

Evaluation des risques sanitaires associés à l'inhalation de composés organiques volatiles, métaux lourds et hydrocarbures aromatiques polycycliques autour de 3 zones multi-émettrices en Rhône-Alpes



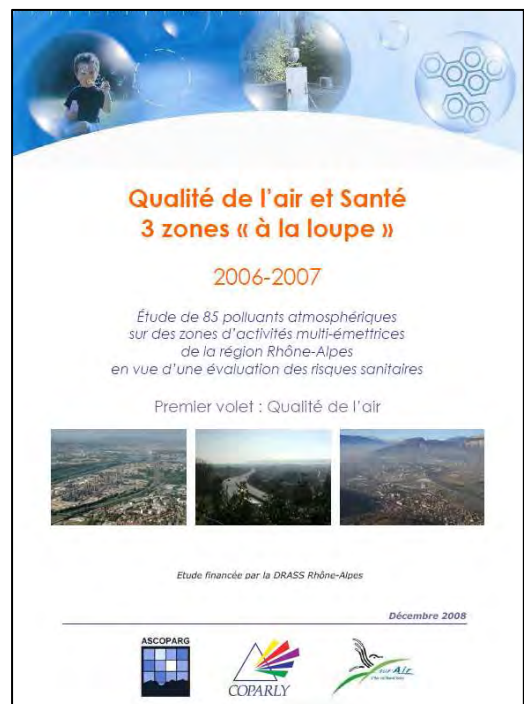
Cire Rhône-Alpes



Ce rapport a été rédigé par Marielle Schmitt, Cire Rhône-Alpes.

Les mesures des polluants atmosphériques ont été financées par la Direction régionale des affaires sanitaires et sociales (Drass) de Rhône-Alpes.

Les mesures ont été réalisées par Atmo Rhône-Alpes qui a rédigé un rapport détaillant les résultats métrologiques.



Copyright des photos de la couverture :
Sud lyonnais : ©Jacques LEONE/Grand Lyon
Roussillon : ©ATMO RhoneAlpes
Sud grenoblois : ©Photothèque IRMA/Sébastien Gominet

Résumé

Certaines zones en Rhône-Alpes concentrent à la fois de nombreuses industries, un important trafic routier et de grandes populations, ce qui pose la question de l'impact sanitaire des émissions atmosphériques sur ces zones.

Trois zones ont été retenues pour l'étude, où l'industrie chimique est particulièrement implantée : le sud lyonnais (Pierre-Bénite, Saint-Fons), le sud grenoblois (Pont-de-Claix, Jarrie) et la moyenne vallée du Rhône (Roussillon, Salaise-sur-Sanne).

Dans un but d'information des acteurs locaux et d'aide à la définition de priorités d'action en matière de réduction des émissions, l'objectif de l'étude était de s'appuyer sur la métrologie pour :

- évaluer les expositions chroniques par inhalation aux COV, HAP et métaux lourds émis par les sources extérieures de pollution dans les quartiers les plus exposés à ces sources sur les zones d'étude ;
- estimer les risques sanitaires potentiels associés à ces expositions.

Les mesures ont été financées par la Direction régionale des affaires sanitaires et sociales (Drass) de Rhône-Alpes. Elles ont été réalisées par Atmo Rhône-Alpes en 2006/2007 avec 2 ou 3 points de mesure par zone d'étude, 4 campagnes de mesures (une par saison) pour un total d'environ 36 jours de prélèvement pour chaque polluant et chaque point de mesure. Atmo Rhône-Alpes a rédigé un rapport indépendant détaillant les résultats métrologiques.

Onze COV chlorés, 5 COV précurseurs de l'ozone, 2 aldéhydes, 4 métaux lourds et 15 HAP ont été retenus pour l'évaluation des risques sanitaires. Pour beaucoup de ces polluants, les concentrations mesurées étaient assez variables d'un jour à l'autre avec, parfois, des pics importants de pollution. Dans ces conditions, les jours échantillonnés pouvaient avoir une influence sur les concentrations d'exposition moyennes annuelles calculées. D'autre part, il a été fait l'hypothèse que les concentrations mesurées en 2006/2007 permettaient d'estimer les expositions moyennes des personnes sur de longues périodes. Ceci a constitué l'incertitude majeure de l'évaluation des risques. Pour beaucoup de polluants, les concentrations mesurées sur les différents points de mesure d'une même zone étaient assez proches, ce qui a permis de considérer une certaine homogénéité des expositions dans les quartiers entourant les points de mesure. Mais des situations particulières ont été identifiées pour certains polluants à proximité de certains points de mesure. Malgré ces limites, l'étude a montré l'intérêt de s'appuyer sur des mesures pour évaluer les risques sanitaires par inhalation associés aux émissions de COV, HAP et métaux lourds.

L'évaluation des risques a fait ressortir qu'il n'y avait pas d'effet systémique attendu sur les zones d'étude en lien avec les expositions étudiées mais que les expositions par inhalation à certains COV étaient susceptibles de générer des risques cancérigènes. Il s'agissait notamment :

- pour la zone du sud lyonnais : du chlorure de vinyle monomère (en particulier sur Saint-Fons), du benzène, du 1,3-butadiène, du tétrachloroéthylène (sur Pierre-Bénite et Saint-Fons), de l'acétaldéhyde (sur Saint-Fons) ;
- pour la zone du sud grenoblois : du formaldéhyde (sur Jarrie), du benzène, du 1,2-dichloroéthane (sur Jarrie) ;
- pour la zone de Roussillon : du benzène.

D'un point de vue sanitaire, ces COV sont donc apparus comme ceux devant faire l'objet d'actions prioritaires de réduction des émissions. Cependant, les concentrations d'exposition par inhalation à certains COV dans les zones d'étude, associées aux sources extérieures de pollution sur ces zones, étaient plus faibles ou du même ordre de grandeur que les concentrations d'exposition à l'intérieur des logements de l'ensemble de la population française (du fait des sources intérieures de pollution).

Par ailleurs, les nombres potentiels de cas de cancers en excès sur les zones d'étude susceptibles de survenir en lien avec les expositions étudiées (sous l'hypothèse de concentrations d'exposition similaires dans le passé et dans l'avenir) restaient très faibles, au regard du nombre total de cas attendus.

Abstract

Some areas in Rhône-Alpes concentrate a lot of industrial plants, important road traffic and large populations, raising the question of the health impact of atmospheric emissions on those areas.

Three areas were selected for the study, where chemical industry is particularly present: the south of Lyon (Pierre-Bénite, Saint-Fons), the south of Grenoble (Pont-de-Claix, Jarrie) and the middle Rhône valley (Roussillon, Salaise-sur-Sanne).

In order to inform local actors, and to participate in defining priorities for action in terms of emissions reduction, the objective of the study was to use metrology to:

- assess chronic inhalation exposures to volatile organic compounds (VOCs), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and heavy metals for the most exposed populations to outdoor sources of pollution in the studied areas;
- assess the potential health risks associated to these exposures.

The measures were financed by the Direction régionale des affaires sanitaires et sociales (Drass) of Rhône-Alpes. They were carried out by Atmo Rhône-Alpes GIE in 2006/2007 with 2 or 3 measurement points in each studied areas, 4 measurement campaigns (one by season) for a total of about 36 days sampled for each pollutants and each measurement point. Atmo Rhône-Alpes drafted an independent report with detailed results of the measures.

The health risk assessment was carried out for 11 chlorinated VOCs, 5 VOCs ozone precursors, 2 aldehydes, 4 heavy metals and 15 PAHs. For many of those pollutants, the measured concentrations were quite variable from one day to another, sometimes with significant peaks of pollution. Therefore, the sampled days could have an effect on the calculated annual average exposure concentrations. Moreover, it was assumed that the concentrations measured in 2006/2007 allowed to estimate the average exposures of the exposed people over long periods of time. This represented the highest uncertainty of the health risk assessment. For many pollutants, the measured concentrations at the different measurement points of a same studied area were relatively similar, and allowed to consider that the exposures were homogeneous in the inhabited area around the measurement points. But, particular situations have been identified for certain pollutants close to some measurement points. Despite those limits, the study showed that metrology was interesting in order to assess the health risks associated with inhalation of VOCs, PAHs and heavy metals.

The health risk assessment showed that no systemic effect was expected on the studied areas related to the studied exposures, but some VOCs inhalation exposures were likely to cause cancer risks. The concerned VOCs were :

- for the south of Lyon: vinyl chlorine (in particular at Saint-Fons), benzene, 1,3-butadiene, tetrachloroethylene (at Pierre-Bénite and Saint-Fons), acetaldehyde (at Saint-Fons) ;
- for the south of Grenoble: formaldehyde (at Jarrie), benzene, 1,2-dichloroethane (at Jarrie) ;
- for the Roussillon area: benzene.

From a health point of view, the reduction of those VOCs emissions seemed to be a priority. However, some VOCs inhalation exposure concentrations in the studied areas, associated to the sources of outdoor air pollution, were less important or approximately at the same level as the exposure concentrations inside the homes of the whole French population (due to indoor air pollution sources).

Furthermore, the potential numbers of cancer cases in excess in the studied areas that may occur in connection with the studied exposures (under the assumption of similar exposure concentrations in the past and in the future) were very low, compared to the total number of expected cases.

Liste des abréviations

AASQA	Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air
Afsset	Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail
Ascoparg	Association pour le contrôle et la préservation de l'air dans la région grenobloise
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BTEX	Benzène, toluène, éthylbenzène, xylène
Cexp	Concentration d'exposition
Circ	Centre international de recherche sur le cancer
Cire	Cellule interrégionale d'épidémiologie
Coparly	Comité pour le contrôle de la pollution atmosphérique dans le Rhône et la région lyonnaise
COV	Composés organiques volatiles
CVM	Chlorure de vinyle monomère
Ddass	Direction départementale des affaires sanitaires et sociales
Drass	Direction régionale des affaires sanitaires et sociales
Drire	Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement
E	Echirrolles
ERI	Excès de risque individuel.
ERU	Excès de risque unitaire
FET	Facteur d'équivalence toxique
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
ICPE	Installations classées pour la protection de l'environnement
IGN	Institut géographique national
Ineris	Institut national de l'environnement industriel et des risques
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
InVS	Institut de veille sanitaire
IRIS	Îlots regroupés pour l'information statistique
IS	Impact sanitaire
J	Jarrie
LD	limite de détection
NOx	Oxydes d'azote
O ₃	Ozone
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	Organisation mondiale de la santé
OQAI	Observatoire de la qualité de l'air intérieur

PB	Pierre-Bénite
PC	Pont-de-Claix
PM10	Particules fines
PRSE	Plan régional santé environnement
QD	Quotient de danger
RC	Roussillon_Cité
RF	Roussillon_Fixe
RfC	Concentration de référence
RGP99	Recensement général de la population de 1999
RIVM	Institut national de la santé public et de l'environnement des Pays-Bas
SF	Saint-Fons
SNC	Système nerveux central
SO ₂	Dioxyde de soufre
Sup'Air	Association de surveillance de la pollution de l'air du Nord-Isère
US-EPA	United States Environmental Protection Agency
V	Vénissieux
VTR	Valeur toxicologique de référence

