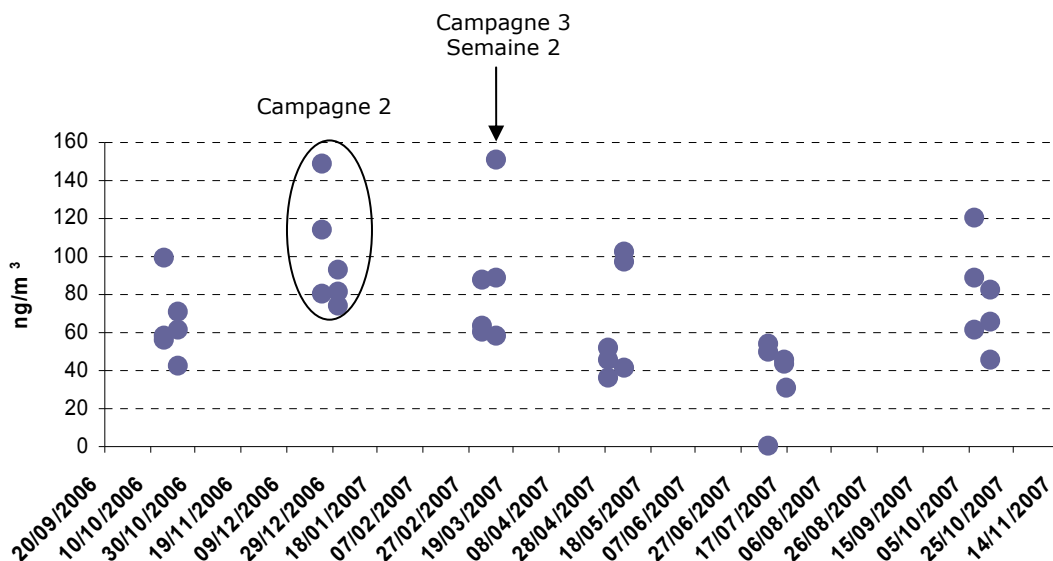


Figure 78 : Concentrations de zinc en air ambiant sur les sites exposés

Les concentrations de zinc par prélèvement présenté ici montrent que les valeurs les plus élevées ont été atteintes pendant les campagnes 2 et 3. Plus précisément le maximum a été atteint pendant la semaine 2 de la campagne 3, semaine définie ci-dessus comme particulièrement favorable à l'accumulation des polluants. Il en est de même pour le Vanadium, le Nickel, le Manganèse, le Cuivre, le Chrome et l'Arsenic qui ont atteint des valeurs maximales lors de la campagne 3 semaines 2. Quant au Plomb et au Cadmium, ces métaux ont atteint des valeurs maximales lors de la campagne 2 semaine 2. Voir « **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** » pour les graphiques détaillés métal par métal.

► Niveaux des dioxines et furanes dans l'air ambiant pendant ces deux semaines :

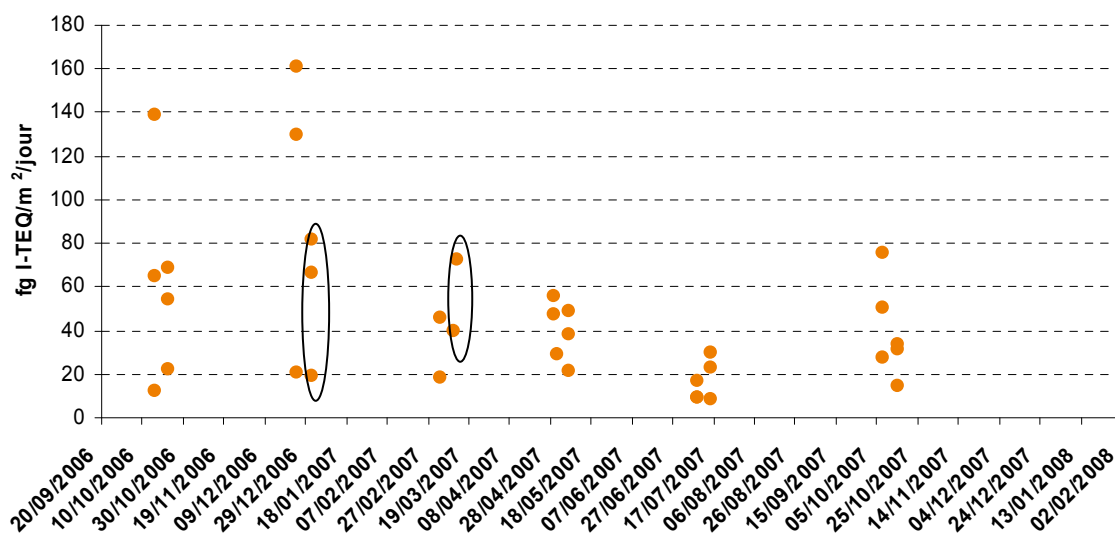


Figure 79 : Concentrations en dioxines et furanes en air ambiant sur les sites exposés

La tendance à la hausse des concentrations de polluant, lors de ces deux semaines particulièrement favorables à l'accumulation, n'est pas flagrante pour les dioxines et furanes. La concentration maximale (160 fg I-TEQ/m²/jour) a été mesurée lors de la campagne 1 semaine 1, période d'instabilité atmosphérique.

## 4.7. Relation avec les variations de polluants classiques

### 4.7.1. Les niveaux de métaux lourds et de dioxines sont-ils corrélés aux PM<sub>10</sub> ?

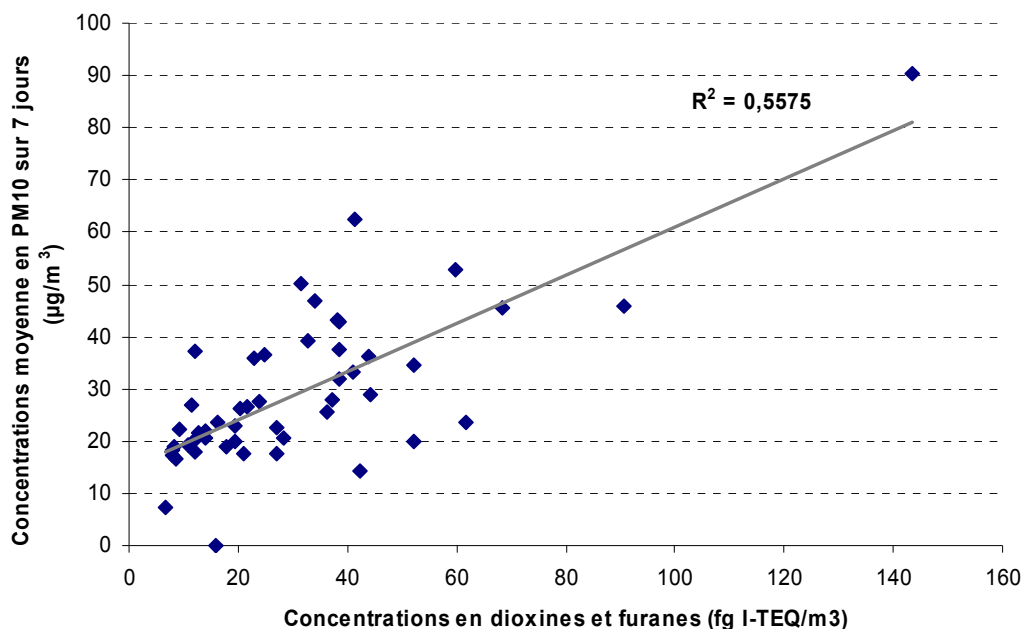


Figure 80 : Corrélation entre la concentration de dioxines et furanes et la concentration de particules en suspension sur le site de Lyon centre

- ▶ Corrélation relativement marquée entre les particules en suspension (PM<sub>10</sub>) et les concentrations de dioxines et furanes en air ambiant.
- ▶ L'arsenic et le plomb sont relativement bien corrélés avec les concentrations moyennes en poussières.

### 4.7.2. Corrélations avec les autres polluants classiques

Sur le site de Lyon Centre, aucune corrélation n'est démontrée entre le polluant ozone et les différents métaux lourds mesurés. Par contre le dioxyde d'azote est assez bien corrélé avec le cuivre, le plomb et le zinc sur le site de Lyon Centre.

- ▶ La corrélation entre cuivre (72% des émissions liées au trafic routier à l'échelle régionale) et le dioxyde d'azote est assez bonne sur le site de référence urbaine. Qu'en est-il pour les mesurés effectuées sur des sites exposés<sup>36</sup> ?

Deux des trois remorques laboratoires de mesures de l'air ambiant utilisées en 2007 (Meylan et Feyzin) se trouvent dans le périmètre de grands axes routiers. L'influence du trafic sur les niveaux mesurés semble établie<sup>37</sup>.

<sup>36</sup> Ces corrélations sont calculées à partir du coefficient de corrélation linéaire. Elles sont fournies à titre indicatif car le jeu de données n'est pas assez important pour tirer des conclusions.

<sup>37</sup> Voir les moyennes en dioxydes d'azote page 55

La corrélation entre les niveaux de métaux lourds mesurés sur les différentes campagnes en air ambiant et les niveaux de polluants classiques<sup>38</sup> sur ces mêmes périodes montrent que :

- Le cobalt est fortement corrélé avec le monoxyde d'azote et les poussières sur Gerland et Meylan, deux sites en proximité d'unité d'incinérateur d'ordures ménagères.
- Le chrome est bien corrélé avec le monoxyde d'azote (coefficient de corrélation=0.78) et anti corrélé avec l'ozone sur les 3 points de mesures.
- L'Antimoine, le chrome, le cobalt, le cuivre, le nickel, et le plomb sont des métaux lourds fortement corrélés avec le monoxyde d'azote sur le site de Meylan.

---

<sup>38</sup> Voir les résultats métal par métal et site par site dans l'Annexe 17 : Corrélation entre métaux lourds et polluants classiques sur les sites exposés

## 4.8. Toxicité

Les concentrations de dioxines/furanes s'expriment communément en concentration d'équivalents toxiques (cf page 12) dont la référence de toxicité est la 2,3,7,8 TCDD, dite dioxine Seveso. Cette dernière, n'est cependant pas le congénère majoritaire de dioxines/furanes dans les échantillons recueillis dans le présent programme de surveillance.

La répartition observée des 25 congénères de dioxines/furanes sur l'ensemble des échantillons est relativement similaire, à l'exemple de celle du site urbain de référence qui est présentée sur le graphique ci-dessous.

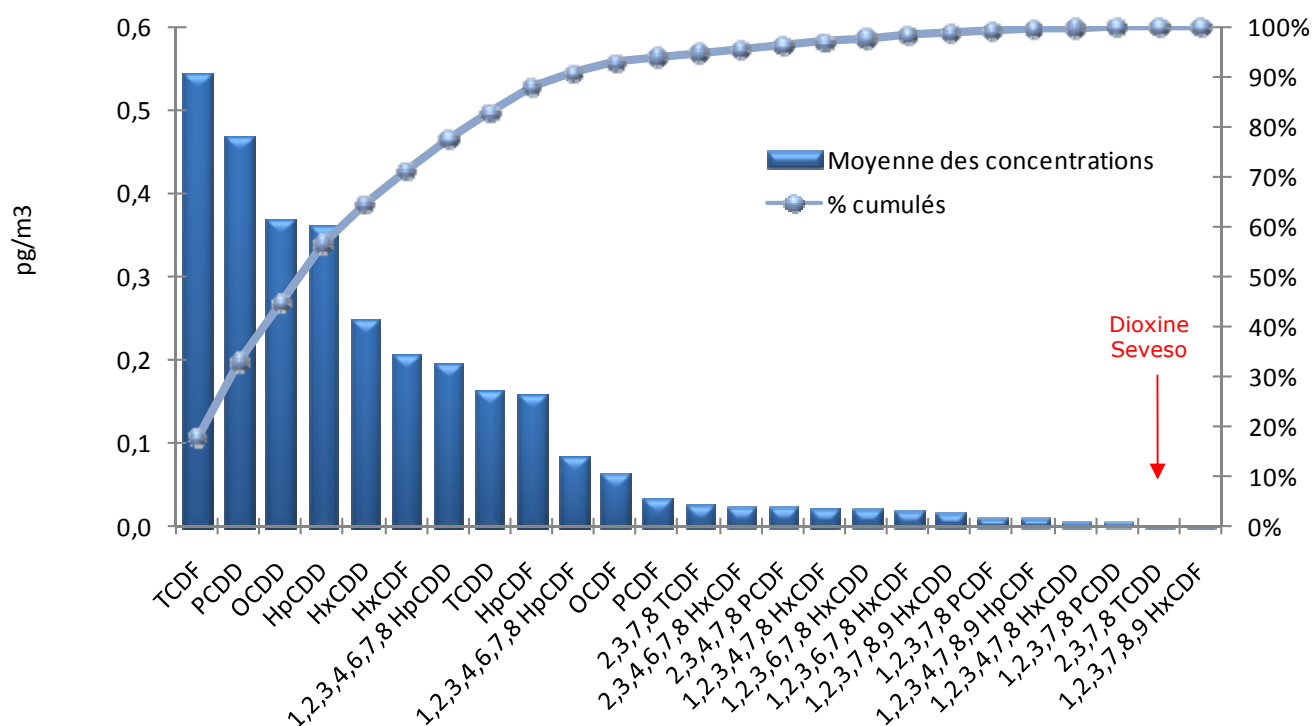


Figure 81 : Poids de chaque dioxines et furanes sur la masse totale

- 75 % de la masse totale de dioxines et furanes mesurées se compose de 7 congénères
- le congénère 2,3,7,8 TCDD, référence toxique, représente moins de 1% de la masse totale des PCDD/F

Parmi ces 25 congénères 17 sont reconnus comme toxiques. Chacun ayant un facteur de toxicité relatif à la 2,3,7,8 TCDD, il est alors possible d'attribuer ce coefficient aux concentrations du précédent graphique afin d'évaluer la contribution de chaque composé aux concentrations exprimées en équivalent toxique (I-TEQ).



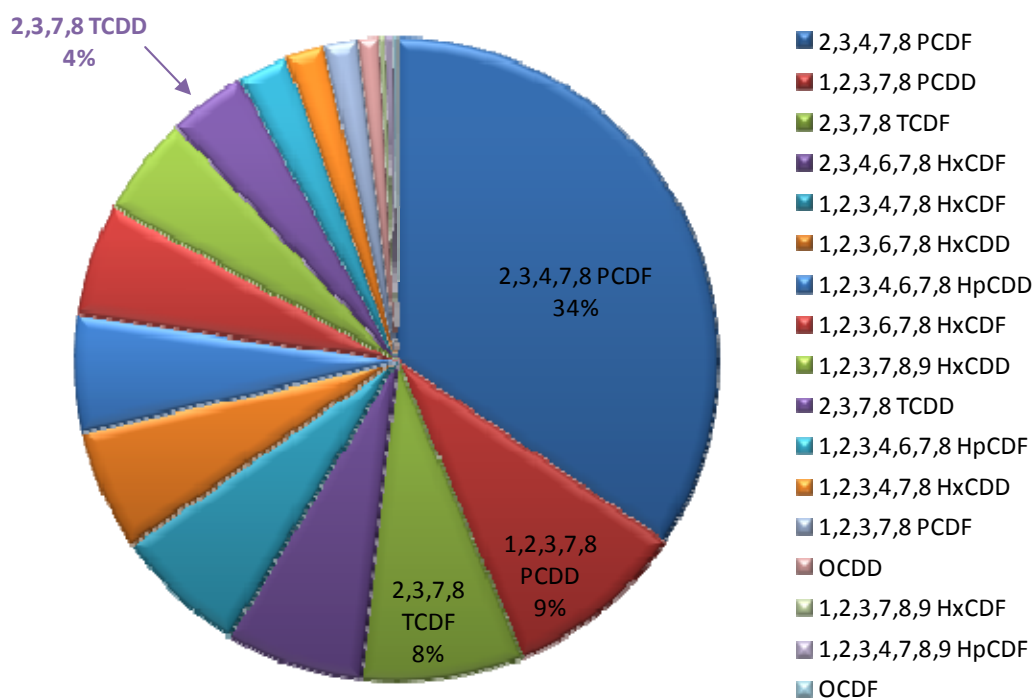


Figure 82 : Contribution de chaque congénère à la masse totale de dioxines et furanes

Ainsi la 2,3,7,8 TCDD contribue à hauteur de 4% à la toxicité alors qu'elle représente moins de 1% des concentrations mesurées.

#### 4.9. Comparaison des données d'émissions fournies par les partenaires avec les concentrations mesurées

► Observe-t-on un lien entre la répartition des métaux lourds mesurés lors des prélèvements à l'émission et celle des sites de mesures en air ambiant du sud de Lyon ?

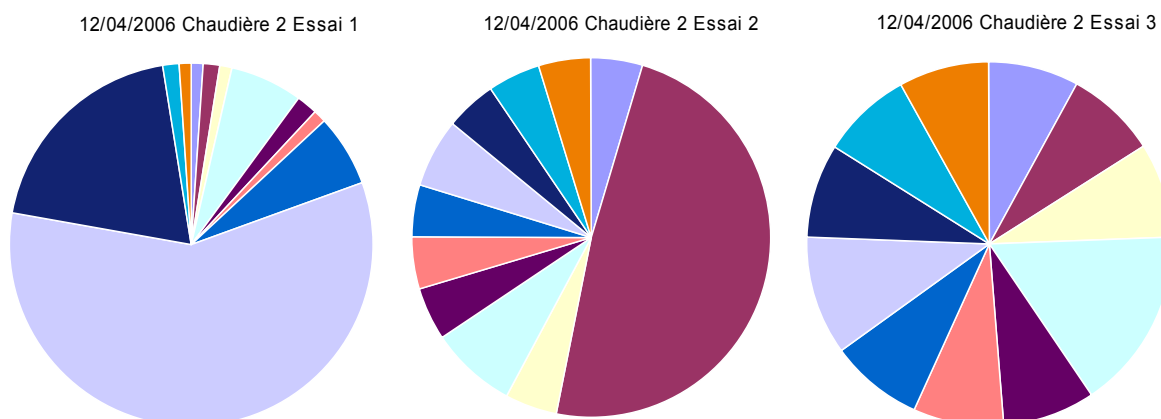


Figure 83 : Répartition des émissions de métaux lourds particuliers en sortie de cheminée de Rhodia Organique (Usine Saint-Fons Chimie) le 12/04/2006

Les données utilisées pour cet exercice sont fournies par le partenaire Rhodia Saint-Fons. La répartition observée des métaux lourds est très différente selon les prélèvements effectués et ne permet pas de dresser un profil d'émission représentatif de la chaudière 2. Les mêmes constatations valent pour une série de prélèvement du 27/3/2007.

Concernant les profils observés sur les concentrations de métaux lourds en air ambiant, ils montrent une part majoritaire de zinc sur les sites du sud lyonnais. Voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Le zinc n'étant pas mesuré sur les prélèvements à l'émission voici les profils recalculés sans ce métal sur le site SL2 le plus approprié à la surveillance du panache de la cheminée 2.

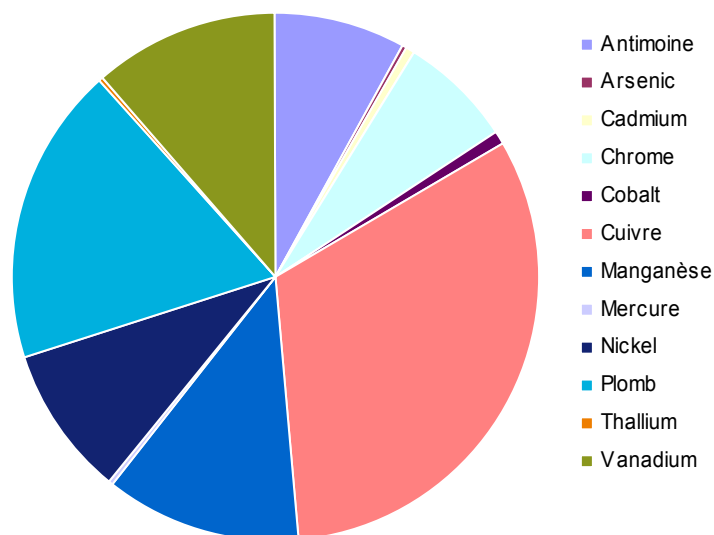
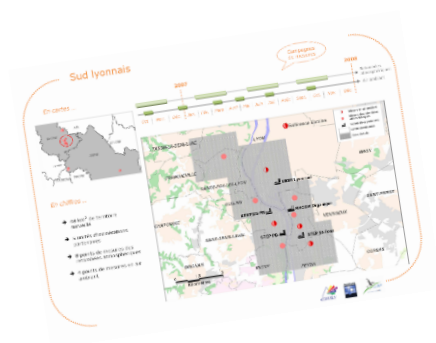


Figure 84 : Profil des métaux en air ambiant sur le site SL2

En conclusion, nous n'observons pas de réelles similitudes entre les profils air ambiant et émission. Les principales raisons sont les suivantes : d'une part les sources de métaux sont multiples sur la zone, et d'autre part, le biais dû à la faible représentativité des mesures à l'émission est important (mesures ponctuelles et non synchronisées avec les mesures en air ambiant).

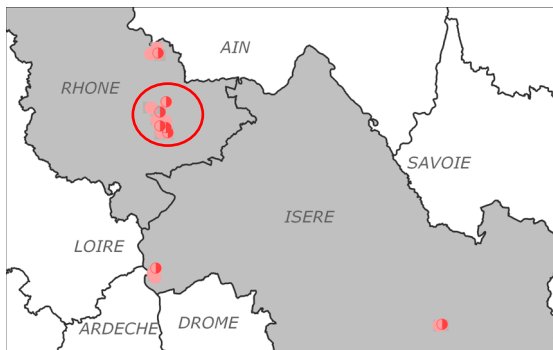
## Partie 5 - Analyse par zone



Les quatre zones étudiées dans le cadre de ce programme font chacune l'objet dans les pages suivantes d'une fiche synthétique destinée à rassembler les principales informations.

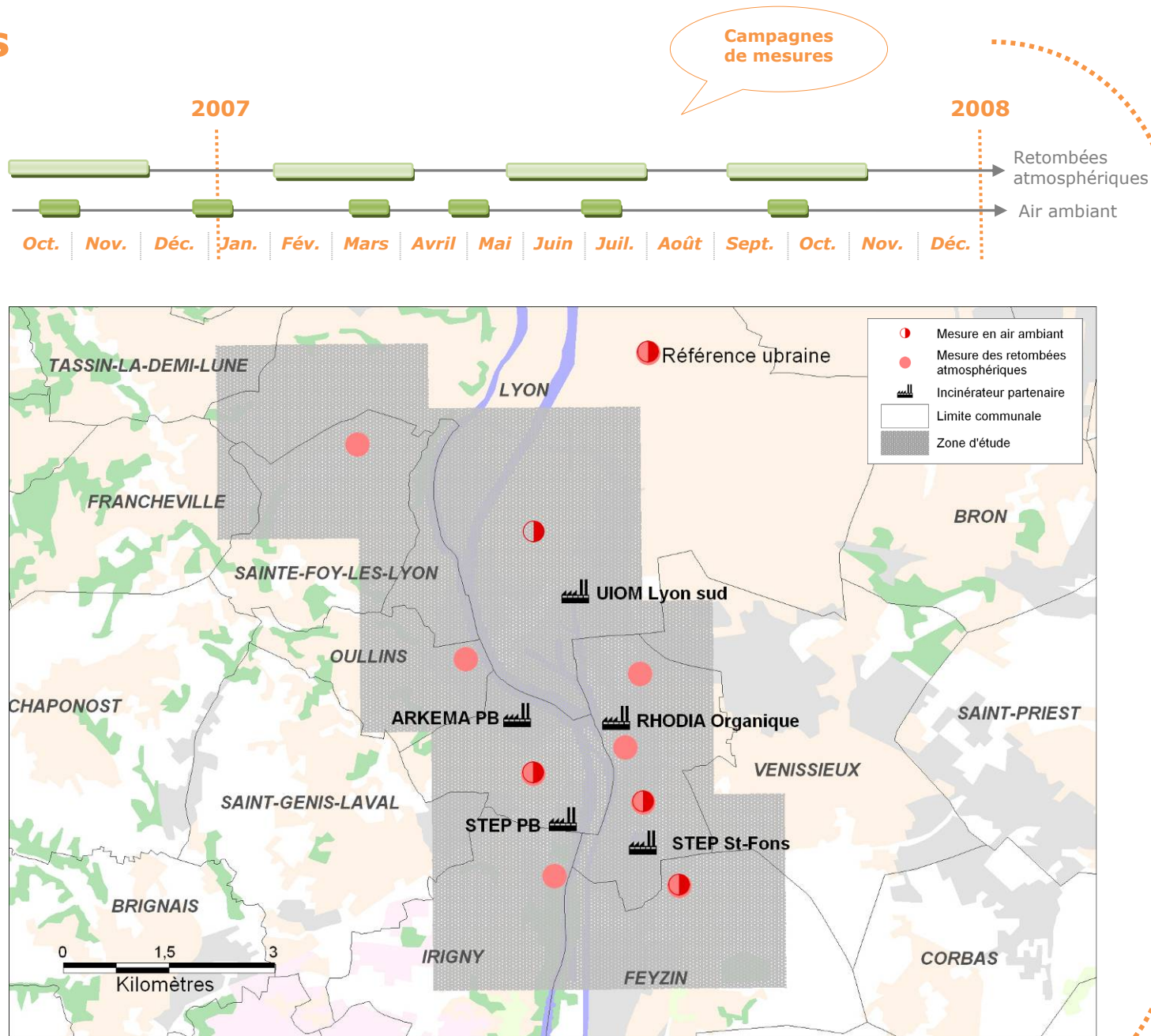
# Sud lyonnais

## En cartes ...



## En chiffres ...

- 48 km<sup>2</sup> de territoire surveillé
- 5 unités d'incinérations partenaires
- 8 points de mesures des retombées atmosphériques
- 4 points de mesures en air ambiant



## Gamme des concentrations (oct.2006/déc.2007) ...

## Les dioxines et furanes

## En air ambiant

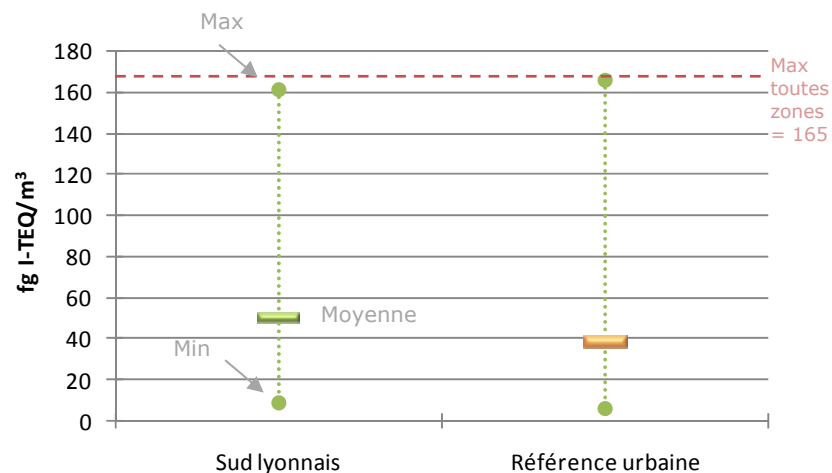


Figure 85 : Amplitude des concentrations de dioxines/furanes mesurées en air ambiant sur la zone « Sud lyonnais »

## Dans les retombées atmosphériques

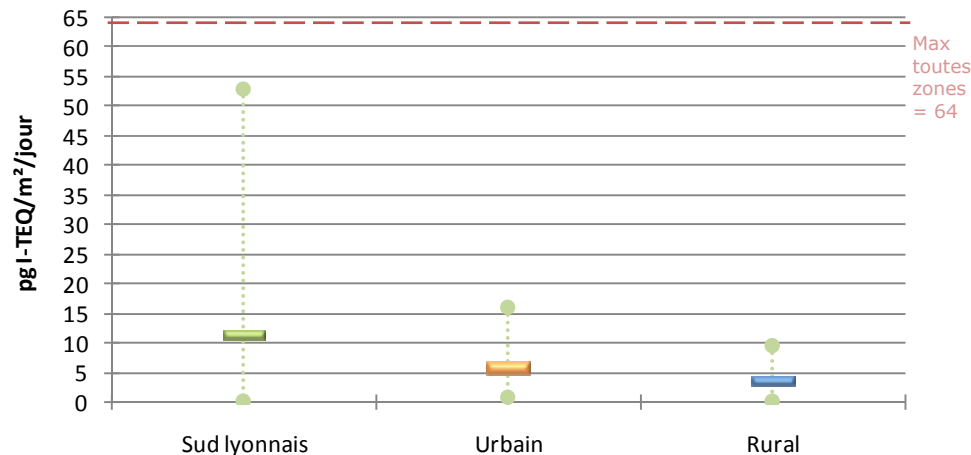


Figure 86 : Amplitude des concentrations de dioxines/furanes mesurées dans les retombées atmosphériques sur la zone « Sud lyonnais »

## Les métaux lourds

## En air ambiant

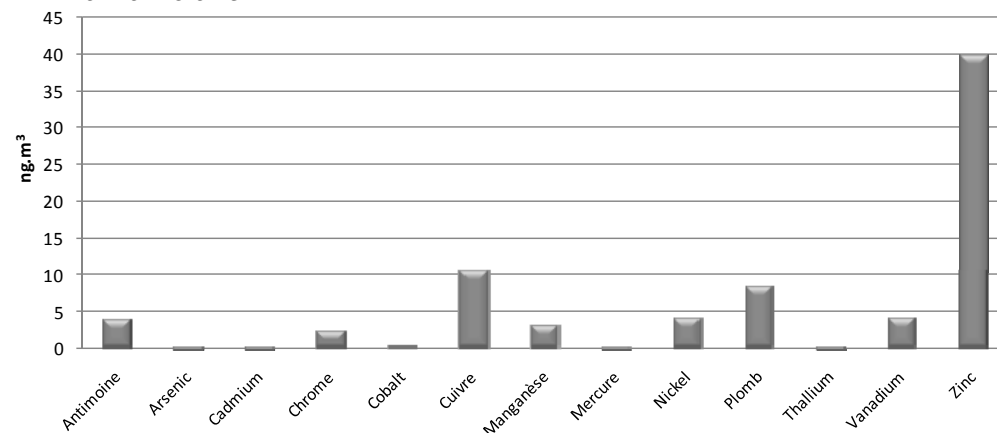


Figure 87 : Ecarts entre les concentrations moyennes de métaux lourds mesurées dans la zone « Sud Lyonnais » et les concentrations moyennes de métaux lourds mesurées sur le site de référence urbaine