Sommaire

1. INTRODUCTION	7
2. METHODE.....	9
2.1. METROLOGIE	9
2.1.1. <i>Choix des polluants</i>	9
2.1.2. <i>Choix des points de mesure</i>	9
2.1.3. <i>Choix des périodes de mesure</i>	10
2.1.4. <i>Méthodes de prélèvement et d'analyse</i>	10
2.1.5. <i>Analyse des données de mesure</i>	11
2.2. EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES.....	11
2.2.1. <i>Choix des polluants</i>	11
2.2.2. <i>Identification des dangers et des relations dose-réponse</i>	11
2.2.3. <i>Evaluation des expositions</i>	12
2.2.3.1. <i>Scénarios d'exposition</i>	12
2.2.3.2. <i>Calcul des concentrations d'exposition</i>	12
2.2.3.3. <i>Identification et caractérisation des populations exposées</i>	13
2.2.4. <i>Caractérisation des risques</i>	14
2.2.4.1. <i>Calcul des quotients de danger et des excès de risque individuels</i>	14
2.2.4.2. <i>Identification des polluants prioritaires en terme sanitaire</i>	15
2.2.4.3. <i>Calcul de l'impact sanitaire</i>	15
2.2.5. <i>Analyse des incertitudes</i>	15
3. RESULTATS	16
3.1. METROLOGIE	16
3.1.1. <i>Polluants analysés</i>	16
3.1.2. <i>Localisation des points de mesure</i>	16
3.1.3. <i>Périodes de mesure retenues</i>	17
3.1.4. <i>Analyse des données de mesure</i>	19
3.2. EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES.....	20
3.2.1. <i>Polluants retenus</i>	20
3.2.2. <i>Identification des dangers et des relations dose-réponse</i>	20
3.2.3. <i>Evaluation des expositions</i>	22
3.2.3.1. <i>Calcul des concentrations d'exposition</i>	22
3.2.3.2. <i>Identification et caractérisation des populations exposées</i>	24
3.2.4. <i>Caractérisation des risques</i>	28
3.2.4.1. <i>Calcul des quotients de danger et des excès de risque individuels</i>	28
3.2.4.2. <i>Identification des polluants prioritaires en terme sanitaire</i>	31
3.2.4.3. <i>Calcul de l'impact sanitaire sur chaque zone d'étude</i>	31
3.2.5. <i>Analyse des incertitudes</i>	35
3.2.5.1. <i>Rappel du champ couvert par l'étude</i>	35
3.2.5.2. <i>Incertainitudes sur les relations dose-réponse</i>	36
3.2.5.3. <i>Incertainitudes sur l'évaluation des expositions</i>	36
3.2.5.4. <i>Incertainitude sur la caractérisation des risques</i>	37

4. CONCLUSION.....	39
REFERENCES	41
ANNEXES	42
ANNEXE 1 : ENTREPRISES CHIMIQUES, DU PETROLE ET DU GAZ ET DU TRAITEMENT DES DECHETS DANGEREUX SUR LES 3 ZONES D'ETUDE	42
ANNEXE 2 : POLLUANTS ANALYSES, POLLUANTS D'INTERET, LIMITES DE DETECTION ANALYTIQUES	45
ANNEXE 3 : CARTES REALISEES PAR LES AASQA POUR SELECTIONNER LES ZONES D'IMPLANTATION DES POINTS DE MESURE.....	49
ANNEXE 4 : LOCALISATION DES POINTS DE MESURE (CARTES IGN).....	56
ANNEXE 5 : RESULTATS DES MESURES	59
ANNEXE 6 : VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE	71
ANNEXE 7 : TOXICITE DES POLLUANTS	74
ANNEXE 8 : CONCENTRATIONS MEASUREES	76

1. Introduction

La région Rhône-Alpes est la deuxième région industrielle française derrière l'Île de France et l'activité industrielle y est très concentrée sur quelques pôles, en particulier autour des agglomérations de Lyon, Grenoble et Saint-Etienne. Les secteurs de l'énergie, de la chimie, de la mécanique, de la métallurgie, du traitement de surface, de la papeterie, de la teinturerie, particulièrement développés, nécessitent une attention particulière dans la prévention des pollutions et des risques accidentels [1].

Certaines zones en Rhône-Alpes concentrent donc à la fois de nombreuses industries, un important trafic routier et de grandes populations, ce qui pose la question de l'impact sanitaire des émissions atmosphériques sur ces zones.

De manière générale, la réflexion sur la problématique des risques sanitaires à proximité d'un ensemble de sources d'émissions s'est développée ces dernières années. Les évaluations des risques sanitaires réalisées par les industriels dans le cadre des études d'impact fournies lors des demandes d'autorisation d'exploiter (pour les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)) concernent, en général, une seule installation et ne rendent pas compte de l'impact sanitaire global lié à l'ensemble des activités d'une zone géographique. Or, la protection de la santé des populations nécessite de développer des démarches globales d'évaluation des risques sanitaires.

De telles démarches ont été engagées sur plusieurs zones industrielles en France comme à Fos dans les Bouches-du-Rhône, à Lacq dans les Pyrénées-Atlantiques, à Dunkerque dans le Nord, à Port-Jérôme en Seine-Maritime... Elles se basent généralement sur un inventaire, une caractérisation et une quantification des émissions atmosphériques, suivi d'une modélisation de leur dispersion et de leur transfert dans l'environnement afin de délimiter la zone impactée et d'estimer les concentrations en polluants dans les milieux d'exposition. La modélisation nécessite néanmoins une caractérisation et une quantification précises de l'ensemble des émissions, ce qui est complexe quand elles sont nombreuses et de nature diverse (sources industrielles, résidentielles et liées aux transports, émissions canalisées, diffuses, linéiques...).

Le recours à la modélisation pour évaluer les expositions et les risques sanitaires liés aux émissions de composés organiques volatiles (COV¹) est particulièrement délicat pour les raisons suivantes : les flux à l'émission sont souvent estimés en COV totaux, sans spécification des polluants émis ; dans l'industrie pétrochimique ou les raffineries, les émissions diffuses (fuites liées à des défauts d'étanchéité des équipements, émissions de bassins, de zones de stockage ou de chargement...) sont prépondérantes et difficiles à quantifier ; certains COV réagissent dans l'atmosphère (dégradation photochimique).

Par conséquent, il est apparu intéressant de s'appuyer sur la métrologie pour évaluer les risques sanitaires associés aux émissions de COV sur des zones rassemblant une forte concentration d'industries émettrices, d'infrastructures de transport et de populations résidentes.

Trois zones d'étude ont été choisies où l'industrie chimique est particulièrement implantée : le sud lyonnais (Pierre-Bénite, Saint-Fons), le sud grenoblois (Pont-de-Claix, Jarrige) et la moyenne vallée du Rhône (Roussillon, Salaise-sur-Sanne). La liste et la localisation des entreprises chimiques, du pétrole et du gaz et du traitement des déchets dangereux sur ces 3 zones est fournie en annexe 1 (données du registre français des émissions polluantes mises à disposition sur Internet

¹ Les COV comprennent tous les composés, à l'exclusion du méthane, contenant du carbone et de l'hydrogène (dans lesquels l'hydrogène peut être partiellement ou totalement remplacé par des halogènes, du soufre ou de l'azote, à l'exception des oxydes de carbones et des carbonates), ayant une pression de vapeur supérieure ou égale à 0,01 kPa à 293.15°K (20°C).

<http://www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr/IREP/index.php> par la Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable ; dernière mise à jour en 2005).

Afin de caractériser plus généralement la qualité de l'air sur ces zones, la métrologie a également concerné d'autres polluants atmosphériques : les principaux polluants réglementés (dioxyde de soufre (SO₂), oxydes d'azote (NO_x), particules fines (PM₁₀), ozone (O₃)) et des polluants récemment réglementés par la quatrième directive fille européenne 2004/107/CE du 15 décembre 2004 : métaux lourds et hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Dans un but d'information des acteurs locaux (élus, population, industriels...) et d'aide à la définition de priorités d'action en matière de réduction des émissions, l'objectif de l'étude était donc d'utiliser la métrologie pour :

- évaluer les expositions chroniques par inhalation aux COV, HAP et métaux lourds émis par les sources extérieures de pollution² dans les quartiers les plus exposés à ces sources sur les zones d'étude ;
- estimer les risques sanitaires potentiels associés à ces expositions.

Par sa contribution à la définition de priorités d'action en matière de réduction des émissions atmosphériques, cette étude s'inscrivait notamment dans le champ de la fiche action numéro 7 du Plan régional santé environnement (PRSE) de Rhône-Alpes qui vise à réduire les émissions aériennes de substances toxiques d'origine industrielle.

Les mesures ont été financées par la Direction régionale des affaires sanitaires et sociales (Drass) de Rhône-Alpes et ont été réalisées par Atmo Rhône-Alpes (regroupement des associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) de Rhône-Alpes).

Un comité technique de suivi de l'étude a été mis en place pour valider la méthode et suivre le déroulement de l'étude. Il regroupait des représentants :

- des AASQA ;
- des administrations : Directions régionale et départementales des affaires sanitaires et sociales (Drass de Rhône-Alpes et Ddass du Rhône et de l'Isère), Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (Dire de Rhône-Alpes) ;
- de la Cire (Cellule interrégionale d'épidémiologie) de Rhône-Alpes ;
- des industriels ou de leurs représentants (Union des industries chimiques de Rhône-Alpes, groupe d'intérêt public OSIRIS, chambre de commerce et d'industrie Nord Isère, Arkema Pierre-Bénite, Jarrie et Saint-Fons, Rhodia Pont-de-Claix et Rhodia Opérations Saint-Fons, Isochem Pont-de-Claix, Carbone Savoie, raffinerie TOTAL de Feyzin, Teris spécialités, Bluestar Silicones France, autoroutes du sud de la France).

Les objectifs, la méthode et les résultats de l'étude ont également été discutés au sein d'instances de concertation : les conseils d'administration des AASQA et le Spiral'Air (commission air du secrétariat permanent pour la prévention des pollutions industrielles et des risques dans l'agglomération lyonnaise).

Atmo Rhône-Alpes a rédigé un rapport détaillant les résultats métrologiques [2]. Le présent rapport présente la méthode de l'évaluation des risques sanitaires réalisée, ses résultats et ses incertitudes. L'intérêt et les limites de la métrologie dans le cadre de cette évaluation des risques sont particulièrement discutés.

² Les sources extérieures de pollution atmosphériques correspondent aux émissions industrielles, résidentielles et des infrastructures de transport. Par opposition, les sources intérieures correspondent aux sources de pollution existantes à l'intérieur des bâtiments (liées aux matériaux de construction, aux appareils de chauffage, aux produits d'entretien, au mobilier, aux activités humaines...).