## Dans les retombées atmosphériques

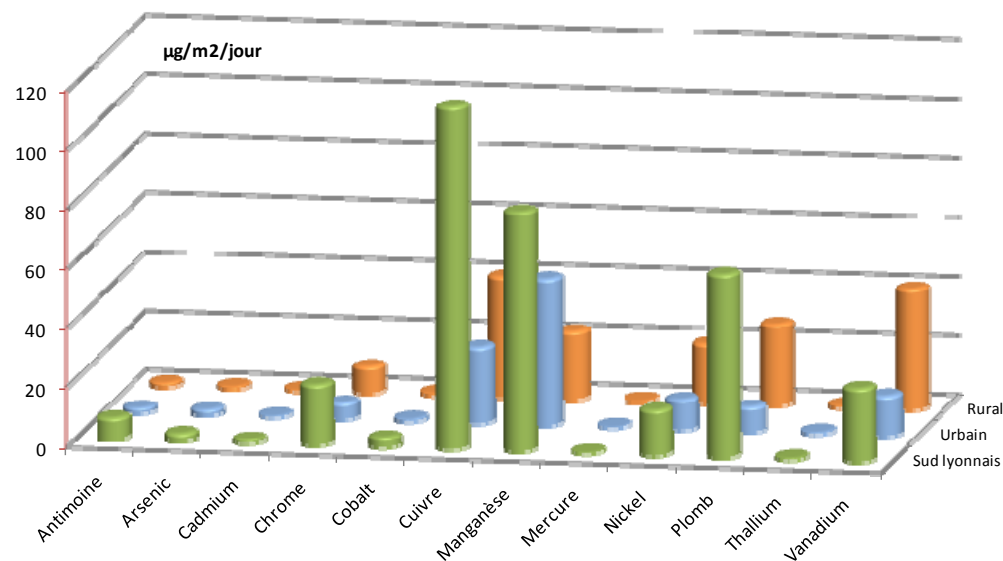


Figure 88 : Concentrations max des métaux lourds dans les retombées atmosphériques sur la zone « Sud lyonnais »

## Les émissions (référence 2005) ...

Source : Données d'émissions fournies par ASCOPARG, COPARLY, SUP' Air – Version 2008-V2

### Les dioxines et furanes

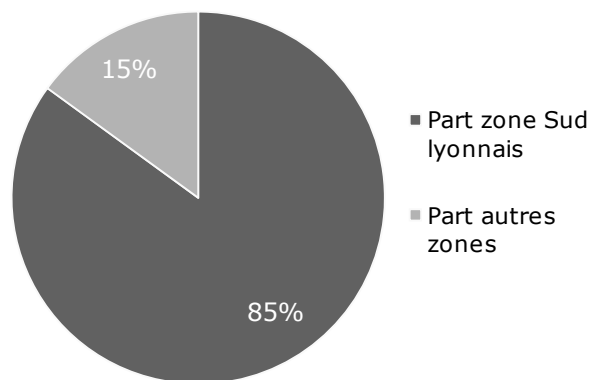


Figure 89 : Part des émissions totales de dioxines sur la zone « Sud lyonnais » par rapport aux émissions de dioxines sur l'ensemble des zones étudiées

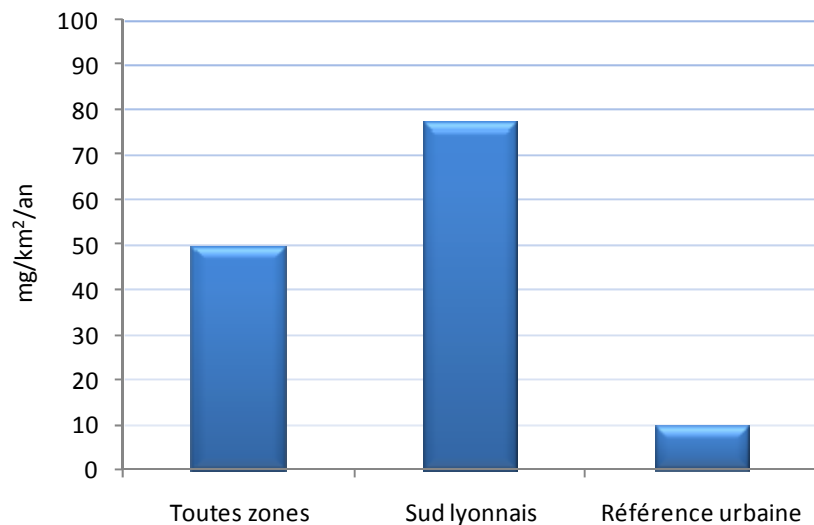


Figure 90 : Comparaison des quantités moyennes de dioxines émises au km²

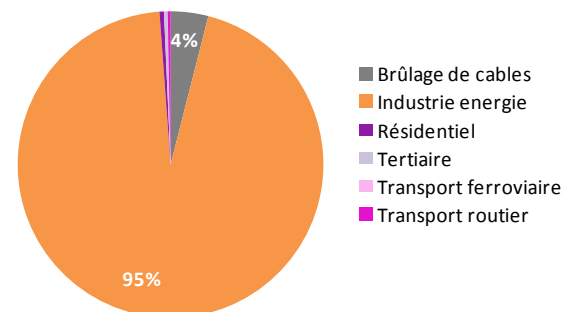


Figure 91 : Répartition des émissions de dioxines sur la zone « Sud lyonnais » par secteur d'activité

### Les métaux lourds

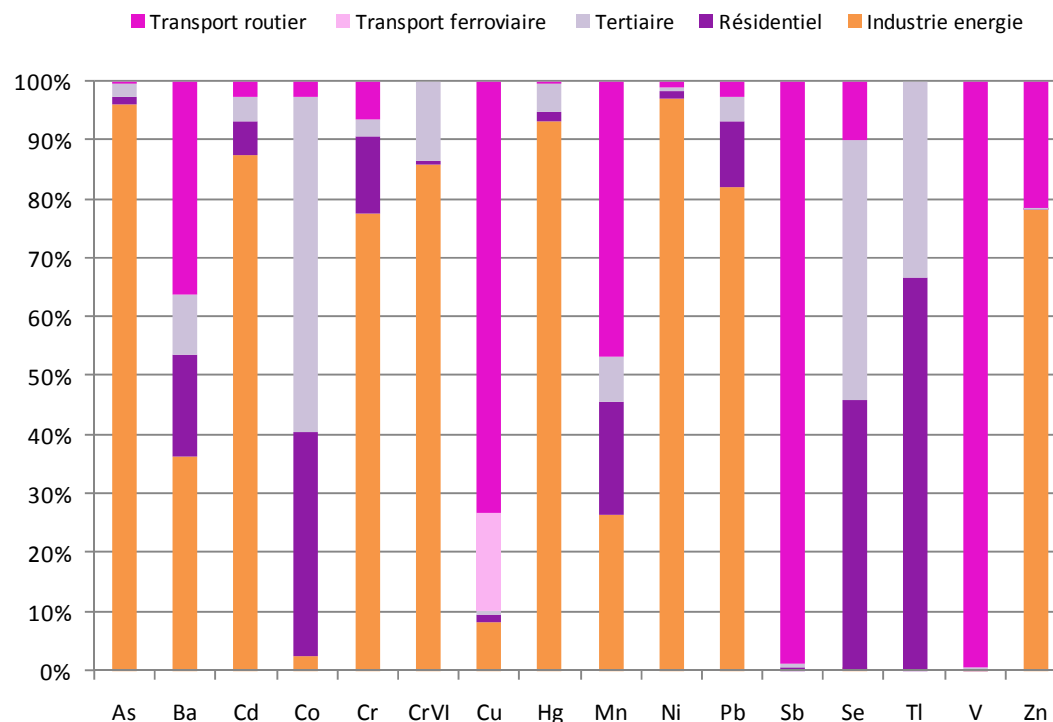


Figure 92 : Répartition des émissions de métaux lourds sur la zone « Sud lyonnais » par secteur d'activité

## Que retenir ...

### Cadre réglementaire

A l'heure actuelle il n'y a pas de valeur guide ou de recommandations émises sur les teneurs de dioxines et furanes dans l'air ambiant ou les retombées atmosphériques

### Les dioxines et furanes

- ✓ Amplitude équivalente entre les concentrations en air ambiant relevées sur le sud lyonnais et sur la référence urbaine. Moyenne légèrement plus élevée sur la zone « Sud lyonnais ». Toutefois la valeur maximale a été enregistrée sur la référence urbaine.
- ✓ Amplitude des concentrations de dioxines/furanes dans les retombées atmosphériques plus grande sur la zone « Sud lyonnais » en comparaison des sites de référence urbaine et rurale.
- ✓ Mise en évidence de la part importante des émissions recensées en 2005 sur le sud lyonnais toutes sources confondues par rapport aux autres zones d'étude.
- ✓ La zone « Sud lyonnais » représente 11% des dioxines/furanes émises sur la région Rhône-Alpes (référence 2005).
- ✓ Quantité d'émission de dioxines/furanes au km<sup>2</sup> élevée sur la zone « Sud lyonnais ». Cette zone comprend des sources industrielles émettrices de dioxines/furanes dans l'atmosphère, contrairement au site de référence urbaine.
- ✓ 95% des émissions de dioxines/furanes sur cette zone d'étude sont dues au secteur industrie – énergie.

### Les métaux lourds

- ✓ Des concentrations en air ambiant nettement plus fortes sur la zone « Sud lyonnais » que sur la référence urbaine pour le Zinc et Cuivre.
- ✓ Dans les retombées atmosphériques, seuls les niveaux de nickel et de vanadium sont en dessous des niveaux des deux sites de référence urbaine et rurale.
- ✓ Le secteur industrie énergie est la source majoritaire d'émission des métaux lourds sur la zone « Sud lyonnais ». Sur les 16 métaux lourds surveillés, 8 ont pour source principale d'émission (plus de 75%) le secteur industrie énergie.
- ✓ Sur la zone « Sud lyonnais » le cuivre est émis pour plus de 70% par le transport routier. La présence d'axes autoroutiers tels que l'A7, l'A450 et le périurbain sud justifie ce profil très marqué.
- ✓ Les émissions industrielles d'antimoine, de cobalt, de thallium, de vanadium et de sélénium sont encore peu connues et vraisemblablement sous-estimées ; ce qui peut expliquer la contribution parfois élevée des autres secteurs comme le résidentiel et le transport routier.

### Cadre réglementaire

#### Plomb

→ Valeur limite : **500** ng/m<sup>3</sup> moyenne annuelle 2007

→ Objectif de qualité : **250** ng/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle

Arsenic → Valeur cible à atteindre en 2012 : **6** ng/m<sup>3</sup>

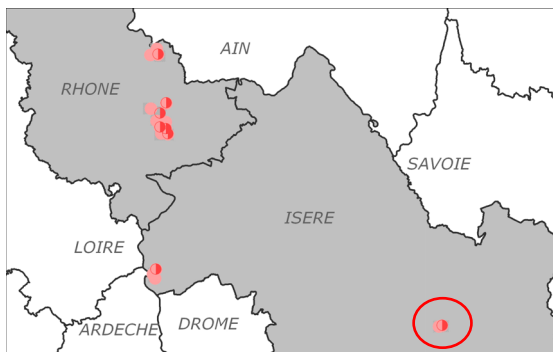
Cadmium → Valeur cible à atteindre en 2012 : **5** ng/m<sup>3</sup>

Nickel → Valeur cible à atteindre en 2012 : **20** ng/m<sup>3</sup>



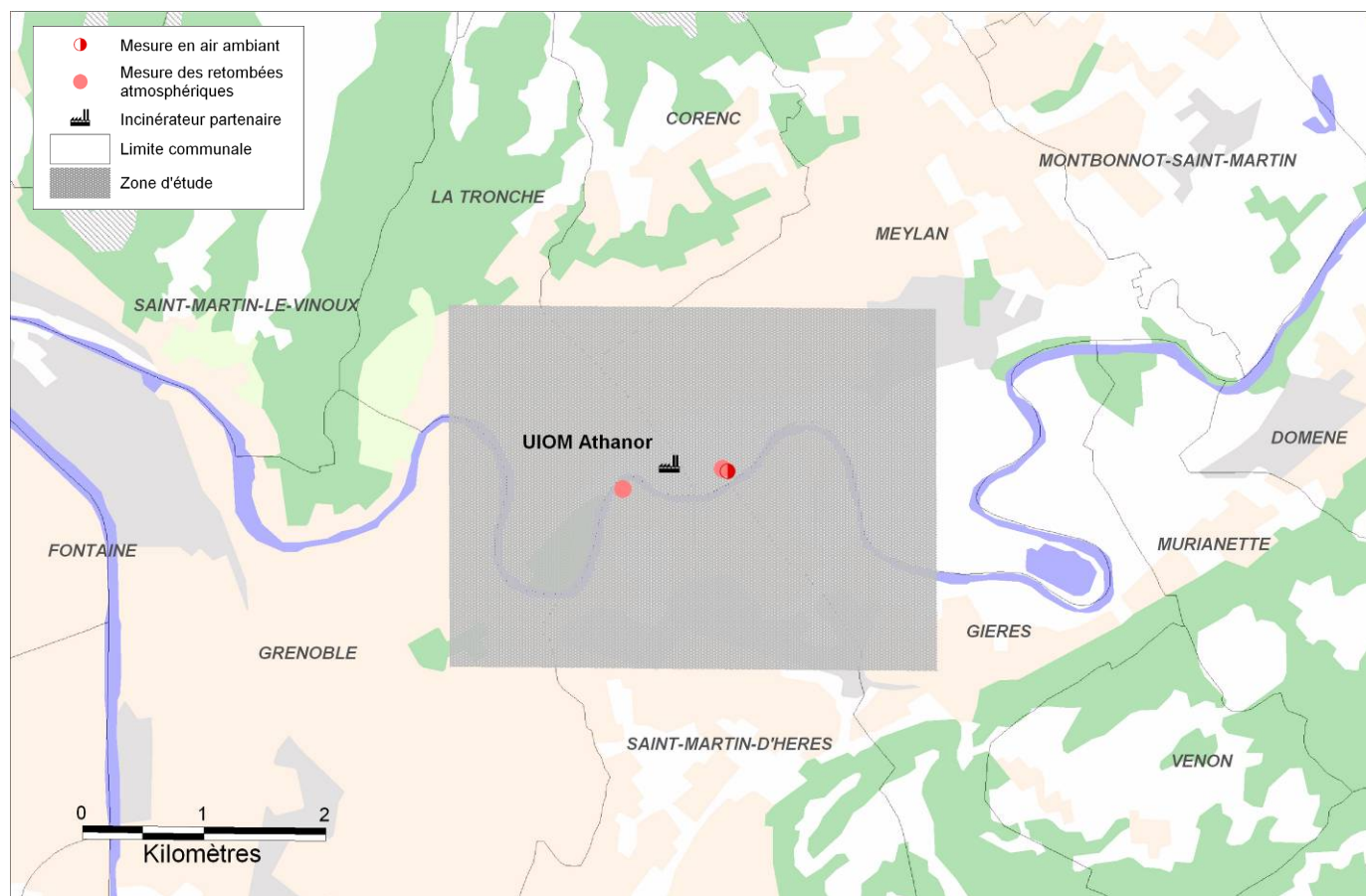
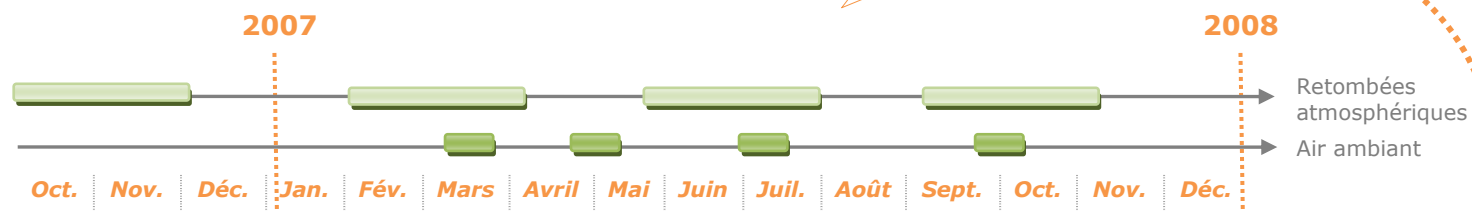
# Agglomération grenobloise