2. Méthode

2.1. Métrologie

2.1.1. Choix des polluants

La sélection des polluants mesurés dans les familles des COV, des métaux lourds et des HAP a été réalisée selon les critères suivants :

- **émissions probables** sur les zones d'étude (polluants figurant dans les déclarations annuelles des émissions atmosphériques des ICPE des zones d'étude ; polluants retenus comme traceurs de risque dans les guides sectoriels pour l'évaluation des risques sanitaires liés aux infrastructures routières [3] et aux raffineries de pétrole [4]) ;
- **toxicité connue** (polluants disposant d'une valeur toxicologique de référence (VTR³) pour des expositions chroniques par inhalation).
- **polluants réglementés** (polluants figurant dans l'annexe III de l'arrêté du 2 février 1998 ou dans les annexes II ou IV de l'arrêté du 24 décembre 2002, visant les ICPE : polluants soumis à des valeurs limite d'émission dans l'air ou polluants dont les émissions dans l'air doivent être déclarées) ;
- **prélèvements et analyses possibles.**

Il a été choisi de retenir les mêmes polluants sur les 3 zones d'étude. Certains polluants non retenus a priori ont cependant été analysés car les techniques analytiques utilisées pour des polluants d'intérêt (répondant aux critères de sélection) fournissaient également des résultats pour d'autres polluants.

2.1.2. Choix des points de mesure

L'objectif était de placer les points de mesure dans les quartiers habités *a priori* les plus exposés aux sources extérieures de pollution présentes sur les zones d'étude. Il s'agissait cependant de bien choisir des points de mesure permettant d'estimer les expositions de fond des populations considérées, c'est-à-dire les expositions auxquelles elles sont soumises en moyenne au cours de la journée (et non les expositions maximum auxquelles elles peuvent être soumises momentanément dans la journée à proximité immédiate d'axes routiers ou d'industries).

Pour des raisons budgétaires, il a été arrêté que les mesures porteraient sur 3 points pour la zone du sud lyonnais, 3 points pour la zone du sud grenoblois et 2 points pour la zone de Roussillon.

³ Les VTR caractérisent les relations entre les expositions aux polluants et la survenue des effets sanitaires associés. Elles sont établies par des instances internationales ou nationales. Deux types de VTR existent :

- pour les effets toxiques à seuil (susceptibles de survenir lorsque l'exposition dépasse un seuil) : la VTR correspond à ce seuil, il s'agit d'une concentration de référence (RfC) pour les expositions par inhalation et d'une dose journalière admissible (DJA) pour les expositions par ingestion ;
- pour les effets toxiques sans seuil (effets cancérigènes génotoxiques), la VTR est un excès de risque unitaire (ERU) qui correspond au risque d'avoir un cancer durant sa vie pour une exposition égale à une unité de dose en moyenne sur la vie entière.

Sur les zones d'étude (délimitées en fonction de la localisation des sources d'émission et des roses de vents), les AASQA ont proposé de choisir les points de mesure sur la base des critères suivants :

- densités de population ;
- cadastre des émissions en COV ;
- concentrations en benzène (mesurées ou estimées) dans l'air ambiant (seul COV pour lequel les AASQA ont réalisé une cartographie régionale des concentrations dans l'air [5]).

Pour prendre en compte ces critères, les AASQA ont réalisé des cartes représentant, sur des mailles de 1 km de côté, les niveaux de ces différentes variables simples ou combinées (nombre d'habitants, émissions de COV en tonnes, concentrations en benzène mesurées ou estimées, nombre d'habitants x émissions de COV en tonnes, nombre d'habitants x concentrations en benzène).

Cette approche cartographique a permis de sélectionner des zones pour l'implantation des camions de prélèvements. Les lieux exacts d'implantation ont été déterminés selon des critères de faisabilité : autorisation, accès à l'électricité...

La localisation des points de mesure a été validée par le comité technique de suivi.

2.1.3. Choix des périodes de mesure

Les AASQA ont réalisé, sur chaque point de mesure, 4 campagnes de prélèvement dans l'année (une par saison). Chaque campagne de prélèvement s'est déroulée sur une période de 3 semaines. Pour chaque polluant, 9 prélèvements de 24 heures (8 h pour les aldéhydes) ont normalement été réalisés par campagne.

Le nombre de prélèvement par point de mesure et par polluant s'est donc, en principe, élevé à $4 \times 9 = 36$ prélèvements d'une journée, ce qui correspond à environ 10 % des jours de l'année échantillonnés. Ceci est supérieur à l'objectif de représentativité fixé par la directive européenne 2004/107/CE du 15 décembre 2004 pour l'évaluation de la qualité de l'air qui préconise un minimum de 24 jours répartis dans l'année, soit 6 prélèvements de 24 heures par saison.

Pour chaque zone d'étude, les prélèvements sur les différents points de mesure ont été réalisés, autant que possible, de manière simultanée.

2.1.4. Méthodes de prélèvement et d'analyse

Les prélèvements ont été réalisés de la manière suivante :

- pour les HAP : prélèvements sur 24 heures sur filtres et mousses à l'aide de préleveurs hauts débits (préleveur Digital DA80) ;
- pour les métaux lourds : prélèvements sur 24 heures sur filtres à l'aide de préleveurs bas débits (préleveur Partisol) ;
- pour les COV chlorés et précurseurs de l'ozone : prélèvements d'air sur 24 heures par canisters ;
- pour les aldéhydes : prélèvements actifs sur 8 heures (de 10h à 18h) sur cartouche DNPH.

Les polluants « classiques » (NO_x, SO₂, PM₁₀, O₃) ont été mesurés en continu sur les périodes de mesure de 3 semaines.

Les analyses ont été réalisées en laboratoires agréés.

2.1.5. Analyse des données de mesure

Les AASQA ont analysé la représentativité temporelle des mesures, pour chacune des zones d'étude :

- comparaison des données météorologiques (températures, précipitations) sur les 4 campagnes de mesure par rapport aux normales saisonnières et comparaison de la rose des vents obtenue sur les 4 campagnes à la rose des vents de l'année ;
- comparaison, pour les polluants « classiques » (NO_x, SO₂, PM₁₀, O₃) et sur les stations fixes de mesure situées sur les zones d'étude, de leurs concentrations moyennes au moment des 4 campagnes de mesure et de leurs concentrations moyennes sur la totalité de l'année ;
- comparaison, pour les 31 COV précurseurs de l'ozone, des moyennes obtenues, sur la station fixe en continu de Feyzin (zone du sud lyonnais), pour les 4 campagnes de mesure et pour la totalité de l'année.

Les AASQA ont également procédé à des comparaisons des concentrations mesurées entre point de mesure d'une même zone et entre les zones et ont analysé les variations saisonnières et l'influence des conditions climatiques. Ces éléments sont présentés dans leur rapport [2].

Dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires, les paramètres suivants ont été calculés pour chaque polluant disposant d'une VTR et chaque point de mesure : nombre de mesures réalisées, pourcentage de mesures différentes de la limite de détection (LD), concentration maximale, concentration moyenne sur les 4 campagnes de mesures (en remplaçant les mesures inférieures à la LD par LD/2), coefficient de variation et concentrations moyennes par campagne.

2.2. Evaluation des risques sanitaires

La démarche d'évaluation des risques sanitaires (ERS) est conventionnellement structurée en 4 étapes : l'identification des dangers, l'identification des relations dose-réponse, l'évaluation des expositions et la caractérisation des risques.

2.2.1. Choix des polluants

L'évaluation des risques sanitaires a porté sur les COV, métaux lourds et HAP d'intérêt (répondant aux critères de sélection) mesurés. Cependant, les 4 étapes de la démarche n'ont été déroulées que pour les polluants d'intérêt pour lesquels 30 % ou plus des mesures étaient supérieures à la limite de détection (LD). Pour les autres, l'exposition étant négligeable, il a été immédiatement conclu en l'absence de risque sanitaire.

2.2.2. Identification des dangers et des relations dose-réponse

La toxicité des polluants retenus, pour des expositions chroniques, a été identifiée et résumée, principalement à partir de la consultation des fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris). Sur ces fiches, ont également été relevées, pour ces polluants, toutes les VTR disponibles pour des **expositions chroniques par inhalation** (pour les effets à seuil ou sans seuil), issues des bases de données des 6 organismes et agences reconnues : Organisation mondiale de la santé (OMS), United States Environmental Protection Agency (US-EPA), Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Santé Canada, Institut national de la santé public et de l'environnement des Pays-Bas (RIVM), Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA). Pour les effets cancérigènes sans seuil, seules les VTR exprimées sous la forme d'un excès de risque unitaire ont été relevées. A l'aide de Furêtox, moteur de recherche d'informations toxicologiques sur Internet (développé par la Cire Ile-de-France, la Cire Nord et la Drass Nord-Pas-de-Calais), il a été vérifié dans les bases de données des organismes que les VTR relevées dans les fiches de l'Ineris étaient toujours en vigueur. Une mise à jour a été faite si nécessaire.

Par ailleurs, des analyses des VTR disponibles pour certains polluants ont été réalisées par l'Ineris ou l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) récemment et présentées dans les documents suivants : analyse et construction des VTR pour le 1,2-dichloroéthane, le chloroforme, le tétrachlorure de carbone et le chlorure de méthylène [6] et valeur guide de qualité de l'air intérieur pour le formaldéhyde [7]. Les VTR retenues ou élaborées dans ces documents, suite à une analyse approfondie des données toxicologiques disponibles, ont été retenues pour l'étude.

Dans les autres cas, lorsqu'il y avait plusieurs VTR disponibles pour des expositions chroniques par inhalation et un même type d'effet, le choix a été réalisé en favorisant les 3 principaux organismes (US-EPA, ATSDR, OMS), la date d'élaboration ou de révision la plus récente, les VTR établies à partir d'études chez l'homme. Le document de l'Ineris, de juin 2007, faisant le point sur les valeurs toxicologiques de référence [8] a également été consulté et les choix de VTR réalisés par l'Ineris ont été pris en compte.

Enfin, pour les HAP, la méthodologie décrite par l'Ineris dans [9], avec application de facteurs d'équivalence toxique pour l'évaluation des risques cancérogènes, a été appliquée.

2.2.3. Evaluation des expositions

2.2.3.1. Scénarios d'exposition

La population passe la majorité de son temps, autour de 85 %, à l'intérieur de bâtiments (habitation, lieu de travail). Selon les polluants, les concentrations dans l'air intérieur des bâtiments peuvent être inférieures (abattement entre l'extérieur et l'intérieur) ou supérieures (en présence de sources de pollution intérieures). Cependant, dans le cadre de cette étude, les mesures n'ont été réalisées qu'en air extérieur. De ce fait, l'étude s'est limitée à estimer les expositions et les risques associés aux sources de pollution extérieures. Aucun phénomène d'abattement de la pollution entre l'extérieur et l'intérieur des bâtiments n'a été pris en compte. Il a donc été considéré que la population était exposée 24 heures sur 24 aux concentrations d'exposition estimées à partir des mesures réalisées dans l'air extérieur.

Par ailleurs, 2 scénarios d'exposition ont été envisagés :

- Le premier scénario correspondait à une population très sédentaire, exposée en continue, toute l'année (365 jours/365) et pendant la vie entière. Il s'agissait d'un scénario majorant mais qui semblait rester plausible pour une petite part de la population concernée.
- Le second scénario correspondait à une population scolarisée ou travaillant dans la zone d'étude où elle vit mais plus mobile dans l'année (W.E., vacances) et dans la vie. Pour ce scénario, il a été considéré une exposition 335 jours sur 365 (30 jours, soit environ 3 semaines par an en W.E. ou en vacances en dehors de la zone d'étude), pendant 30 ans. Ces paramètres d'exposition sont fréquemment utilisés dans les évaluations des risques sanitaires.

2.2.3.2. Calcul des concentrations d'exposition

Les périodes et la fréquence des mesures ont été définies de manière à obtenir une représentativité temporelle, en moyenne sur l'année. Il s'agissait, en effet, d'estimer des concentrations d'exposition chronique, par inhalation, aux polluants émis par les sources d'émissions extérieures.

Pour les polluants retenus, et pour chaque point de mesure les concentrations mesurées ont été représentées graphiquement : un graphe par polluant et par zone d'étude avec, sur chaque graphe, une courbe par point de mesure, avec les concentrations mesurées en ordonnée et les jours de mesure en abscisse.

Pour chaque polluant et pour chaque zone d'étude, en fonction de la corrélation des séries temporelles observées sur les graphes entre les points de mesure et de la comparaison des moyennes obtenues sur chaque point de mesure, il a été décidé ou non de regrouper les points de mesure.

Pour les polluants pour lesquels 2 ou 3 points de mesure ont été regroupés sur une zone d'étude, les concentrations d'exposition chronique par inhalation (C_{exp}) ont été calculées à partir de l'ensemble des concentrations mesurées sur les différents points regroupés. Sinon, les concentrations d'exposition ont été calculées pour chaque point de mesure.

Dans les 2 cas, les concentrations d'exposition ont été estimées de 2 manières différentes :

- en calculant la moyenne des concentrations mesurées sur les 4 campagnes (en remplaçant les mesures inférieures à la LD par LD/2) ;
- en calculant la médiane des concentrations mesurées sur les 4 campagnes, différentes de la LD, et en pondérant cette médiane par le pourcentage de mesures différentes de la LD (C_{exp} = médiane des concentrations différentes de la LD x (nombre de mesures différentes de la LD / nombre total de mesures))

Ces 2 modes de calculs ont été retenus car, pour les polluants présentant ponctuellement des pics de concentration importants, les concentrations d'exposition calculées à partir de la moyenne sont très influencées par ces pics (tirées vers le haut), ce qui n'est pas le cas des concentrations d'exposition calculées à partir de la médiane.

2.2.3.3. Identification et caractérisation des populations exposées

Concernant l'exposition, l'objectif de l'étude était d'estimer les expositions chroniques par inhalation aux polluants émis par des sources extérieures de pollution dans les quartiers habités les plus exposés à ces sources.

Les points de mesures ont été choisis dans cette optique et seules les populations résidant dans les quartiers d'habitations entourant les points de mesure, donc les populations *a priori* les plus exposées, ont été prise en considération. Cela n'exclut pas que des populations plus éloignées soient également exposées aux sources d'émission des zones d'étude.

Le repérage des quartiers considérés s'est fait à l'aide de cartes des zones d'étude, réalisées sur le logiciel Arcview 9.1., et représentant :

- l'occupation des sols, et en particulier les zones urbanisées (données issues de la base Corine Land Cover 2000),
- les contours des communes (base GeoFla® de l'Institut géographique national (IGN)),
- les routes principales et le réseau hydrographique (base Route500® de l'IGN),
- les contours des IRIS (îlots regroupés pour l'information statistique correspondant à des quartiers formés d'un ensemble d'îlots⁴ contigus) (base fonds numérisés des IRIS 2000 de l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE) et de l'IGN) ou, pour certaines communes, les contours d'îlots regroupés pour les besoins de l'étude⁵.

Les quartiers retenus étaient les quartiers entourant les points de mesure, en tenant compte de la proximité avec les sources de pollution, de la continuité urbaine, de la topographie, de la rose des vents et des découpages des IRIS ou îlots. Ces critères utilisés pour délimiter les quartiers où l'exposition de la population aux polluants étudiés pouvait être considérée comme homogène (et

⁴ L'îlot est l'unité géographique de base pour le recensement de la population. Il s'agit d'un ou de quelques pâtés de maison en zone urbaine ou d'un ensemble limité par des voies en zone périphérique.

⁵ Pour les communes les plus peuplées (Pierre-Bénite, Saint-Fons, Vénissieux sur la zone du sud lyonnais, Le Pont-de-Claix et Echirolles sur la zone du sud grenoblois) l'INSEE a regroupés les îlots en IRIS et fournit un fond numérisé de ce découpage en IRIS. Pour les communes moins peuplées (Jarrie sur la zone du sud grenoblois, Roussillon, le Péage-de-Roussillon, Salaise-sur-Sanne pour la zone de Roussillon), les IRIS définis par l'INSEE étaient trop grands pour être utilisables dans l'étude ou l'INSEE ne proposait pas de découpage en IRIS. Il a alors été demandé aux communes de fournir des cartes (papier) représentant les îlots de leur commune, des regroupements d'îlots adaptés à l'étude ont été fait et représentés cartographiquement sur Arcview.

caractérisée par les concentrations d'exposition telles qu'estimées par la méthode décrite plus haut) se sont inspirés de ceux utilisés pour définir les zones d'étude dans les évaluations de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine [10].

La population totale et des 0-19 ans résidant dans les communes ou IRIS/îlots considérés, au recensement général de la population de 1999 (RGP99), ont été indiquées. Le type d'habitat majoritaire (maison individuelle ou immeuble collectif) sur ces communes a également été précisé. Ces données étaient issues de la base de données îlots 15 de l'INSEE.

2.2.4. Caractérisation des risques

2.2.4.1. Calcul des quotients de danger et des excès de risque individuels

Pour les effets toxiques à seuil, la caractérisation des risques a consisté à calculer des quotients de danger (QD). Un QD est égal à la concentration d'exposition (C_{exp}) sur la concentration de référence (RfC).

$$QD = C_{exp} / RfC$$

Si un QD est supérieur à 1, la survenue de l'effet ne peut être exclu.

Le scénario d'exposition n'intervient pas dans le calcul des QD. Les QD calculés à partir des concentrations d'exposition moyennes ont été notés QD_{moy} et ceux calculés à partir des concentrations d'exposition médianes ont été notés QD_{med} .

Pour les effets toxiques sans seuil (effets cancérigènes génotoxiques), les risques ont été quantifiés sous la forme d'excès de risque individuel (ERI). Un ERI correspond à la probabilité individuelle d'avoir un cancer au cours de sa vie associé à l'exposition étudiée. L'ERI est obtenu en multipliant la concentration d'exposition (C_{exp}) par l'excès de risque unitaire (ERU), en tenant compte du taux d'exposition TE (proportion de temps passé en moyenne annuelle dans la zone d'étude) et de la durée d'exposition DE (exprimée en année) par rapport à la durée de la vie entière ($T_p = 70$ ans, par convention).

$$ERI = C_{exp} \times ERU \times TE \times DE / T_p$$

Les ERI ont été comparés à la valeur repère de 10^{-5} , généralement considéré, dans les évaluations des risques sanitaires, comme étant un excès de risque individuel acceptable.

Pour le premier scénario d'exposition, il a été considéré que TE était égal à 1 (exposition 365 jours sur 365) et que la durée d'exposition était égale à la durée de la vie entière ($DE = T_p$). Pour le second scénario d'exposition, TE était égal à 335 sur 365 et DE était égal à 30 ans. Ainsi, pour les effets toxiques sans seuil, 2 ERI ont été calculés pour chaque concentration d'exposition (correspondant aux 2 scénarios d'exposition). Les ERI calculés à partir des concentrations d'exposition moyennes ont été notés ERI_{moy} et ceux calculés à partir des concentrations d'exposition médianes ont été notés ERI_{med} .

Les ERI ont été calculés de la même manière, à partir des concentrations d'exposition établies sur la base des mesures réalisées en 2006/2007, pour l'ensemble des individus des populations exposés, qu'ils soient jeunes ou âgés. Or, la période d'exposition (70 ans pour le scénario 1, 30 ans pour le scénario 2) est à venir pour les personnes jeunes alors qu'elle est passée pour les personnes âgées. Ainsi, les ERI calculés correspondent :

- pour les jeunes, à leur risque d'avoir un cancer durant leur vie en lien avec les expositions étudiées si ces expositions ne diminuent pas dans l'avenir par rapport à leur niveau de 2006/2007 ;
- pour les personnes âgées, à leur risque d'avoir un cancer durant leur vie en lien avec les expositions étudiées si ces expositions n'étaient pas supérieures dans le passé à ce qu'elles étaient en 2006/2007.

2.2.4.2. Identification des polluants prioritaires en terme sanitaire

L'objectif était d'identifier, d'un point de vue sanitaire, les polluants prioritaires, c'est-à-dire sur lesquels agir en priorité pour réduire leur émissions. Le tableau 1 indique les critères de priorisation utilisés. Deux niveaux de priorité ont été définis.

Tableau 1. Méthode pour classer les polluants étudiés en niveaux de priorité pour l'action

	Polluants de priorité 1	Polluants de priorité 2
Effets toxiques à seuil	QDmoy et QDmed > 1	QDmoy > 0,8
Effets toxiques sans seuil	Pour le scénario 1 ERImoy et ERImed > 10 ⁻⁵	Pour le scénario 1 ERImoy > 10 ⁻⁵ et ERImed > 10 ⁻⁶

2.2.4.3. Calcul de l'impact sanitaire

Sur chaque zone d'étude, il a également été calculé l'impact sanitaire (IS). L'IS est une traduction, à l'échelle de la population, des risques calculés au niveau individuel. Le calcul de l'impact sanitaire consiste donc à appliquer à la population exposée les excès de risques de développer un cancer estimés au niveau individuel (les ERI). Ainsi, l'IS correspond, théoriquement, au nombre de cancers en excès susceptibles de se développer dans les populations exposées, du fait de leurs expositions aux polluants étudiés présentant des effets cancérigènes génotoxiques (sans seuil). En fait, le calcul de l'impact sanitaire est associé à de nombreuses hypothèses fortes qui sont rappelées dans le récent rapport d'analyse de l'Afsset et de l'InVS sur le sujet [11] et qui rendent la vraisemblance du calcul très incertaine. De plus, dans le cas de cette étude, l'IS serait le nombre de cancers en excès susceptibles de se développer dans les populations exposées si les concentrations d'exposition étaient les mêmes dans le passé (pour les personnes âgées) et restaient les mêmes dans le futur (pour les personnes jeunes). Le calcul de l'IS a néanmoins été réalisé car le rapport d'analyse de l'Afsset et de l'InVS rappelle son intérêt pour informer les acteurs et répondre de manière plus accessible à leurs questions sur les risques sanitaires.

Le calcul de l'impact sanitaire sur chaque zone d'étude a été réalisé à partir des ERI calculés selon le second scénario d'exposition s'appliquant à une plus grande part de la population que ceux calculés selon le premier scénario. Sur chaque zone d'étude, les ERI ont été appliqués aux populations exposées correspondantes pour calculer l'impact sanitaire selon la formule suivante : $IS = ERI \times N$ avec N la taille de la population exposée au recensement de 1999. Les évolutions dans le temps du nombre de personnes exposées dans les zones d'étude n'ont pas été prise en compte. En revanche, les ERI étant une probabilité individuelle pour chaque individu exposée de développer un cancer durant sa vie, le nombre de cancers en excès dans la population est une variable aléatoire (il ne prend pas une seule valeur de manière certaine, mais un ensemble de valeurs sont possibles associées à une probabilité d'occurrence différente) [11]. En plus de l'espérance mathématique de l'IS, issu du produit de l'ERI par la taille de la population considérée, il a donc été calculé les bornes inférieure et supérieure de l'intervalle qui contient au moins 95 % des valeurs possibles de l'IS (en utilisant les caractéristiques connues de la distribution binomiale, c'est-à-dire la formule suivante : borne de l'IS = $N \times (ERI \pm 1,96 \times (ERI (1 - ERI) / N)^{1/2})$).