## En cartes ...



## En chiffres ...

- 12 km<sup>2</sup> de territoire surveillé
- 1 unité d'incinération partenaire
- 2 points de mesures des retombées atmosphériques
- 1 point de mesures en air ambiant





## Gamme des concentrations (oct.2006/déc.2007) ...

## Les dioxines et furanes

## En air ambiant

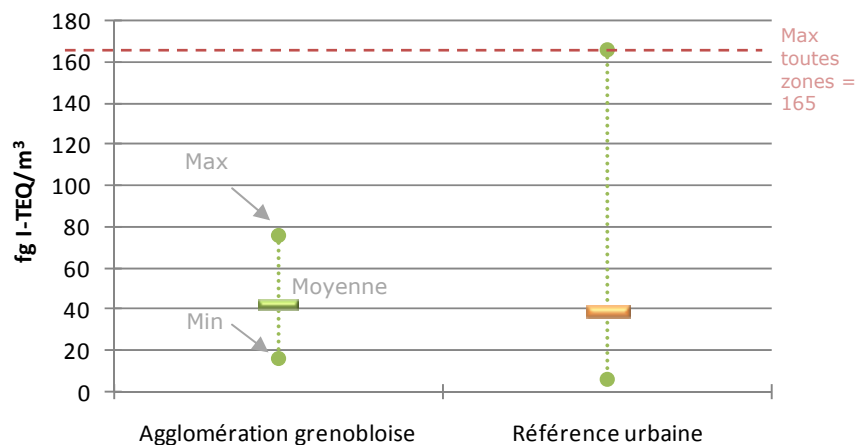


Figure 93 : Amplitude des concentrations de dioxines/furanes mesurées en air ambiant sur la zone « Agglomération grenobloise »

## Dans les retombées atmosphériques

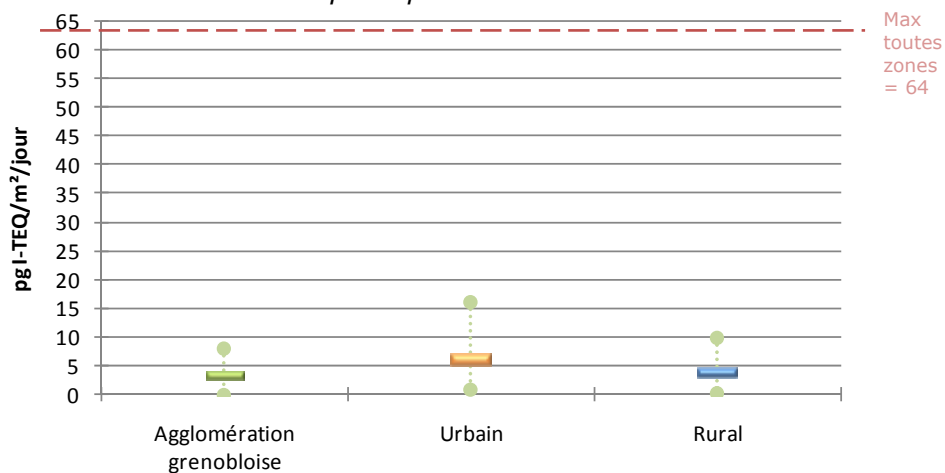


Figure 94 : Amplitude des concentrations de dioxines/furanes mesurées dans les retombées atmosphériques sur la zone « Agglomération grenobloise »

## Les métaux lourds

## En air ambiant

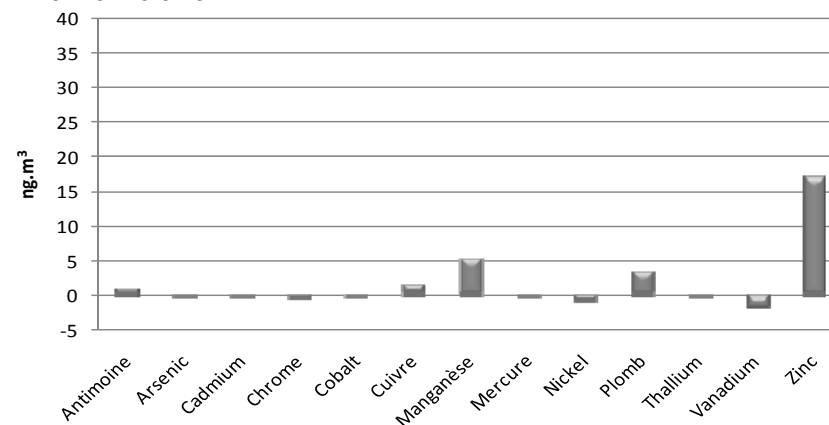


Figure 95 : Ecarts entre les concentrations moyennes de métaux lourds mesurées dans la zone « Agglomération grenobloise » et les concentrations moyennes de métaux lourds mesurées sur le site de référence urbaine

## Dans les retombées atmosphériques

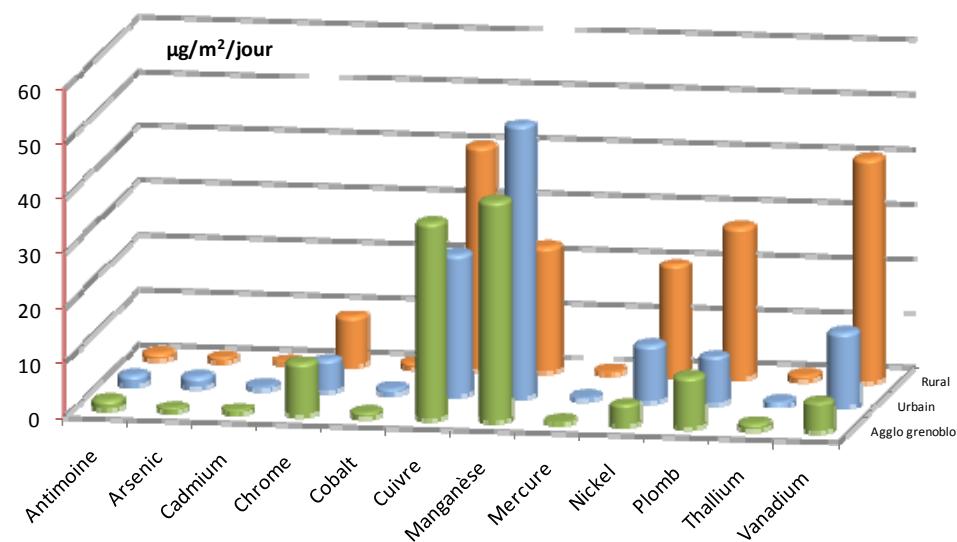


Figure 96 : Concentrations max des métaux lourds dans les retombées atmosphériques sur la zone « Agglomération grenobloise »

## Les émissions (référence 2005) ...

Source : Données d'émissions fournies par ASCOPARG, COPARLY, SUP' Air – Version 2008-V2

### Les dioxines et furanes

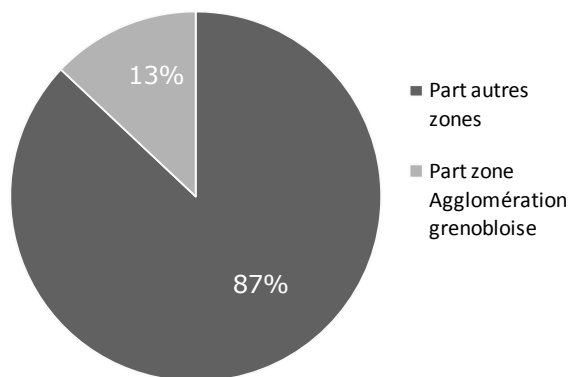


Figure 97 : Part des émissions totales de dioxines sur la zone « Agglomération grenobloise » par rapport aux émissions de dioxines sur l'ensemble des zones étudiées

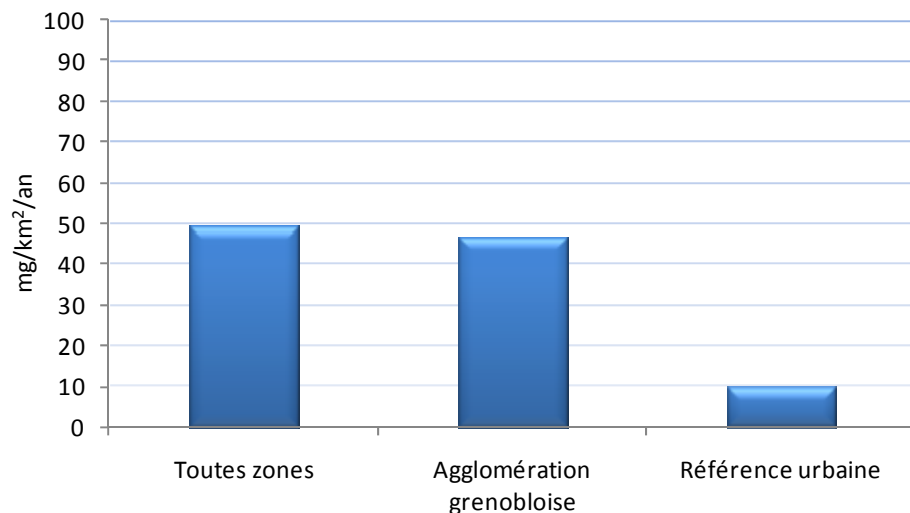


Figure 98 : Comparaison des quantités moyennes de dioxines émises au km²

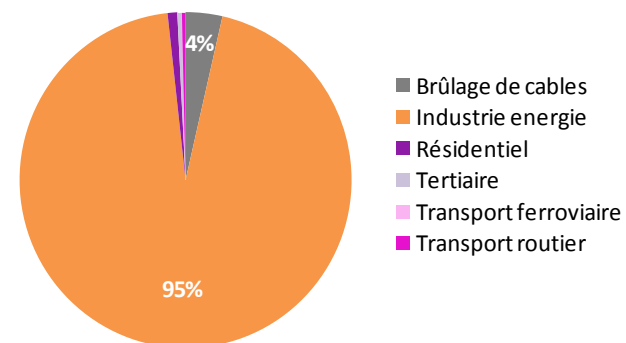


Figure 99 : Répartition des émissions de dioxines sur la zone « Agglomération grenobloise » par secteur d'activité

### Les métaux lourds

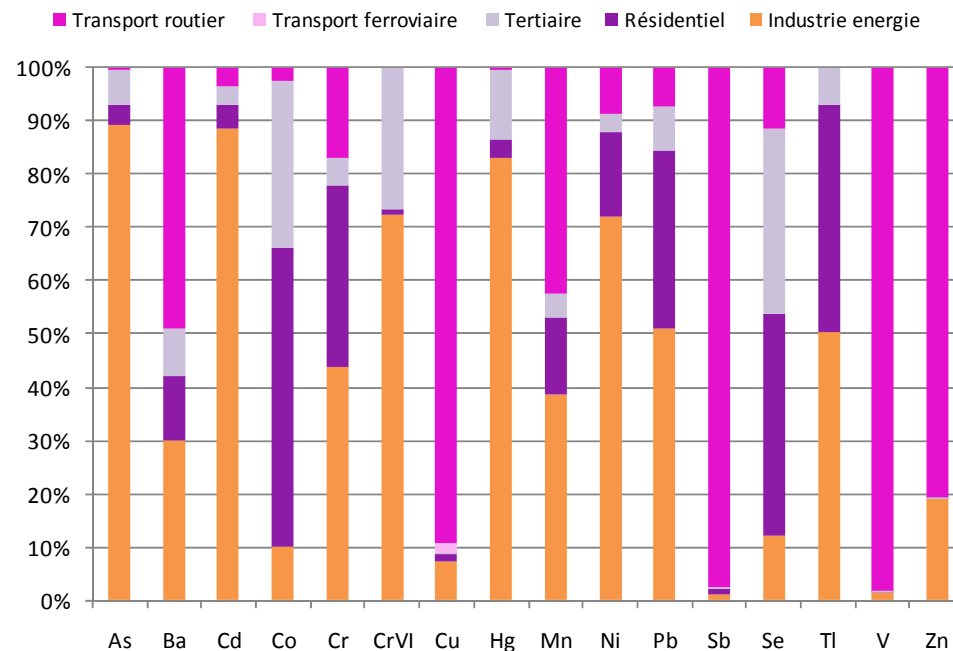


Figure 100 : Répartition des émissions de métaux lourds sur la zone « Agglomération grenobloise » par secteur d'activité

## Que retenir ...

### Cadre réglementaire

A l'heure actuelle il n'y a pas de valeur guide ou de recommandations émises sur les teneurs de dioxines et furanes dans l'air ambiant ou les retombées atmosphériques

## Les dioxines et furanes

- ✓ L'amplitude des concentrations en air ambiant relevées sur l'agglomération grenobloise est plus faible que sur le site urbain de référence. Toutefois la moyenne est légèrement plus élevée sur la zone « Agglomération grenobloise ».
- ✓ La gamme des concentrations obtenues sur la zone « Agglomération grenobloise » est équivalente à celle du site rural. L'amplitude des concentrations de dioxines/furanes dans les retombées atmosphériques est faible par rapport aux autres zones étudiées.
- ✓ Les émissions recensées en 2005, toutes sources confondues, sur la zone « Agglomération grenobloise » représentent seulement 1/8<sup>ème</sup> des émissions émises sur l'ensemble des quatre zones d'étude.
- ✓ La zone « Agglomération grenobloise » représente moins de 2% des dioxines/furanes émises sur la région Rhône-Alpes (référence 2005).
- ✓ La quantité moyenne de dioxines/furanes émises au km<sup>2</sup> sur la zone « Agglomération grenobloise » est équivalente à celle des autres zones d'études.
- ✓ 95% des émissions de dioxines/furanes sur cette zone d'étude proviennent du secteur industrie – énergie.