2.2.5. Analyse des incertitudes

Les hypothèses considérées dans l'évaluation des risques et les facteurs d'incertitude ont été discutés, en particulier en ce qui concerne leur influence sur les résultats de la caractérisation des risques.

3. Résultats

3.1. Métrologie

3.1.1. Polluants analysés

Les polluants suivants ont été analysés :

- 17 COV Chlorés, dont 12 présentant un intérêt pour l'étude (répondant aux critères de sélection) : chlorométhane, dichlorométhane, trichlorométhane, tétrachlorométhane, 1,2-dichloroéthane, 1,1,1-trichloroéthane, 1,1,2-trichloroéthane, 1,1,2,2-tétrachloroéthane, chloroéthylène (chlorure de vinyle monomère), 1,1-dichloroéthylène, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène ;
- 31 COV précurseurs de l'ozone, dont 6 présentant un intérêt pour l'étude : benzène, 1,3-butadiène, éthylbenzène, m+p-xylène, o-xylène, toluène ;
- 7 aldéhydes, dont 2 présentant un intérêt pour l'étude : formaldéhyde et acétaldéhyde ;
- 6 métaux lourds présentant un intérêt pour l'étude : arsenic, cadmium, nickel, plomb, manganèse et vanadium ;
- 19 HAP dont 15 présentant un intérêt pour l'étude. Il s'agit des 15 HAP pour lesquels un facteur d'équivalence toxique (FET) est disponible [9] : acénaphène, anthracène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(g,h,i)pérylène, benzo(k)fluoranthène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène, fluoranthène, fluorène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, naphthalène, phénanthrène, pyrène.

L'annexe 2 fournit la liste de l'ensemble des polluants analysés et précise les modalités de sélection des polluants d'intérêt. Elle indique également les limites de détection (LD) des méthodes analytiques pour chaque polluant.

3.1.2. Localisation des points de mesure

L'annexe 3 fournit les cartes réalisées par les AASQA pour sélectionner les zones d'implantation des points de mesure. Elles représentent, sur des mailles de 1 km de côté, la population, les émissions de COV en tonnes, les concentrations en benzène mesurées ou estimées et des combinaisons de ces variables : nombre d'habitants x émissions de COV en tonnes, nombre d'habitants x concentrations en benzène. Sont également présentées les roses des vents sur les zones d'étude et, pour la zone du sud grenoblois, la topographie puisque celle-ci est marquée. Les vents dominants sur les 3 zones d'étude sont orientés Nord/Sud.

Les points de mesures finalement retenus sont localisés sur les cartes en annexe 4 et leurs adresses sont indiquées dans le tableau 2. Pour la zone du sud lyonnais, les 3 points de mesure sont situés sur les communes de Pierre-Bénite, Saint-Fons et Vénissieux, sur les sites fixes de mesure des AASQA pour Pierre-Bénite et Saint-Fons. Pour la zone du sud grenoblois, les 3 points de mesure sont situés sur les communes d'Echirolles, du Pont-de-Claix et de Jarrie. Pour la zone de Roussillon, les 2 points sont situés sur la commune de Roussillon, dont l'un à l'emplacement du site de mesure fixe des AASQA.

Tableau 2. Adresses des points de mesure pour chaque zone d'étude

Zone d'étude	Point de mesure	Adresse du point de mesure
Sud lyonnais	Pierre-Bénite (PB)	Ecole des Hautes Roches - rue des cerisiers (Site fixe)
Sud lyonnais	Saint-Fons (SF)	Stade municipal – 64 rue Carnot (Site fixe)
Sud lyonnais	Vénissieux (V)	Maison des Fêtes et des Familles – 2 av de la Division Leclerc
Sud grenoblois	Echirolles (E)	Rue Raymond Lefèbre/place Kioulou (jardin du relais St-Jean Bosco)
Sud grenoblois	Pont-de-Claix (PC)	Ecole Jean Moulin
Sud grenoblois	Jarrie (J)	Stade Pierre Pillet
Roussillon	Roussillon_Cité (RC)	Cité ouvrière - Place des Cités - Club de Pétanque Roussillonnaise
Roussillon	Roussillon_Fixe (RF)	Lycée de l'Edit – 24 avenue lycée (Site fixe)

3.1.3. Périodes de mesure retenues

Les mesures se sont échelonnées entre mai 2006 et septembre 2007. Le tableau 3 présente les jours de mesure sur chaque zone d'étude (tous les polluants n'ont pas été systématiquement mesurés sur chacun de ces jours). En résumé, les campagnes de mesure, sur chaque zone, se sont déroulées aux périodes suivantes :

- zone de Roussillon : campagne de printemps en mai 2006, d'été en juillet 2006, d'automne en septembre/octobre 2006 et d'hiver en février 2007;
- zone du sud lyonnais : campagne de printemps en juin 2006, d'été en août 2006, d'automne en novembre 2006 et d'hiver en janvier 2007 ;
- zone du sud grenoblois : campagne d'hiver en décembre 2006, de printemps en mars/avril 2007, d'été en juin 2007 et d'automne en septembre 2007.

Tableau 3. Jours de mesure pour chaque zone d'étude

		2006							2007										
		L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D				
2006	Printemps	Mai	1	2	3	4	5	6	7	2007	Hiver	Janvier	1	2	3	4	5	6	7
			8	9	10	11	12	13	14				8	9	10	11	12	13	14
			15	16	17	18	19	20	21				15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26	27	28	22	23		24	25	26	27	28				
	29	30	31	1	2	3	4	29	30		31	1	2	3	4				
	Été	Juin	5	6	7	8	9	10	11		Printemps	Février	5	6	7	8	9	10	11
			12	13	14	15	16	17	18				12	13	14	15	16	17	18
			19	20	21	22	23	24	25				19	20	21	22	23	24	25
	26	27	28	29	30	1	2	26	27		28	1	2	3	4				
	Automne	Juillet	3	4	5	6	7	8	9		Été	Mars	5	6	7	8	9	10	11
			10	11	12	13	14	15	16				12	13	14	15	16	17	18
			17	18	19	20	21	22	23				19	20	21	22	23	24	25
24	25	26	27	28	29	30	26	27	28	29	30	31	1						
31	1	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6	7	8						
Hiver	Août	7	8	9	10	11	12	13	Printemps	Avril	9	10	11	12	13	14	15		
		14	15	16	17	18	19	20			16	17	18	19	20	21	22		
		21	22	23	24	25	26	27			23	24	25	26	27	28	29		
28	29	30	31	1	2	3	30	1	2	3	4	5	6						
Automne	Septembre	4	5	6	7	8	9	10	Été	Mai	7	8	9	10	11	12	13		
		11	12	13	14	15	16	17			14	15	16	17	18	19	20		
		18	19	20	21	22	23	24			21	22	23	24	25	26	27		
25	26	27	28	29	30	1	28	29	30	31	1	2	3						
Hiver	Octobre	2	3	4	5	6	7	8	Printemps	Juin	4	5	6	7	8	9	10		
		9	10	11	12	13	14	15			11	12	13	14	15	16	17		
		16	17	18	19	20	21	22			18	19	20	21	22	23	24		
23	24	25	26	27	28	29	25	26	27	28	29	30	1						
30	31	1	2	3	4	5	2	3	4	5	6	7	8						
Automne	Novembre	6	7	8	9	10	11	12	Été	Juillet	9	10	11	12	13	14	15		
		13	14	15	16	17	18	19			16	17	18	19	20	21	22		
		20	21	22	23	24	25	26			23	24	25	26	27	28	29		
27	28	29	30	1	2	3	30	31	1	2	3	4	5						
Hiver	Décembre	4	5	6	7	8	9	10	Printemps	Août	6	7	8	9	10	11	12		
		11	12	13	14	15	16	17			13	14	15	16	17	18	19		
		18	19	20	21	22	23	24			20	21	22	23	24	25	26		
25	26	27	28	29	30	31	27	28	29	30	31	1	2						
Automne	Janvier	3	4	5	6	7	8	9	Été	Septembre	3	4	5	6	7	8	9		
		10	11	12	13	14	15	16			10	11	12	13	14	15	16		
		17	18	19	20	21	22	23			17	18	19	20	21	22	23		
24	25	26	27	28	29	30	24	25	26	27	28	29	30						

Légende

- Zone de Roussillon
- Zone du sud lyonnais
- Zone du sud grenoblois

3.1.4. Analyse des données de mesure

L'analyse des AASQA [2] a montré :

- une assez bonne représentativité météorologique des 4 campagnes de mesure pour les 3 zones d'étude ;
- une bonne estimation des moyennes annuelles, à partir des 4 campagnes, pour les polluants gazeux « classiques » (NO_x, SO₂, PM₁₀, O₃) ;
- des concentrations moyennes, sur les 4 campagnes de mesure, pour les 31 COV précurseurs de l'ozone, sur le capteur fixe de Feyzin, proches des concentrations moyennes annuelles.

L'annexe 5 fournit, pour chaque polluant disposant d'une VTR et chaque point de mesure, le nombre de mesures réalisées, le pourcentage de mesures différentes de la limite de détection (LD), la concentration maximale, la concentration moyenne sur les 4 campagnes de mesures, le coefficient de variation et les concentrations moyennes par campagne.

Les principaux résultats sont décrits ci-après.

Détection des polluants

Certains polluants n'ont pas été ou très peu retrouvés (70 % ou plus des mesures inférieures à la LD ou très proches de la LD) :

- les COV chlorés disposant d'une VTR mais non retenus, *a priori*, comme polluants d'intérêt : chloroéthane, 1,2-dichloroéthylène, chlorobenzène, 1,4-dichlorobenzène, sauf sur la zone du sud grenoblois pour le chloroéthane et le chlorobenzène (retenus *a posteriori* comme polluants d'intérêt pour cette zone) ;
- d'autres COV chlorés, pourtant retenus, *a priori*, comme polluants d'intérêt : 1,1,2-trichloroéthane, 1,1,2,2-tétrachloroéthane, chloroéthylène (chlorure de vinyle monomère), 1,1-dichloroéthylène, sauf sur la zone du sud lyonnais pour le chloroéthylène ;
- l'arsenic et le cadmium ainsi que le vanadium sur la zone de Roussillon.

Variations journalières et tendances saisonnières

Pour quasiment l'ensemble des polluants, les coefficients de variation approchaient ou dépassaient 100 %, montrant une importante variabilité des concentrations mesurées d'un jour à l'autre.

Des pics importants de concentrations dans l'air ont été mesurés certains jours pour de nombreux polluants. Parmi les polluants d'intérêt détectés plus de 30 % des jours de mesures, les pics les plus notables (concentration maximum supérieure à 20 fois la concentration médiane) ont été identifiés pour les polluants suivants :

- dichlorométhane sur Pierre-Bénite et Saint-Fons, chloroéthylène sur Saint-Fons, 1,3-butadiène sur Vénissieux, acétaldéhyde sur Saint-Fons, plusieurs HAP sur Saint-Fons ;
- tétrachlorométhane sur Pont-de-Claix et Echirolles, nickel sur Jarrie et Echirolles, plusieurs HAP sur les 3 points de mesures ;
- chlorométhane sur Roussillon-cité et Roussillon-fixe, tétrachloroéthylène sur Roussillon-cité, éthyl-benzène et toluène sur Roussillon-fixe, plusieurs HAP sur les 2 points de mesures.

Pour les COV chlorés, les aldéhydes et les métaux, il n'a pas été observé de tendance saisonnière générale. En revanche, il a été observé des concentrations plus élevées en HAP en hiver sur les zones du sud grenoblois et de Roussillon (sur l'ensemble des points de mesure) et en automne et hiver sur la zone du sud lyonnais. Les concentrations en BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylène) étaient également, pour la plupart des points de mesure, supérieures en automne et en hiver par rapport au printemps et à l'été.

Comparaison entre les zones d'étude

Certains polluants ont été retrouvés en plus forte concentration sur une zone d'étude ou un point de mesure particulier :

- le dichlorométhane, chloroéthylène et le 1,3-butadiène sur la zone du sud lyonnais ;
- le tétrachlorométhane, le chloroéthane, le 1,2-dichloroéthane, le chlorobenzène et le toluène sur la zone du sud grenoblois ;
- l'acétaldéhyde sur Saint-Fons et Jarrie et le formaldéhyde sur Pierre-Bénite, Jarrie et Roussillon fixe ;
- les HAP sur Jarrie (acénaphthène, anthracène, fluoranthène, fluorène, naphthalène, phénanthrène) et sur Saint-Fons et Vénissieux (benzo(b)fluoranthène, chrysène, fluoranthène, phénanthrène, pyrène) ;
- le plomb, le manganèse et le vanadium sur les zones du sud lyonnais et du sud grenoblois, par rapport à la zone de Roussillon et le nickel sur la zone du sud grenoblois.

3.2. Evaluation des risques sanitaires

3.2.1. Polluants retenus

Les polluants d'intérêt ont été retenus pour dérouler la démarche d'évaluation des risques sanitaires sauf le 1,1,2-trichloroéthane, le 1,1,2,2-tétrachloroéthane, le 1,1-dichloroéthylène, l'arsenic et le cadmium (70 % ou plus des mesures inférieures à la LD ou très proches de la LD).

Le chloroéthylène (chlorure de vinyle monomère) n'a été retenu que pour la zone du sud lyonnais. Le chloroéthane et le chlorobenzène, identifiés a posteriori comme polluants d'intérêt pour la zone du sud grenoblois, ont été retenus pour l'évaluation des risques sur cette zone. Le vanadium n'a pas été retenu pour la zone de Roussillon.

3.2.2. Identification des dangers et des relations dose-réponse

Les VTR disponibles, pour les polluants retenus, pour des expositions chroniques par inhalation, sont présentées en annexe 6. Les VTR sélectionnées pour l'évaluation des risques sanitaires, en application des critères exposés dans la méthode, sont en grisés dans les tableaux de l'annexe et présentées dans le tableau 4.

Il importe de noter que pour le trichlorométhane (chloroforme), le tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone) et le formaldéhyde, il a été retenu des VTR à seuil pour les effets cancérogènes pour les raisons exposés dans les documents [6] et [7] :

- La majorité des études concernant la génotoxicité du chloroforme sont négatives. Les quelques études positives présentent des limites, telles que l'utilisation de doses très fortes entraînant une cytotoxicité, et la présence de facteurs confondants. Le chloroforme n'apparaît donc pas comme étant génotoxique ou apparaîtrait génotoxique à de fortes doses ou concentrations, auxquelles le chloroforme induit également une cytotoxicité.
- L'ensemble des tests suggère que les effets génotoxiques du tétrachlorure de carbone apparaissent pour des doses et des concentrations suffisamment importantes pour induire une toxicité hépatique. Le tétrachlorure de carbone n'apparaît pas comme étant génotoxique à des doses inférieures à celles induisant une cytotoxicité. L'effet génotoxique observé serait la conséquence de la cytotoxicité.
- Le formaldéhyde est un composé génotoxique à des concentrations élevées, induisant d'abord une prolifération associée à une cytotoxicité. L'existence d'un seuil de toxicité pour les cancers est confortée par la présence de mécanismes de défense locaux, effectifs à faibles doses et inactivés ou dépassés à des concentrations plus fortes. Ceci implique que les effets irritants apparaissent à des doses plus faibles que les cancers.

Pour les effets non cancérogènes de l'acétaldéhyde, il a été retenu la VTR de Santé Canada plutôt que celle de l'EPA comme cela a été fait dans une évaluation des risques réalisée par l'InVS à proximité d'une papèterie [12], compte-tenu du fait que les 2 organismes s'appuient sur les mêmes études expérimentales et définissent le même effet critique (l'irritation nasale) mais que Santé Canada semble mieux tirer parti de l'ensemble des données disponibles et que sa VTR est plus récente.

Pour le plomb, la seule valeur disponible pour ses effets cancérogènes par inhalation est l'ERU de l'OEHHA. Or, l'Ineris indique dans [8] que le plomb est un cancérigène à seuil et conseille donc de ne pas retenir la VTR de l'OEHHA. Cette VTR n'a donc pas été retenue.

Tableau 4. VTR sélectionnées pour l'étude

VTR sélectionnées par type d'effets		Effets systémiques à seuil		Effets cancérogènes à seuil		Effets cancérogènes sans seuil	
		RfC	Source	RfC (mg/m ³)	Source	ERU (µg/m ³) ⁻¹	Source
COV Chlorés	chlorométhane	0,09	EPA				
	dichlorométhane = chlorure de méthylène	1,1	ATSDR			2,30E-08	INERIS
	trichlorométhane = chloroforme	0,098	ATSDR	0,063	INERIS		
	tétrachlorométhane = tétrachlorure de carbone	0,2	ATSDR	0,027	INERIS		
	chloroéthane	10	EPA				
	1,2-dichloroéthane	3	ATSDR			7,46E-07	INERIS
	1,1,1-trichloroéthane	1	OEHHA				
	chloroéthylène = chlorure de vinyle monomère	0,1	EPA			8,80E-06	EPA
	trichloroéthylène	0,6	OEHHA			4,30E-07	OMS
	tétrachloroéthylène	0,28	ATSDR			5,90E-06	OEHHA
	chlorobenzène	0,5	RIVM				
COV précurseurs O ₃	1,3-Butadiène	0,002	EPA			3,00E-05	EPA
	Benzène	0,01	ATSDR			6,00E-06	OMS
	Toluène	5	EPA				
	Ethylbenzène	1	EPA				
	Xylènes totaux	0,22	ATSDR				
Aldéhydes	Formaldéhyde	0,01	ATSDR	0,01	AFSSET		
	Acétaldéhyde	0,39	Santé Canada			2,20E-06	EPA
Métaux	Nickel	0,09	ATSDR			3,80E-04	OMS
	Plomb	0,5	OMS				
	Manganèse	0,04	ATSDR				
	Vanadium	1	OMS				
HAP	Naphthalène	3	EPA				
	Somme pondérée des HAP					1,10E-03	OEHHA

La toxicité des polluants est résumée dans le tableau de l'annexe 7 qui présente les organes cibles pour les effets systémiques par inhalation et le classement des substances selon leur cancérogénicité d'après le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) et l'EPA. Les principales localisations cancéreuses sont précisées pour les cancérigènes certains.

3.2.3. Evaluation des expositions

3.2.3.1. Calcul des concentrations d'exposition

Les graphes représentant les mesures réalisées pour les polluants retenus sont présentés en annexe 8 avec les concentrations mesurées en ordonnée et les jours de mesure en abscisse (désignés par $p_{1 \text{ à } n}$ pour les campagnes de printemps, $e_{1 \text{ à } n}$ pour les campagnes d'été, $a_{1 \text{ à } n}$ pour les campagnes d'automne et $h_{1 \text{ à } n}$ pour les campagnes d'hiver).

En fonction de la corrélation des séries temporelles observées sur les graphes entre les points de mesure et de la comparaison des moyennes obtenues sur chaque point de mesure, il a été décidé, pour certains polluants, de regrouper les mesures réalisées sur les différents points de mesure d'une même zone, pour calculer les concentrations d'exposition. Le tableau 5 indique, pour chaque zone et chaque polluant, les regroupements effectués.




Pour la majorité des polluants (métaux, HAP, COV précurseurs de l'ozone), les concentrations mesurées sur les différents points de mesure d'une même zone étaient généralement assez similaires. Les points de mesure ont donc pu être regroupées et l'exposition considérée comme homogène dans les quartiers les entourant. En revanche pour les aldéhydes et quelques COV chlorés, sans doute plus particulièrement associés à certains émetteurs spécifiques, les concentrations mesurées différaient souvent sensiblement entre les points de mesure d'une même zone et l'exposition à ces polluants ne pouvait pas être considérée comme homogène.

Les concentrations d'exposition chronique par inhalation (C_{exp}), calculées à partir des moyennes et des médianes des concentrations mesurées dans l'air, sont indiquées dans le tableau 5.

Tableau 5. Concentrations d'exposition chronique par inhalation en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les COV et les aldéhydes et en ng/m^3 pour les métaux et HAP (moyennes - médianes)

Zones		Sud Lyonnais			Sud grenoblois			Roussillon	
Points de mesure		PB	SF	V	J	PC	E	RC	RF
COV Chlorés	Chlorométhane	3,8 - 1,6			4,4 - 2,9	1,7 - 1,5		4,2 - 1,8	
	Dichlorométhane = chlorure de méthylène	42 - 22	55 - 12	19 - 4,7	7,0 - 5,3			10 - 8,5	24 - 13
	Trichlorométhane = chloroforme	0,6 - 0,4			0,5 - 0,4	0,7 - 0,5		0,5 - 0,2	
	Tétrachlorométhane = tétrachlorure de carbone	1,4 - 1,3			3,7 - 1,7			1,3 - 1,2	
	Chloroéthane				0,7 - 0,6	3,4 - 2,3	1,4 - 1,0		
	1,2-Dichloroéthane	0,1 - 0,1			18 - 13	3,1 - 2,1		0,1 - 0,1	
	1,1,1-Trichloroéthane	0,8 - 0,4	0,3 - 0,3		0,3 - 0,3			0,3 - 0,2	
	Chloroéthylène = chlorure de vinyle	1,5 - 1,0	7,9 - 3,1	1,6 - 1,5					
	Trichloroéthylène	0,9 - 0,6		0,5 - 0,4	0,7 - 0,5			0,5 - 0,3	
	Tétrachloroéthylène	2,8 - 1,5	2,1 - 1,6	1,0 - 0,8	1,3 - 0,6			0,8 - 0,5	
Chlorobenzène				0,5 - 0,3	4,6 - 3,0	1,4 - 1,1			
COV précurseurs O3	Benzène	2,4 - 1,9			2,7 - 2,1			1,8 - 1,2	
	1,3-Butadiène	0,4 - 0,2			0,1 - 0,1			0,2 - 0,1	
	Toluène	6,4 - 5,4			14 - 11			4,4 - 2,7	
	Ethylbenzène	1,4 - 1,0			1,5 - 1,2		3,1 - 2,3	0,9 - 0,5	
	Xylènes totaux	5,8 - 5,1			5,2 - 4,3		9,7 - 6,8	3,8 - 2,4	
Aldéhydes	Acétaldéhyde	2,6 - 2,3	10,6 - 1,9	2,6 - 2,3	3,9 - 4,0	1,4 - 1,0		1,2 - 1,0	2,0 - 1,3
	Formaldéhyde	8,5 - 3,5	2,7 - 2,5		18 - 19	2,8 - 2,5		2,4 - 2,0	8,8 - 4,8
Métaux	Nickel	5,5 - 4,0			14 - 6,5			2,1 - 1,7	
	Plomb	13 - 12			14 - 8,1			7,2 - 7,0	
	Manganèse	11 - 8,6			14 - 10			4,4 - 4,1	
	Vanadium	3,6 - 1,6			2,3 - 1,9				
HAP	Naphtalène	0,4 - 0,2	0,7 - 0,3		1,0 - 0,5			0,6 - 0,3	
	Somme pondérée des HAP	0,4 - 0,2	1,2 - 0,5		0,8 - 0,1			0,9 - 0,2	