## Les métaux lourds

- ✓ Les concentrations en air ambiant sur la zone « Agglomération grenobloise » sont proches de celles de la référence urbaine hormis pour le Zinc.
- ✓ Dans les retombées atmosphériques, seul le maxima en chrome se place légèrement au-dessus des maxima des sites de référence urbaine et rurale.
- ✓ Le secteur industrie énergie reste la source majoritaire d'émission des métaux lourds sur la zone « Agglomération grenobloise ». Sur les 16 métaux lourds surveillés, 8 ont pour source principale d'émission (plus de 50%) le secteur industrie énergie.
- ✓ Sur la zone « Agglomération grenobloise » le cuivre est émis pour plus de 85% par le transport routier. La présence de voiries très fréquentées tels que l'A41 justifie ce profil très marqué.
- ✓ Les émissions industrielles d'antimoine, de cobalt, de thallium, de vanadium et de sélénium sont encore mal connue et vraisemblablement sous-estimées. Ceci peut expliquer la part d'émission parfois élevée des autres secteurs, notamment le résidentiel et le transport routier.

### Cadre réglementaire

#### Plomb

→ Valeur limite : **500** ng/m<sup>3</sup> moyenne annuelle 2007

→ Objectif de qualité : **250** ng/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle

Arsenic → Valeur cible à atteindre en 2012 : **6** ng/m<sup>3</sup>

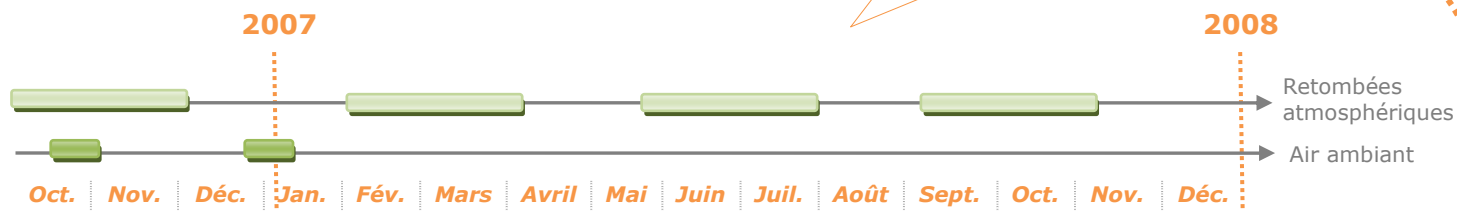
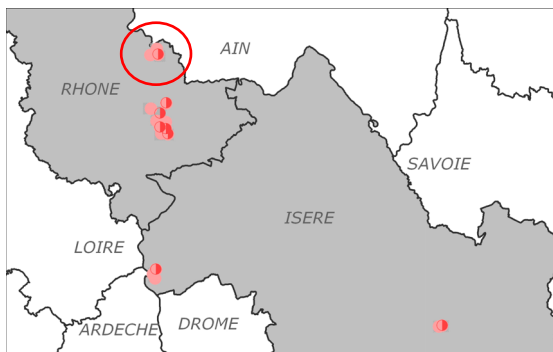
Cadmium → Valeur cible à atteindre en 2012 : **5** ng/m<sup>3</sup>

Nickel → Valeur cible à atteindre en 2012 : **20** ng/m<sup>3</sup>

# Val de Saône

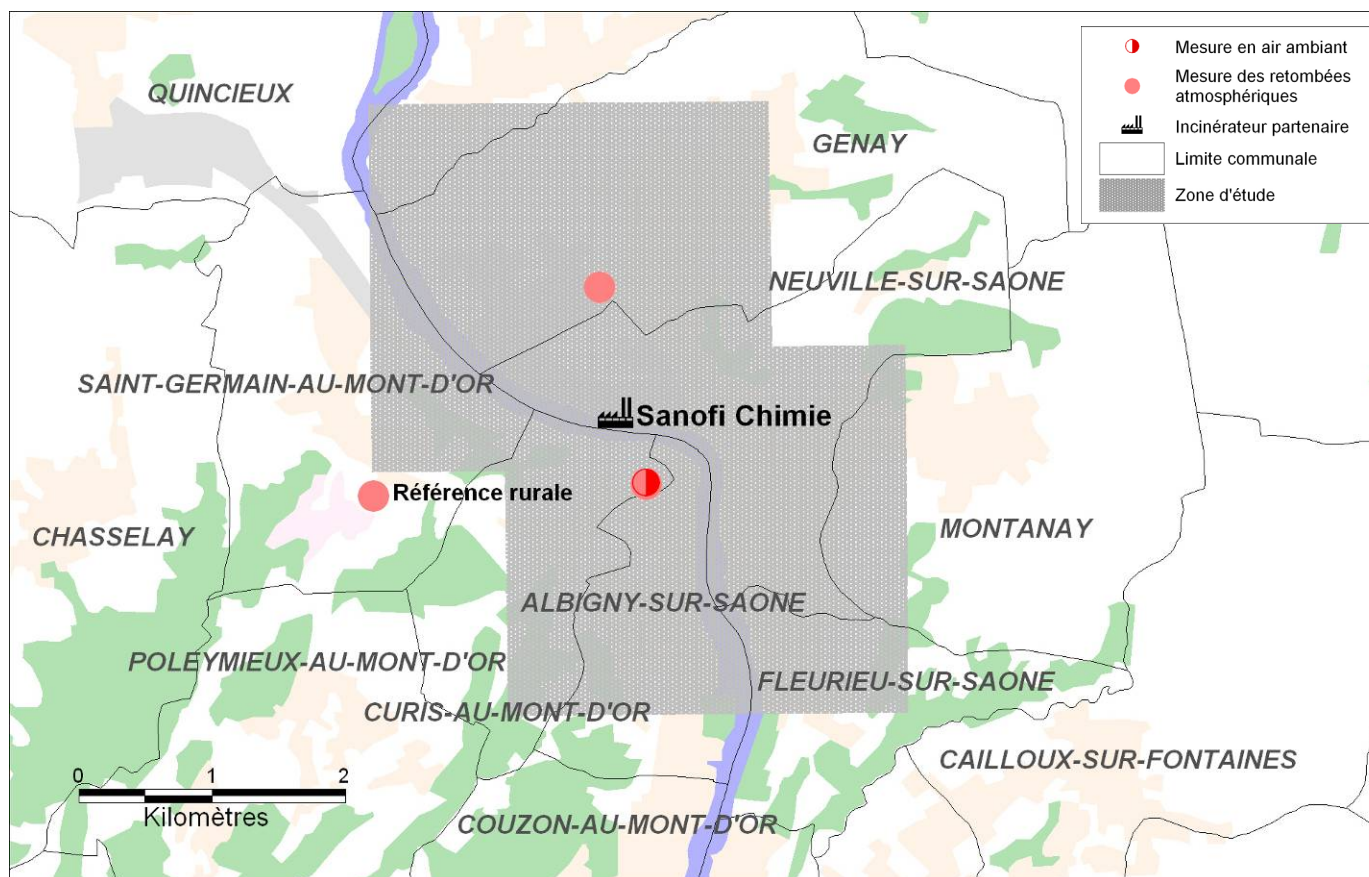
Campagnes de mesures

## En cartes ...



## En chiffres ...

- 16 km<sup>2</sup> de territoire surveillé
- 1 unité d'incinération partenaire
- 2 points de mesures des retombées atmosphériques
- 1 point de mesures en air ambiant



## Gamme des concentrations (oct.2006/déc.2007) ...

## Les dioxines et furanes

## En air ambiant

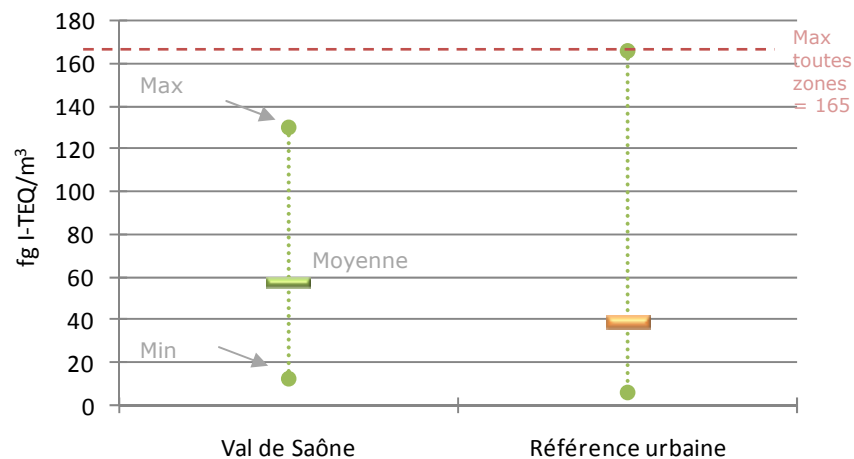


Figure 101 : Amplitude des concentrations de dioxines/furanes mesurées en air ambiant sur la zone « Val de Saône »

## Dans les retombées atmosphériques

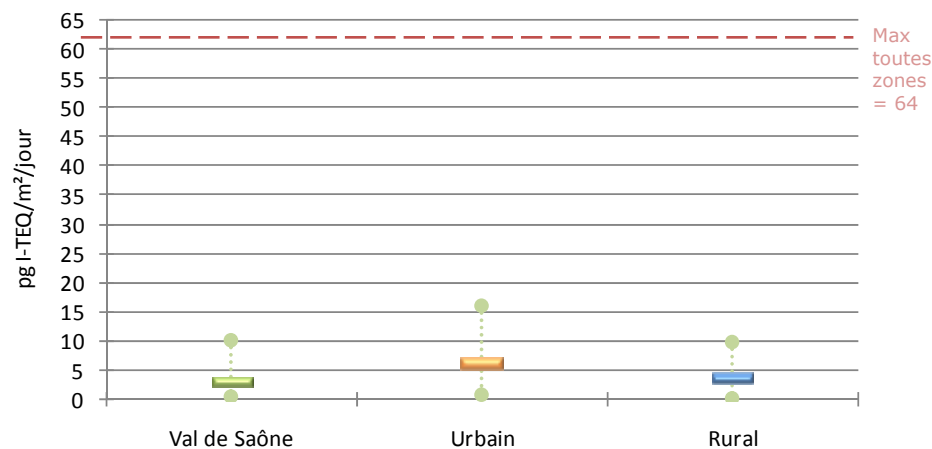


Figure 102 : Amplitude des concentrations de dioxines/furanes mesurées dans les retombées atmosphériques sur la zone « Val de Saône »

## Les métaux lourds

## En air ambiant

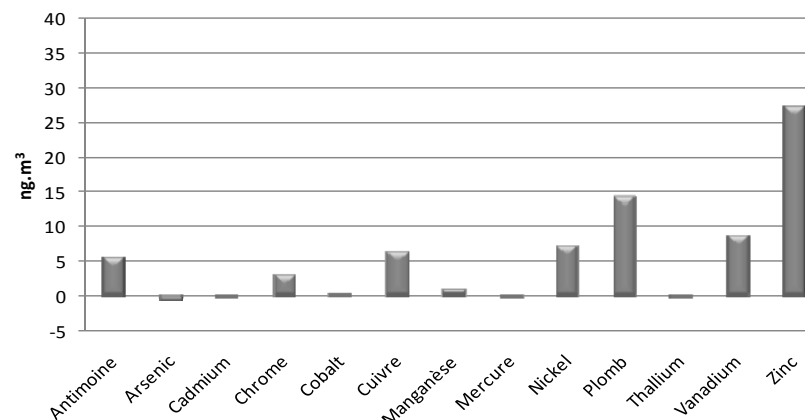


Figure 103 : Ecart entre les concentrations moyennes de métaux lourds mesurées dans la zone « Val de Saône » et les concentrations moyennes de métaux lourds mesurées sur le site de référence urbaine

## Dans les retombées atmosphériques

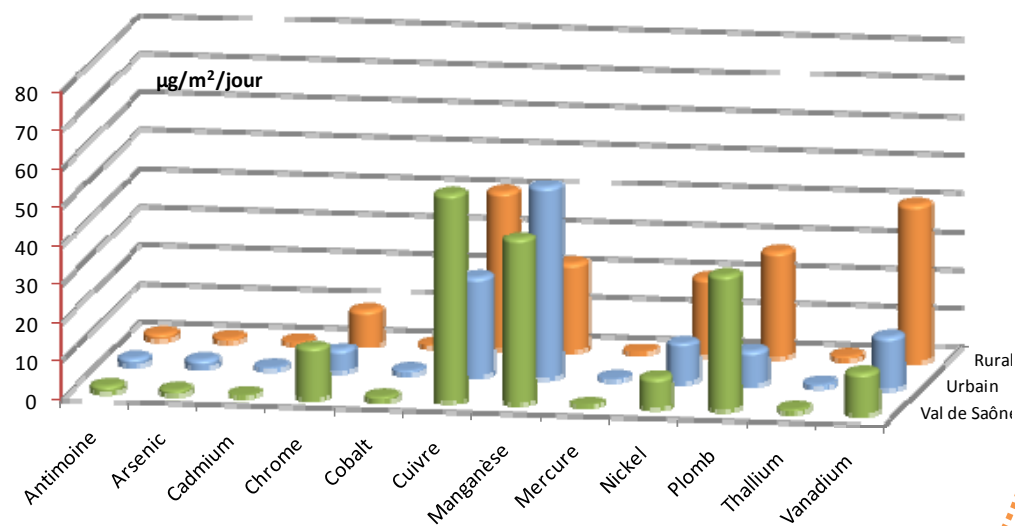


Figure 104 : Concentrations max des métaux lourds dans les retombées atmosphériques sur la zone « Val de Saône »

## Les émissions (référence 2005) ...

Source : Données d'émissions fournies par ASCOPARG, COPARLY, SUP' Air – Version 2008-V2

### Les dioxines et furanes

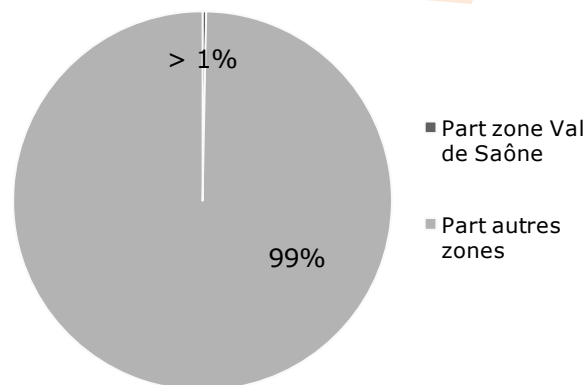


Figure 105 : Part des émissions totales de dioxines sur la zone « Val de Saône » par rapport aux émissions de dioxines sur l'ensemble des zones étudiées