Légende :

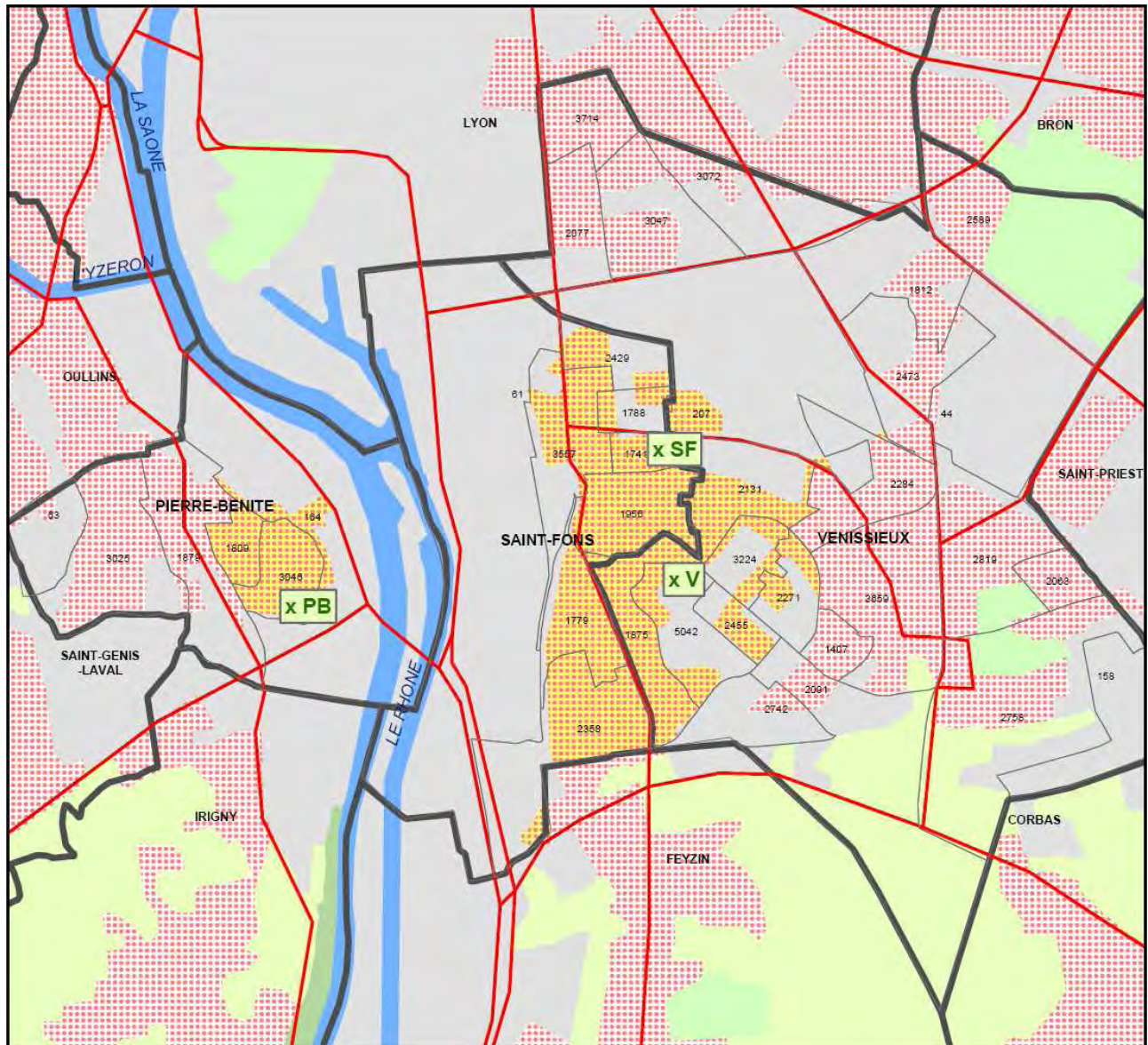
-  Regroupement des points de mesure par zone d'étude pour le calcul des concentrations d'exposition
-  Points de mesure considérés séparément
-  Polluants non retenus comme traceur

En gras, zones ou points de mesure où les concentrations étaient les plus élevées

3.2.3.2. Identification et caractérisation des populations exposées

Pour les polluants pour lesquels les points de mesure d'une même zone ont pu être regroupés pour calculer les concentrations d'exposition, les quartiers habités entourant, globalement, ces points de mesure (en tenant compte de la proximité avec les sources de pollution, de la continuité urbaine, de la topographie, de la rose des vents et des découpages des IRIS) ont été considérés comme exposés, de manière homogène, aux concentrations d'exposition calculées et sont représentés sur fond jaune sur les cartes ci-dessous (figure 1,2 et 3).

Figure 1 : Zone du sud lyonnais : délimitation des quartiers habités exposés aux concentrations d'exposition calculées



0 500 1 000 Mètres

— Limites communales

— Routes principales

x Points de mesure

Occupation des sols

••••• Zones urbanisées

••••• Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication

••••• Espaces verts urbains et de loisirs

••••• Territoires agricoles

••••• Forêts

••••• Cours d'eau

— Contours des IRIS des communes où sont localisés les points de mesure

xxxx Nombre d'habitants dans ces IRIS

••••• Zones urbanisées dont la qualité de l'air peut être caractérisée par les points de mesure

Figure 2 : Zone du sud grenoblois : délimitation des quartiers habités exposés aux concentrations d'exposition calculées

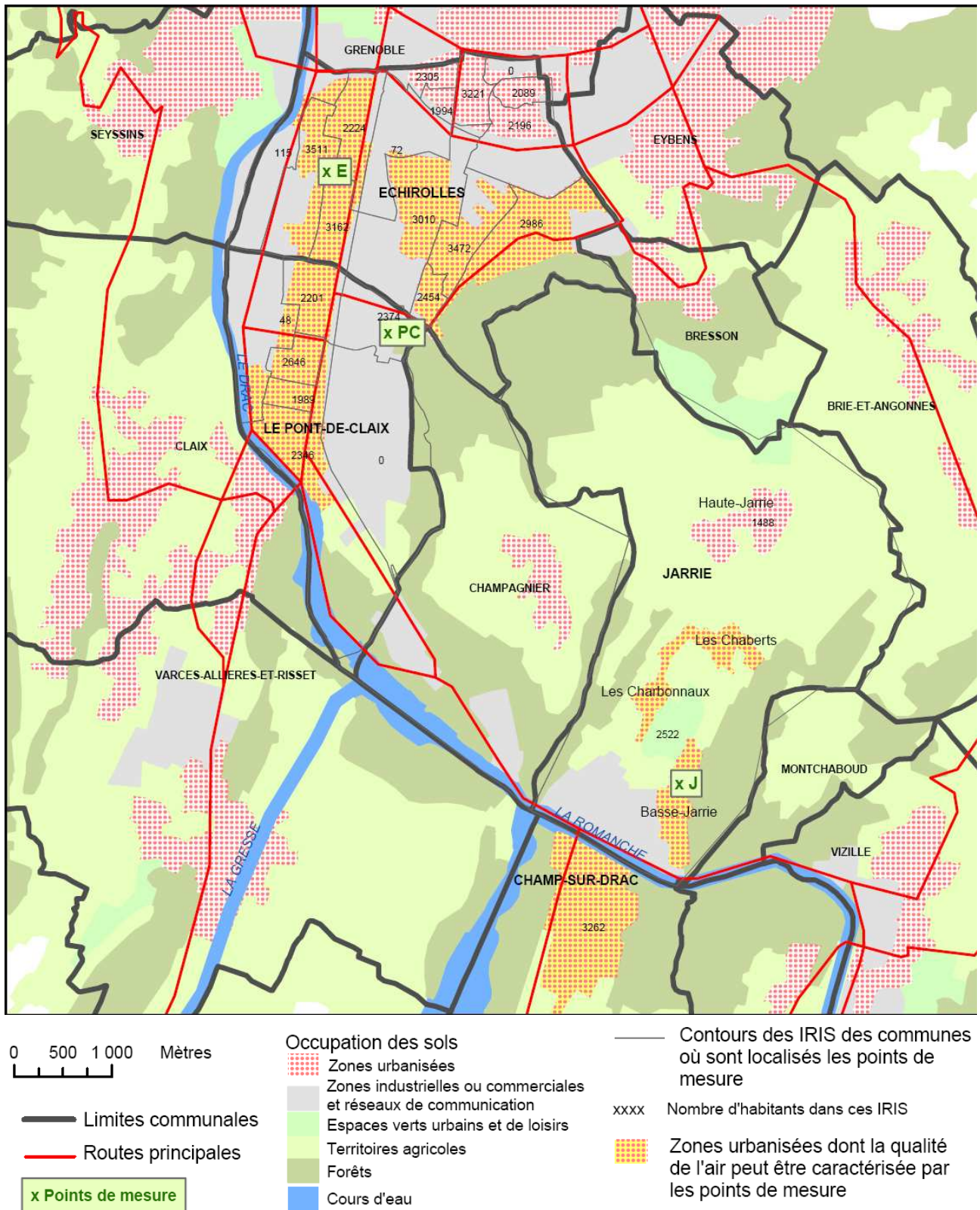
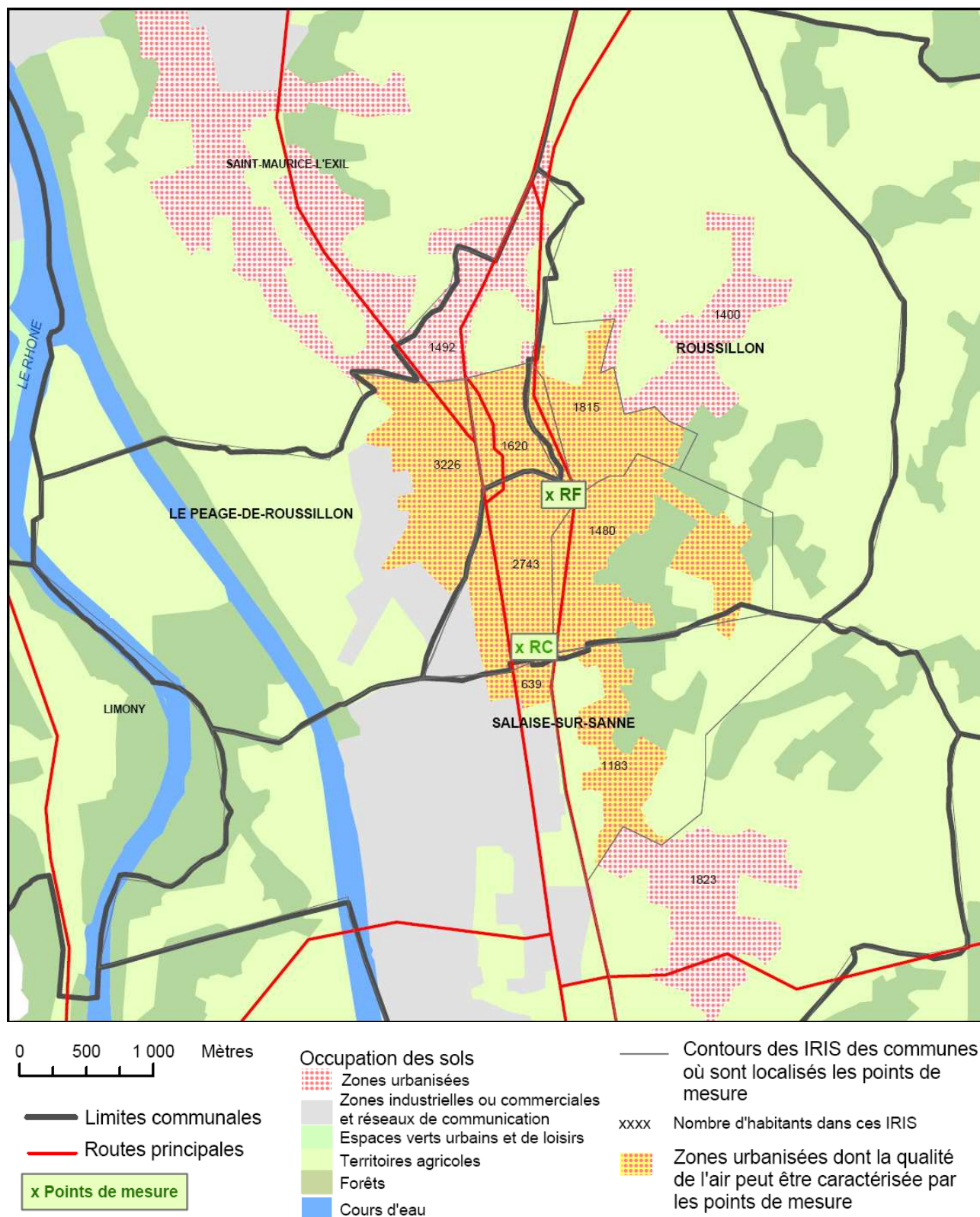