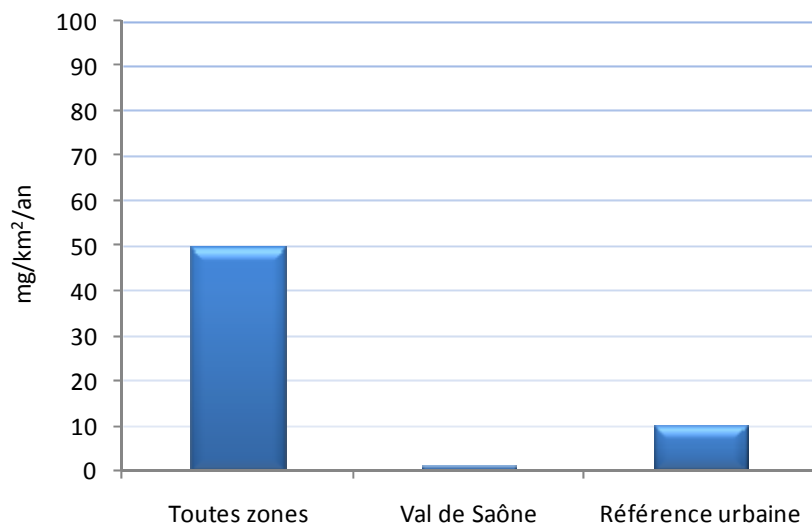


Figure 106 : Comparaison des quantités moyennes de dioxines émises au km²

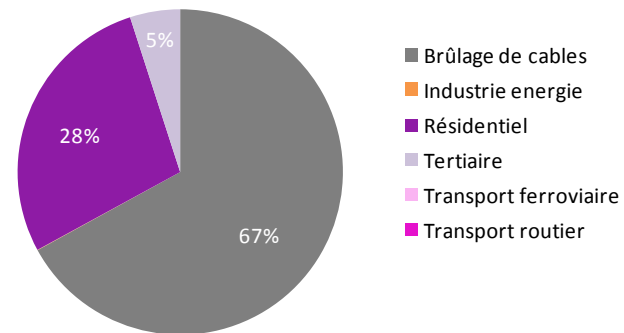


Figure 107 : Répartition des émissions de dioxines sur la zone « Val de Saône » par secteur d'activité

### Les métaux lourds

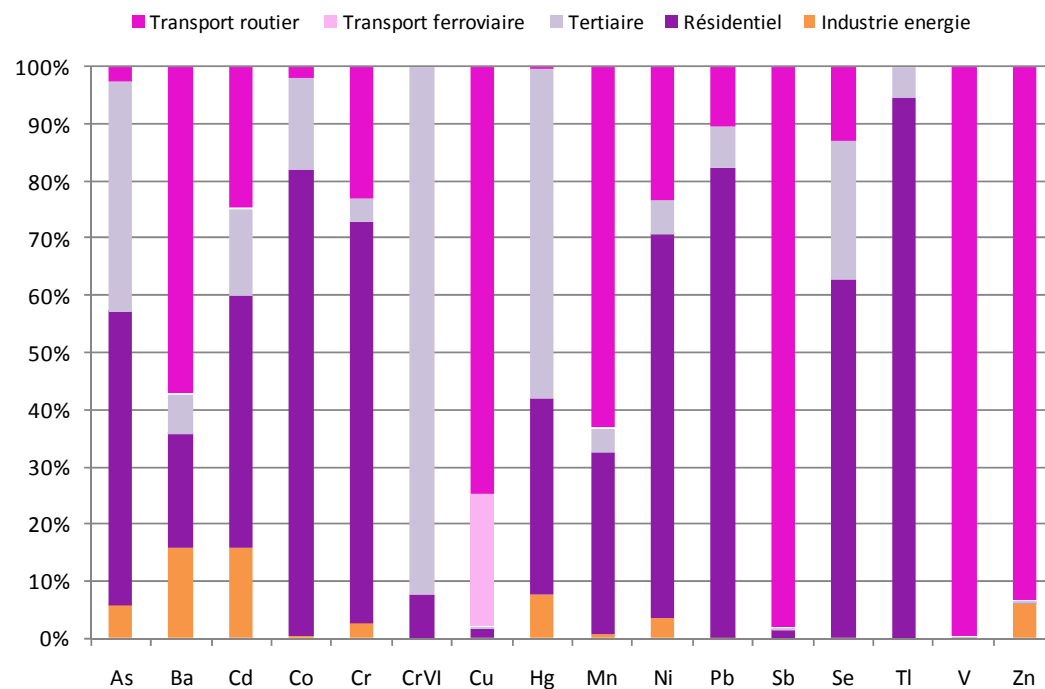


Figure 108 : Répartition des émissions de métaux lourds sur la zone « Val de Saône » par secteur d'activité

**Que retenir ...**

## Cadre réglementaire

A l'heure actuelle il n'y a pas de valeur guide ou de recommandations émises sur les teneurs de dioxines et furanes dans l'air ambiant ou les retombées atmosphériques

**Les dioxines et furanes**

- ✓ Moyenne des concentrations en air ambiant sur la zone « Val de Saône » supérieure à la moyenne calculée sur le site de référence urbaine. Toutefois l'amplitude est plus petite et la valeur max enregistrée sur cette zone est en-dessous du max de la référence urbaine.
- ✓ La gamme des concentrations obtenues sur la zone « Val de Saône » est équivalente à celle du site rural. L'amplitude des concentrations de dioxines/furanes dans les retombées atmosphériques est faible par rapport aux autres zones étudiées.
- ✓ Mise en évidence de la très faible part des émissions recensées en 2005 sur la zone « Val de Saône » toutes sources confondues par rapport aux autres zones d'étude (inférieure à 1%). De même à l'échelle régionale la zone « Val de Saône » représente moins de 1% des dioxines/furanes émises en Rhône-Alpes.
- ✓ Quantité de dioxines/furanes émises au km<sup>2</sup> très faibles sur la zone « Val de Saône ». Cette zone comprend peu de sources émettrices de dioxines/furanes dans l'atmosphère.
- ✓ 67% des émissions de dioxines/furanes sur cette zone d'étude sont dues au brûlage de câble et 28% au secteur résidentiel. Le secteur industrie-énergie est très faible.

**Les métaux lourds**

- ✓ Des concentrations en air ambiant nettement plus fortes sur la zone « Val de Saône » que sur la référence urbaine pour le Zinc et Cuivre.
- ✓ Dans les retombées atmosphériques, seuls les niveaux maxima en plomb, chrome et cuivre sont au-dessus des niveaux des deux sites de référence urbaine et rurale.
- ✓ Le secteur résidentiel et le trafic routier sont les sources principales d'émission des métaux lourds sur la zone « Val de Saône ». Sur la zone étudiée l'activité industrielle est faible.
- ✓ Sur la zone « Val de Saône » le cuivre est émis pour plus de 20% par le transport ferroviaire. Une particularité qui s'explique par le trafic dense sur la voie de chemin de fer RER reliant Lyon à Villefranche/Saône.
- ✓ Les émissions industrielles d'antimoine, de cobalt, de thallium, de vanadium et de sélénium sont encore mal connues et vraisemblablement sous-estimées. Ce qui peut parfois expliquer la part élevée des autres secteurs notamment le résidentiel et le transport routier.

## Cadre réglementaire

Plomb

→ Valeur limite : **500** ng/m<sup>3</sup> moyenne annuelle 2007

→ Objectif de qualité : **250** ng/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle

Arsenic → Valeur cible à atteindre en 2012 : **6** ng/m<sup>3</sup>

Cadmium → Valeur cible à atteindre en 2012 : **5** ng/m<sup>3</sup>

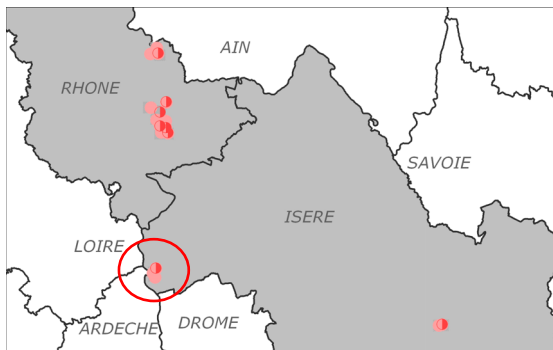
Nickel → Valeur cible à atteindre en 2012 : **20** ng/m<sup>3</sup>



# Vallée du Rhône

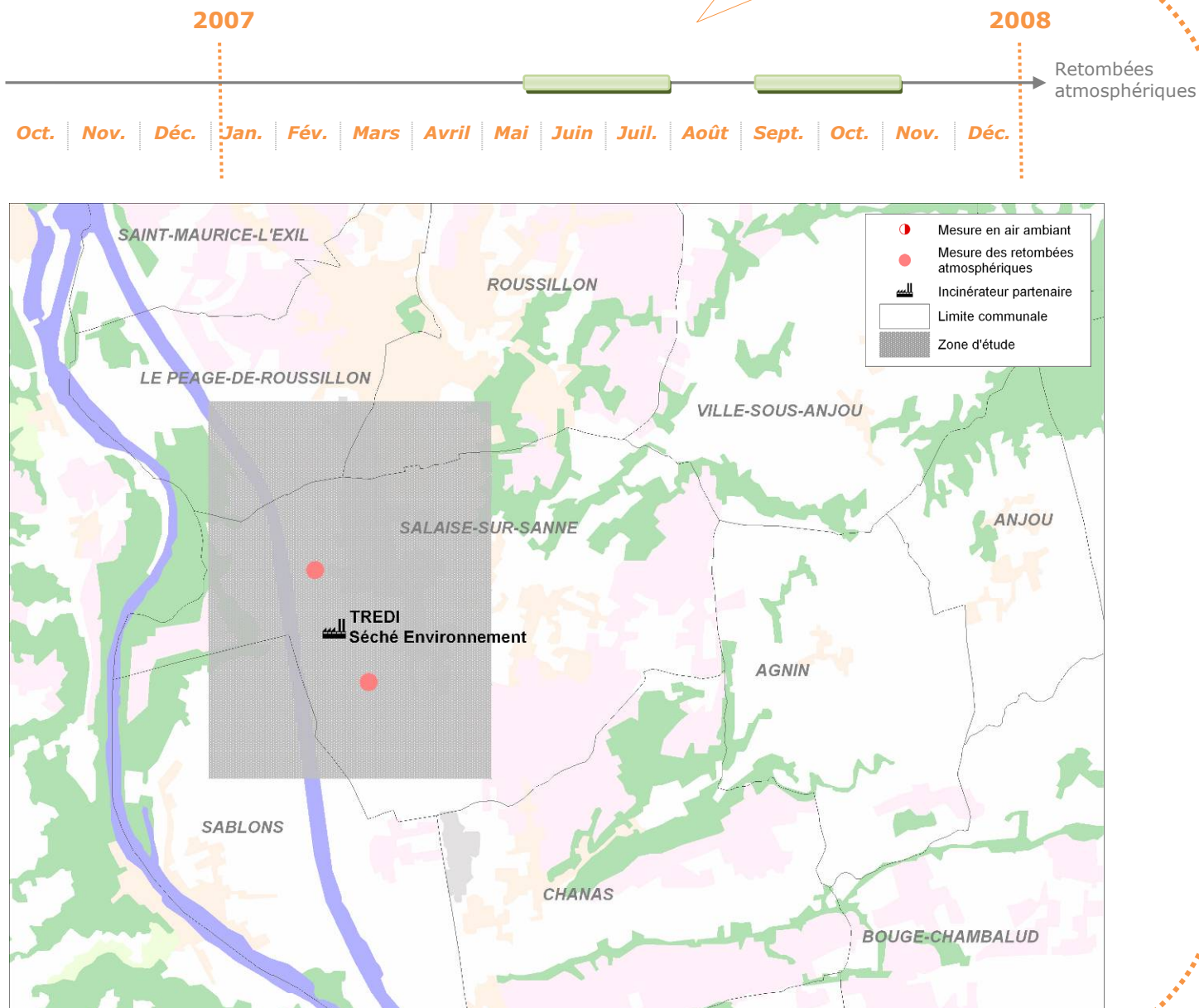
Campagnes  
de mesures

## En cartes ...



## En chiffres ...

- 12 km<sup>2</sup> de territoire surveillé
- 1 unité d'incinération partenaire
- 2 points de mesures des retombées atmosphériques
- pas de points de mesures en air ambiant en 2006-2007





## Gamme des concentrations (oct.2006/déc.2007) ...

### Les dioxines et furanes

#### ►► Dans les retombées atmosphériques

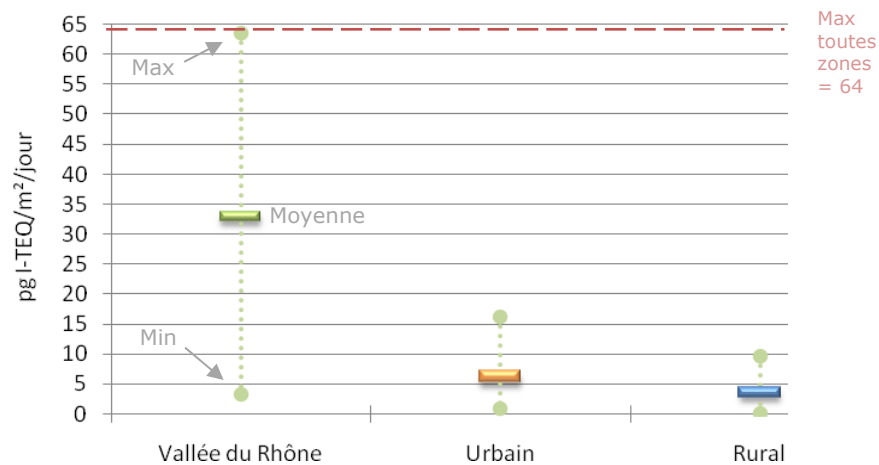


Figure 109 : Amplitude des concentrations de dioxines/furanes mesurées dans les retombées atmosphériques sur la zone « Vallée du Rhône »

### Les métaux lourds

#### ►► Dans les retombées atmosphériques

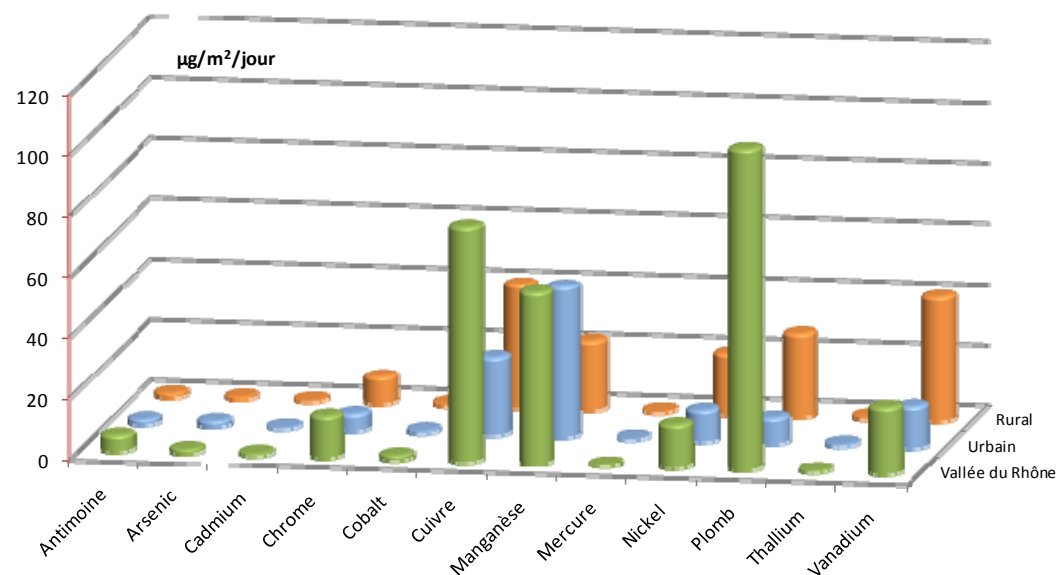


Figure 110 : Concentrations max des métaux lourds dans les retombées atmosphériques sur la zone « Vallée du Rhône »

## Les émissions (référence 2005) ...

Source : Données d'émissions fournies par ASCOPARG, COPARLY, SUP' Air – Version 2008-V2

### Les dioxines et furanes

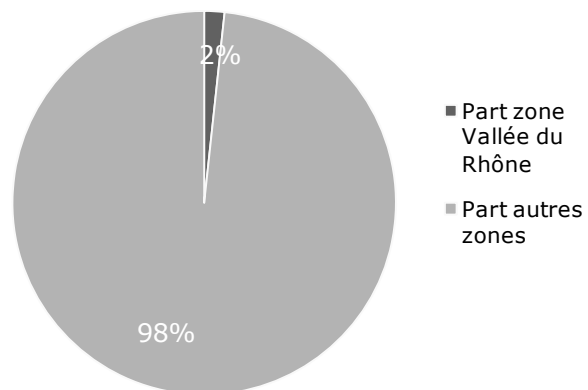


Figure 111 : Part des émissions totales de dioxines sur la zone « Vallée du Rhône » par rapport aux émissions de dioxines sur l'ensemble des zones étudiées

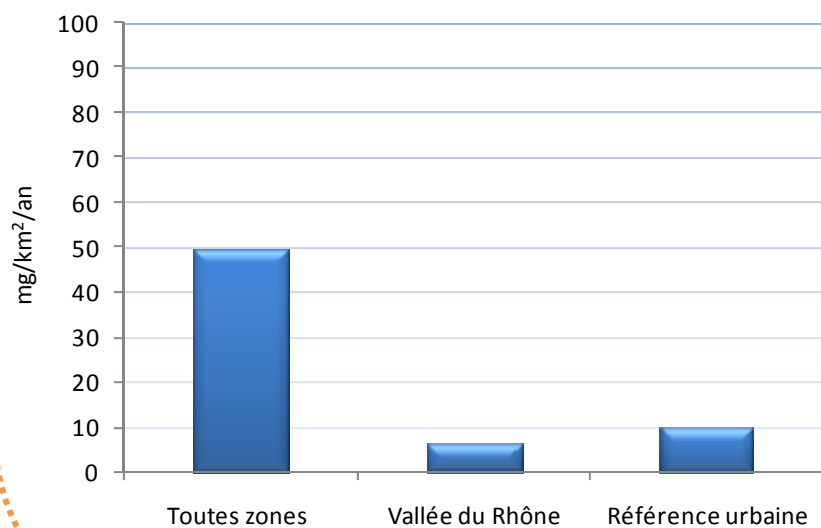


Figure 112 : Comparaison des quantités moyennes de dioxines émises au km²

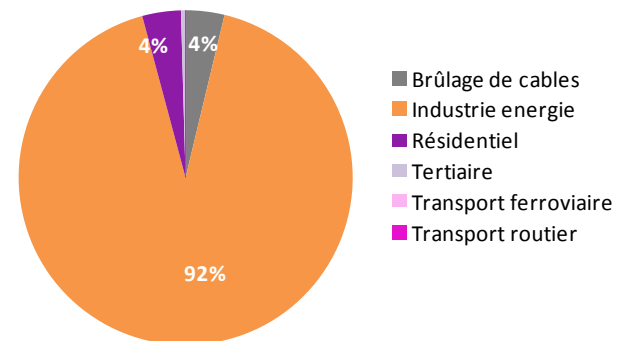


Figure 113 : Répartition des émissions de dioxines sur la zone « Vallée du Rhône » par secteur d'activité

### Les métaux lourds

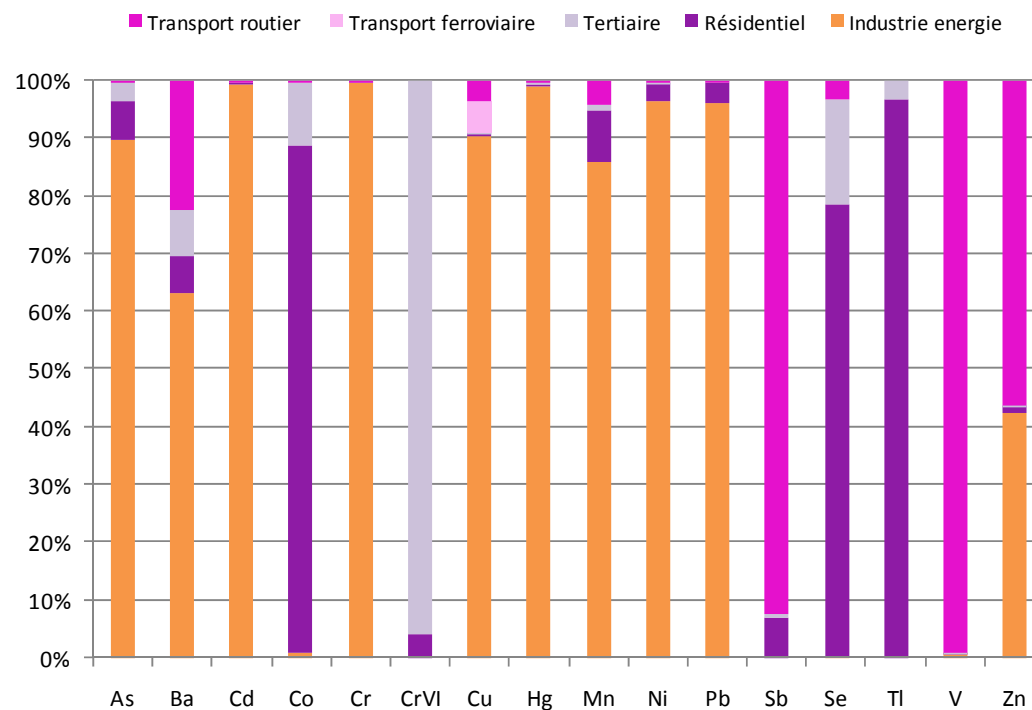


Figure 114 : Répartition des émissions de métaux lourds sur la zone « Vallée du Rhône » par secteur d'activité

## Que retenir ...

### Cadre réglementaire

A l'heure actuelle il n'y a pas de valeur guide ou de recommandations émises sur les teneurs de dioxines et furanes dans l'air ambiant ou les retombées atmosphériques

### Les dioxines et furanes

- ✓ L'amplitude des concentrations de dioxines/furanes dans les retombées atmosphériques « Vallée du Rhône » est la plus importante par rapport à celles des sites de référence urbain et rural, et des autres zones étudiées. La valeur maximum relevée sur une période de 2 mois est de 64 pg/m<sup>2</sup>/jour.
- ✓ Cette zone se distingue cependant par une faible part d'émissions recensées en 2005 toutes sources confondues (2%) par rapport aux autres zones d'étude.
- ✓ La zone « Vallée du Rhône » représente ainsi moins de 1% des dioxines/furanes émises sur la région Rhône-Alpes (référence 2005).
- ✓ La quantité de dioxines/furanes émise au km<sup>2</sup> est la plus faible sur la zone « Vallée du Rhône » en comparaison des autres zones et des sites de référence.
- ✓ La majorité des émissions (92%) de dioxines/furanes sur cette zone d'étude provient du secteur industrie – énergie.

### Les métaux lourds

- ✓ Dans les retombées atmosphériques, les valeurs maximales enregistrées en plomb et en cuivre sont nettement supérieures aux niveaux des deux sites de référence urbain et rural.
- ✓ Le secteur industrie énergie représente la source majoritaire d'émission des métaux lourds sur la zone « Vallée du Rhône ». Sur les 16 métaux lourds surveillés, 9 ont pour source principale d'émission (plus de 60%) le secteur industrie énergie.
- ✓ Les émissions industrielles d'antimoine, de cobalt, de thallium, de vanadium et de sélénium sont encore mal connues et vraisemblablement sous-estimées ; ce qui peut expliquer la part élevée des autres secteurs comme le résidentiel et le transport routier.

### Cadre réglementaire

#### Plomb

→ Valeur limite : **500** ng/m<sup>3</sup> moyenne annuelle 2007

→ Objectif de qualité : **250** ng/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle

Arsenic → Valeur cible à atteindre en 2012 : **6** ng/m<sup>3</sup>

Cadmium → Valeur cible à atteindre en 2012 : **5** ng/m<sup>3</sup>

Nickel → Valeur cible à atteindre en 2012 : **20** ng/m<sup>3</sup>

## Conclusion

La première phase 2006-2007 du programme de surveillance des dioxines/furanes et métaux lourds a permis de dresser un état des lieux des concentrations de ces molécules dans l'air et les retombées atmosphériques sur des zones sous l'influence potentielle d'unités d'incinération et sur 2 sites de référence en situation urbaine et rurale.

Ce programme, mis en place en partenariat avec 8 établissements d'incinération et la DRIRE Rhône-Alpes dès la fin 2006, s'est orienté dans deux voies de surveillance complémentaires : la constitution d'une base de mesures comparables sur les dioxines/furanes et les métaux lourds, et l'élaboration d'un inventaire des émissions sur les zones d'étude et plus largement sur la région Rhône-Alpes.

Les mesures réalisées en simultané dans les retombées atmosphériques à raison de 2 fois 2 mois sur 16 sites, et dans l'air durant 4 fois 2 semaines sur 3 sites, ont fourni des données représentatives au regard des critères requis par la réglementation européenne sur les métaux lourds. Les sites de référence, mesurant en continu, placés au centre de Lyon et en milieu rural au nord de Lyon ont fourni des données précieuses sur l'évolution annuelle de ce type de polluants, et sont des éléments de comparaison solides pour chaque mesure réalisée en zones exposées.

Les concentrations rencontrées aussi bien en air ambiant qu'en retombées atmosphériques, se situent dans des gammes similaires à celles observées par d'autres associations de surveillance de la qualité de l'air française. Concernant les dioxines/furanes les concentrations mesurées en air ambiant vont de 8,7 à 160,8 pg I-TEQ/m<sup>3</sup> sur les zones exposées, et de 6,5 à 165,4 pg I-TEQ/m<sup>3</sup> sur la référence urbaine. Pour les concentrations mesurées dans les retombées atmosphériques de 0 à 63.56 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/jour sur les zones exposées, de 0.92 à 16.15 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/jour sur la référence urbaine, et de 0.15 à 9.69 pg I-TEQ/m<sup>2</sup>/jour sur la référence rurale.

Bien que le site de référence au centre de Lyon enregistre le maximum de dioxines/furanes en air ambiant, l'observation des distributions des dioxines/furanes et des métaux lourds montre des moyennes plus élevées sur les sites exposés par rapport aux sites de référence.

Une analyse par zone d'étude permet d'apprécier les disparités entre sites exposés et sites de référence mais aussi de constater l'impact important de l'environnement de chaque zone d'étude sur les mesures.

La zone « Sud lyonnais » est très influencée par des émissions d'origine industrielle. Elle représente à elle seule 11% des dioxines/furanes émises sur la région Rhône-Alpes. Par la présence d'axes autoroutiers très fréquentés, les métaux lourds et notamment le cuivre ont un profil d'émission très marqué. Les valeurs maximums en cuivre ont été atteints sur la zone « Sud lyonnais » aussi bien dans l'air ambiant que dans les retombées atmosphériques.

La zone « agglomération grenobloise » est sous influence industrielle avec 95% des émissions de dioxines et furanes venant du secteur industrie-énergie. La gamme des concentrations de dioxines/furanes montre une faible variabilité des mesures ; aucune valeur extrême n'a été enregistrée sur cette zone. Les concentrations en métaux lourds, que se soit dans les retombées atmosphériques ou dans l'air ambiant sont proches d'un site de référence urbaine.

Le profil de la zone « Val-de-Saône » est différent des trois autres zones d'études. L'influence industrielle est faible, les concentrations en retombées atmosphériques mesurées sont équivalentes aux niveaux rencontrés sur le site de référence rurale. Les facteurs d'émissions de dioxines/furanes sur cette zone sont le brûlage de câbles (67%) et le secteur résidentiel (28%).

La zone « Vallée du Rhône » n'a été étudiée que par des mesures dans les retombées atmosphériques en 2006/2007. Malgré une quantité de dioxines/furanes émises au km<sup>2</sup> faibles (6 mg/km<sup>2</sup>/an) comparativement aux zones « sud lyonnais » et « agglomération grenobloise » ainsi qu'au site de référence urbaine (10 mg/km<sup>2</sup>/an), l'environnement industriel de cette zone se fait fortement sentir. Les valeurs maximales en

dioxines/furanes et en plomb ( $105.67 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$ ) ont été mesurées sur la zone « Vallée du Rhône ».

L'ensemble des données recueillies dans ce programme ont permis des premières explorations statistiques qui devront être consolidées lors de la poursuite du programme de surveillance de l'année 2008.

## Bibliographie

- « 65 questions réponses sur les incinérateurs et les dioxines » Etude réalisée par l'institut de veille sanitaire (INVS) et l'agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA), à la demande du ministère chargé de la santé. 2005.
- Journée Techniques Nationales – 10 & 11 mars 2004. « Dioxines Polluants Organiques Persistant – Quelles sources d'émissions ? Quels impacts ? Comment maîtriser les rejets ? » Recueil des interventions.
- « Méthode de surveillance des retombées des dioxines et furanes autour d'un UIOM » M. Durif 2001
- ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)
- Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail : [www.afsset.fr](http://www.afsset.fr)
- Institut de Veille Sanitaire (INVS) [www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)
- Ministère de l'Écologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire [www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)
- Citepa, 2006. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France au titre de la convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance et de la directive européenne relative aux plafonds d'émissions nationaux (NEC) – format CEE-NU/NFR et NEC, décembre 2006. Paris, Citepa. (Consultable sur : [www.citepa.org](http://www.citepa.org))
- Ifen, 2006. "L'air" in L'environnement en France - édition 2006. Orléans, Ifen. 500 p. (Consultable sur : [www.ifen.fr](http://www.ifen.fr)).
- Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques) [www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)
- Plan National Santé-Environnement (PNSE). Disponible sur le site du ministère chargé de la Santé : [www.sante.gouv.fr](http://www.sante.gouv.fr) ou du ministère chargé de l'Écologie: [www.ecologie.gouv.fr](http://www.ecologie.gouv.fr)  
Rubrique "Risques et pollutions" > "Santé et environnement" > "Plan national Santé-environnement".
- « PRELEVEMENT ET ANALYSE DES METAUX DANS LES PARTICULES EN SUSPENSION DANS L'AIR AMBIANT » Guide technique et méthodologique publié par le LCSQA [www.lcsqa.org](http://www.lcsqa.org)
- Rapport « Etude sur les dioxines et les furanes dans le lait maternel en France » réalisé en 2001 par l'ADEME, l'INVS et le Centre Rhône-Alpes d'Epidémiologie et de Prévention Sanitaire (CAREPS).
- Rapport intitulé « Étude d'incidence des cancers à proximité des usines d'incinération d'ordures ménagères » réalisé par l'INVS en mars 2008.

- « Incinérateur et santé - Exposition aux dioxines de la population vivant à proximité des UIOM » Etat des connaissances et protocole d'une étude d'exposition issue d'un groupe de travail mené par l'AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments)
- « Étude d'imprégnation par les dioxines des populations vivant à proximité d'usines d'incinération d'ordures ménagères » publié par l'AFSSA et l'INVS en novembre 2006.
- "GUIDE POUR L'EVALUATION DU RISQUE SANITAIRE DANS LE CADRE DE L'ETUDE D'IMPACT D'UNE U.I.O.M. » réalisé par l'association Scientifique et Technique de l'Eau et de l'Environnement (A.S.T.E.E.) en novembre 2003.
- « Enquête sur 69 petits incinérateurs fermés en région Rhône-Alpes », inventaire des sites pollués réalisé en février 2003 par Robin des Bois, une association de protection de l'Homme et de l'environnement.

## Liste des figures

Figure 1 : Localisation des partenaires engagés dans le programme en 2006/2007	8
Figure 2 : la dioxine de Seveso,	13
Figure 3 : Facteurs d'équivalence de toxicité (TEF) pour les dioxines / furanes (valeur proposée par l'OMS [1997] pour les mammifères, humains compris)	14
Figure 4 : Facteurs d'équivalence de toxicité (TEF) pour les dioxines / furanes (valeur proposée par l'OTAN [1989])	14
Figure 5 : Concentrations typiques de dioxines et furanes à l'air ambiant (LHOMAN,	15
Figure 6 : Concentration typique de dioxines et furanes dans des collecteurs de	16
Figure 7 : Gamme de valeurs en dioxines et furanes mesurés dans l'air ambiant en France	16
Figure 8 : Gamme de valeurs en dioxines et furanes mesurés dans les retombées atmosphériques en France	16
Figure 9 : Valeurs réglementaires pour le plomb	17
Figure 10 : Valeurs cibles pour l'arsenic, le cadmium et le nickel	17
Figure 11 : Valeurs recommandées pour le cadmium, le plomb et le manganèse	17
Figure 12 : Valeurs limites allemandes	18
Figure 13 : type d'émissions issues du transport routier considérées par polluant (Ø signifie « pas d'émissions »)	25
Figure 14 : Répartition sectorielle des émissions de métaux et dioxines/furanes sur la région Rhône-Alpes	27
Figure 15 : Bilan sectoriel des émissions de métaux et dioxines/furanes sur la région Rhône-Alpes	27
Figure 16 : Répartition sectorielle des émissions de dioxines et furanes sur la région Rhône-Alpes, avant mise aux normes des incinérateurs et après mise aux normes (estimation)	28
Figure 17 : Répartition spatiale des émissions de dioxines/furanes sur la région Rhône-Alpes en 2005	28
Figure 18 : Répartition spatiale des émissions d'Arsenic sur la région Rhône-Alpes en 2005	29
Figure 19 : Répartition sectorielle des émissions de métaux et dioxines/furanes pour l'ensemble des 8 communes	30
Figure 20 : Répartition sectorielle des émissions de métaux et dioxines/furanes pour chacune des 8 communes pour les polluants principaux	32
Figure 21 : Cadastre des émissions de manganèse sur la zone « sud lyonnais »	33
Figure 22 : Carte des points de mesures 2006-2007	34
Figure 23 : Plannings des campagnes de mesures 2006/2007	35
Figure 24 : Récapitulatif du nombre de campagnes de mesures réalisées en 2006/2007	36
Figure 25 : Evolution mensuelle de la température à Lyon Bron	36
Figure 26 : Evolution mensuelle de la température au Versoud	37
Figure 27 : Evolution mensuelle de la pluviométrie à Lyon Bron	38
Figure 28 : Evolution mensuelle de la pluviométrie au Versoud	38
Figure 29 : Vitesse de vent et températures moyennes par campagne de mesure en « air ambiant »	39
Figure 30 : Températures et précipitations moyennes par campagne de mesure de « retombées atmosphériques » sur le site Météo France du Versoud	40
Figure 31 : Températures et précipitations moyennes par campagne de mesure de « retombées atmosphériques » sur le site météo de Solaize	40
Figure 32 : Comparaison des moyennes sur les 4 périodes et des moyennes annuelles pour les sites de référence du sud lyonnais	41
Figure 33 : Comparaison des moyennes sur les 4 périodes et des moyennes annuelles pour les sites de référence de l'agglomération grenobloise	42
Figure 34 : Comparaison des moyennes sur les 4 périodes et des moyennes annuelles pour les métaux lourds	42
Figure 35 : Comparaison des moyennes sur 2 campagnes et des moyennes annuelles pour les métaux lourds sur le site urbain	43
Figure 36 : Comparaison des moyennes sur les 2 campagnes et des moyennes annuelles pour les métaux lourds sur le site rural	44
Figure 37 : Répartition des concentrations de dioxines et furanes en air ambiant	45
Figure 38 : Répartition des concentrations de dioxines et furanes dans l'air ambiant par typologie	46
Figure 39 : Distribution des concentrations pour chaque métal mesuré dans l'air ambiant	46
Figure 40 : Répartition des concentrations de dioxines et furanes dans les retombées atmosphériques	47
Figure 41 : Répartition des concentrations de dioxines et furanes dans les retombées atmosphériques par typologie	47
Figure 42 : Distribution des concentrations pour chaque métal mesuré dans les retombées atmosphériques	48
Figure 43 : Pourcentage de détection des métaux lourds	49
Figure 44 : Moyenne des dioxines et furanes 2006/2007, tous sites confondus, dans l'air ambiant congénère par congénère	50
Figure 45 :	50
Figure 46 : Niveaux moyens de métaux lourds en air ambiant 2006-2007	51
Figure 47 : Tableau des moyennes annuelles en métaux lourds mesurées en air ambiant en 2007	52
Figure 48 : Niveaux moyens des métaux lourds dans les retombées atmosphériques	52
Figure 49 : Tableau des moyennes annuelles en métaux lourds mesurées dans les retombées atmosphériques en 2007	53
Figure 50 : Evolution des niveaux de dioxines et furanes mesurés dans les retombées atmosphériques	53



Figure 51 : Evolution des niveaux de métaux lourds mesurés dans les retombées atmosphériques	54
Figure 52 : Evolution campagne par campagne des niveaux moyens de métaux lourds dans les retombées atmosphériques	60
Figure 53 : Evolution campagne par campagne des niveaux moyens de dioxines et furanes dans les retombées atmosphériques	61
Figure 54 : Variations saisonnières des métaux lourds dans l'air ambiant sur le site de Feyzin (Sud lyonnais)	61
Figure 55 : Variations saisonnières des métaux lourds dans l'air ambiant sur le site de Meylan (agglomération grenobloise)	61
Figure 56 : Variations saisonnières des métaux lourds dans l'air ambiant sur le site de Gerland (Sud lyonnais)	62
Figure 57 : Evolution temporelle des niveaux de dioxines et furanes mesurés dans les retombées atmosphériques	63
Figure 58 : Evolution des concentrations en métaux lourds dans les retombées atmosphériques entre l'automne 2006 et l'automne 2007	63
Figure 59 : Evolution temporelle des niveaux de dioxines et furanes mesurés en air ambiant	64
Figure 60 : Evolution temporelle des concentrations de manganèse mesurées en air ambiant	65
Figure 61 : Moyennes saisonnières des congénères de dioxines et furanes dans les retombées atmosphériques	65
Figure 62 : Moyennes saisonnières des congénères de dioxines et furanes en air ambiant	66
Figure 63 : Part des furanes mesurés dans les prélèvements dioxines et furanes en air ambiant	67
Figure 64 : Concentrations en air ambiant des dioxines et furanes sur le site de Gerland	68
Figure 65 : Maximas des métaux lourds dans les retombées atmosphériques	68
Figure 66 : Maximas en dioxines et furanes dans les retombées atmosphériques	69
Figure 67 : Profil moyen des métaux lourds en air ambiant sur la zone Lyon Sud	70
Figure 68 : Profil moyen des métaux lourds en air ambiant sur la zone de l'agglomération grenobloise	70
Figure 69 : Profil moyen des métaux lourds en air ambiant sur la zone de Val de Saône	70
Figure 70 : Profil moyen des métaux lourds en air ambiant	71
Figure 71 : Comparaison entre les concentrations de manganèse en air ambiant mesurées sur la zone « Lyon Sud » en 2007 et les températures relevées à Solaize	72
Figure 72 : Comparaison entre les concentrations de dioxines et furanes en air ambiant mesurées sur la zone « Lyon Sud » en 2007 et les températures relevées à Solaize	72
Figure 73 : Répartition des vents sur	73
Figure 74 : Répartition des vents sur	73
Figure 75 : Concentrations en dioxines et furanes lors de la campagne estivale de 2007	74
Figure 76 : Comparaison entre les précipitations mesurées sur la station météo France de « Lyon Bron » et niveaux de dioxines et furanes en air ambiant mesurés sur le site de référence urbaine « Lyon Centre »	75
Figure 77 : Comparaison entre les précipitations mesurées sur la station météo France de « Lyon Bron » et les niveaux de manganèse mesurés pendant les campagnes de mesures dans l'air ambiant en 2007	75
Figure 78 : Concentrations de zinc en air ambiant sur les sites exposés	77
Figure 79 : Concentrations en dioxines et furanes en air ambiant sur les sites exposés	77
Figure 80 : Corrélation entre la concentration de dioxines et furanes et la concentration de particules en suspension sur le site de Lyon centre	78
Figure 81 : Poids de chaque dioxines et furanes sur la masse totale	80
Figure 82 : Contribution de chaque congénère à la masse totale de dioxines et furanes	81
Figure 83 : Répartition des émissions de métaux lourds particulières en sortie de cheminée de Rhodia Organique (Usine Saint-Fons Chimie) le 12/04/2006	82
Figure 84 : Profil des métaux en air ambiant sur le site SL2	82
Figure 85 : Amplitude des concentrations de dioxines/furanes mesurées	86
Figure 86 : Amplitude des concentrations de dioxines/furanes mesurées dans les retombées atmosphériques sur la zone « Sud lyonnais »	86
Figure 87 : Ecart entre les concentrations moyennes de métaux lourds mesurées dans la	86
Figure 88 : Concentrations max des métaux lourds dans les retombées	86
Figure 89 : Part des émissions totales de dioxines sur la zone « Sud lyonnais » par	87
Figure 90 : Comparaison des quantités moyennes de dioxines émises au km <sup>2</sup>	87
Figure 91 : Répartition des émissions de dioxines sur la zone « Sud lyonnais »	87
Figure 92 : Répartition des émissions de métaux lourds	87
Figure 93 : Amplitude des concentrations de dioxines/furanes mesurées	90
Figure 94 : Amplitude des concentrations de dioxines/furanes mesurées dans les retombées atmosphériques sur la zone « Agglomération grenobloise »	90
Figure 95 : Ecart entre les concentrations moyennes de métaux lourds mesurées dans la	90
Figure 96 : Concentrations max des métaux lourds dans les retombées	90
Figure 97 : Part des émissions totales de dioxines sur la zone « Agglomération grenobloise »	91
Figure 98 : Comparaison des quantités moyennes de dioxines émises au km <sup>2</sup>	91
Figure 99 : Répartition des émissions de dioxines sur la zone « Agglomération grenobloise »	91
Figure 100 : Répartition des émissions de métaux lourds	91
Figure 101 : Amplitude des concentrations de dioxines/furanes mesurées	94
Figure 102 : Amplitude des concentrations de dioxines/furanes mesurées	94

Figure 103 : Ecart entre les concentrations moyennes de métaux lourds mesurées dans la zone « Val de Saône » et les concentrations moyennes de métaux lourds mesurées sur le site de référence urbaine	94
Figure 104 : Concentrations max des métaux lourds dans les retombées	94
Figure 105 : Part des émissions totales de dioxines sur la zone « Val de Saône » par	95
Figure 106 : Comparaison des quantités moyennes	95
Figure 107 : Répartition des émissions de dioxines sur la zone « Val de Saône »	95
Figure 108 : Répartition des émissions de métaux lourds	95
Figure 109 : Amplitude des concentrations de dioxines/furanes mesurées dans les retombées atmosphériques sur la zone « Vallée du Rhône »	98
Figure 110 : Concentrations max des métaux lourds dans les retombées	98
Figure 111 : Part des émissions totales de dioxines sur la zone « Vallée du Rhône » par rapport aux émissions de dioxines sur l'ensemble des zones étudiées	99
Figure 112 : Comparaison des quantités moyennes	99
Figure 113 : Répartition des émissions de dioxines sur la zone « Vallée du Rhône »	99
Figure 114 : Répartition des émissions de métaux lourds	99

# Liste des annexes

Annexe 1 : Matériel utilisé	Erreur ! Signet n
Annexe 2 : Choix des sites de mesures	Erreur ! Signet n
Annexe 3 : Sites de références	Erreur ! Signet n
Annexe 4 : Tableau des correspondances	Erreur ! Signet n
Annexe 5 : Les boîtes à moustaches	Erreur ! Signet n
Annexe 6 : Représentativité des mesures	Erreur ! Signet n
Annexe 7 : Résumé de l'approche proposée par l'INERIS	Erreur ! Signet n
Annexe 8 : Niveaux moyens des polluants	Erreur ! Signet n
Annexe 9 : Evolution temporelle métaux lourds dans les retombées atmosphériques	Erreur ! Signet n
Annexe 10 : Distance à la source	Erreur ! Signet n
Annexe 11 : Analyse spectrale des métaux lourds en air ambiant	Erreur ! Signet n
Annexe 12 : Répartition de la vitesse et direction des vents par semaine de mesure en air ambiant	Erreur ! Signet n
Annexe 13 : Distribution des métaux lourds mesurés dans l'air ambiant en fonction de la typologie	Erreur ! Signet n
Annexe 14 : Concentrations des métaux lourds en air ambiant	Erreur ! Signet n
Annexe 15 : Schéma de l'évolution d'un polluant dans l'atmosphère	Erreur ! Signet n
Annexe 16 : Choix site de référence pour les mesures météorologiques	Erreur ! Signet n
Annexe 17 : Corrélation entre métaux lourds et polluants classiques sur les sites exposés	Erreur ! Signet n
Annexe 18 : Nomenclature des activités émettrices CORINAIR/SNAP 97c	Erreur ! Signet n