Figure 3 : Zone de Roussillon : délimitation des quartiers habités exposés aux concentrations d'exposition calculées



Zone du sud lyonnais

Les quartiers retenus comptaient **37 893** habitants (dont 11 621 enfants de 0 à 19 ans) au recensement de 1999 : 5 019 sur l'Est de Pierre-Bénite, 15 669 à Saint-Fons (totalité de la commune) et 17 205 sur l'Ouest de Vénissieux.

Lorsque les points de mesure de Saint-Fons et Vénissieux pouvaient être regroupés, sans celui de Pierre-Bénite, il a été considéré deux populations exposées : 32 874 habitants sur Saint-Fons et l'Ouest de Vénissieux d'une part et 5 019 habitants sur Pierre-Bénite d'autre part.

Dans les autres cas, il était plus difficile de déterminer la population concernée par les concentrations d'exposition calculées. Au minimum, il pouvait s'agir de la population des IRIS où étaient localisés les points de mesure.

En ce qui concerne le type d'habitat sur les communes de Pierre-Bénite, Saint-Fons et Vénissieux, la part des appartements (immeubles collectifs) parmi les résidences principales est importante, surtout à Vénissieux : 63 % à Pierre-Bénite, 56 % à Saint-Fons et 82 % à Vénissieux.

Enfin, le recensement de 2004 à Pierre-Bénite indique que la population de cette commune a diminué de 37 habitants entre 1999 et 2004 (baisse de 0,4 %). A Vénissieux, les enquêtes annuelles de recensement de 2004 à 2006, effectuées sur un échantillon annuel de 8 % des logements, indique une progression de la population de 1,4 % depuis 1999.

Zone du sud grenoblois

Le point de mesure situé sur la commune de Jarrie a été considéré comme caractérisant l'exposition des habitants de Basse-Jarrie, les Charbonnaux et les Chaberts sur la commune de Jarrie et des habitants de Champ-sur-Drac. En effet, la commune de Jarrie n'est pas découpée en IRIS mais comprend 2 zones d'habitation bien distinctes : Haute-Jarrie d'une part (au Nord à une altitude de 400 mètres environ), et les Chaberts, les Charbonnaux et Basse-Jarrie d'autre part (au centre et au Sud à une altitude allant de 265 à 330 mètres). Quant à la commune de Champ-sur-Drac, la zone habitée est située juste en face de Basse-Jarrie, dans la plaine, de l'autre côté de la Romanche. La population de Basse-Jarrie, les Charbonnaux, les Chaberts et de Champ-sur-Drac s'élevait à **5 784** habitants (dont 1 487 enfants de 0 à 19 ans) au recensement de 1999 : 2 522 à Basse-Jarrie, les Charbonnaux et les Chaberts et 3 262 à Champ-sur-Drac.

Il a été considéré que les expositions des habitants de la commune de Champagnier (située entre Pont-de-Claix et Jarrie) ne pouvaient pas être estimées à partir des mesures réalisées car la zone habitée de Champagnier se situe légèrement en altitude (370 mètres) et est séparée des zones habitées de Pont-de-Claix et Jarrie par des collines boisées.

En ce qui concerne Pont-de-Claix et Echirolles, il a été considéré que la totalité de la commune de Pont-de-Claix et le Sud de la commune d'Echirolles étaient exposés de manière homogène pour les polluants pour lesquels les concentrations étaient proches sur les 2 points de mesure situés sur ces communes. Ces quartiers comptaient **32 610** habitants (dont 8 005 enfants de 0 à 19 ans) au recensement de 1999 : 11 604 à Pont-de-Claix et 21 006 à Echirolles.

Lorsque les points de mesure de Pont-de-Claix et Echirolles ne pouvaient pas être regroupés, il était plus difficile de déterminer la population concernée par les concentrations d'exposition calculées sur ces points de mesure. Au minimum, il pouvait s'agir de la population des IRIS où étaient localisés les points de mesure.

En ce qui concerne le type d'habitat, la part des appartements (immeubles collectifs) parmi les résidences principales est relativement faible à Jarrie et Champ-sur-Drac (30 % et 27 %) mais très importante à Pont-de-Claix et Echirolles (82 % et 87 %).

Enfin, les derniers recensements à Jarrie et Champ-sur-Drac indiquent que les populations de ces communes ont diminué, respectivement, de 95 habitants à Jarrie entre 1999 et 2004 (baisse de 2,4 %) et de 110 habitants à Champ-sur-Drac entre 1999 et 2005 (baisse de 3,4 %). A Echirolles, les enquêtes annuelles de recensement de 2004 à 2006, effectuées sur un échantillon annuel de 8 % des logements, indique une progression de la population de 7,6 % depuis 1999.

Zone de Roussillon

Les quartiers retenus comptaient **12 706** habitants (dont 3 117 enfants de 0 à 19 ans) au recensement de 1999 : 6 037 à Roussillon, 4 846 au Péage-de-Roussillon et 1 823 au Nord de Salaise-sur-Sanne.

Lorsque les points de mesure de Roussillon-fixe et Roussillon-cité ne pouvaient pas être regroupés, il était plus difficile de déterminer la population concernée par les concentrations d'exposition calculées sur ces points de mesure. Il pouvait s'agir des quartiers du centre de Roussillon et du Péage-de-Roussillon pour le point Roussillon-fixe et des quartiers Sud de Roussillon et Nord de Salaise-sur-Sanne pour le point Roussillon-cité.

En ce qui concerne le type d'habitat sur les communes de Roussillon, du Péage-de-Roussillon et de Salaise-sur-Sanne, la part des appartements (immeubles collectifs) parmi les résidences principales est modérée à faible : 34 % à Roussillon, 43 % au Péage-de-Roussillon et 11 % à Salaise-sur-Sanne.

Enfin, les recensements de 2005 à Roussillon et au Péage-de-Roussillon indiquent que les populations de ces communes ont augmenté, entre 1999 et 2005, de 375 habitants à Roussillon (hausse de 5,0 %) et de 237 habitants au Péage-de-Roussillon (hausse de 3,7 %).

3.2.4. Caractérisation des risques

3.2.4.1. Calcul des quotients de danger et des excès de risque individuels

Les quotients de danger (QD) et excès de risque individuel (ERI) correspondant aux concentrations d'exposition ont été calculés et sont fournis dans les tableaux 6 et 7.

Pour les effets systémiques à seuil (tableau 6), tous les QD sont inférieurs à 1 sauf les QD associé à l'exposition au **formaldéhyde** sur Jarrie (que l'exposition ait été estimée à partir de la moyenne ou de la médiane des concentrations mesurées).

Pour les polluants présentant des effets cancérogènes à seuil (tableau 7), les QD, pour ces effets, sont toujours inférieurs à 1 pour le trichlorométhane et le tétrachlorométhane. Pour le **formaldéhyde** (même VTR pour les effets systémiques et les effets cancérogènes à seuil), les QD sont supérieurs à 1 à Jarrie.

Pour les effets cancérogènes sans seuil (tableau 7), plusieurs ERI dépassent la valeur de 10^{-5} pour le premier scénario d'exposition (exposition continue 365 jours sur 365, pendant la vie entière) :

- pour le **chloroéthylène** sur Saint-Fons et Vénissieux et le **benzène** sur les zones du sud lyonnais et du sud grenoblois et ceci que les expositions aient été estimées à partir des moyennes ou des médianes des concentrations mesurées ;
- pour le **1,2-dichloroéthane** sur Jarrie, le **chloroéthylène** sur Pierre-Bénite, le **tétrachloroéthylène** sur Pierre-Bénite et Saint-Fons quand les expositions ont été estimées à partir des moyennes des concentrations mesurées mais avec des ERI également très proches de 10^{-5} pour les concentrations d'exposition calculées à partir des médianes ($9,9 \cdot 10^{-6}$, $8,9 \cdot 10^{-6}$, $8,9 \cdot 10^{-6}$ et $9,3 \cdot 10^{-6}$ respectivement) ;
- pour le **benzène** sur la zone de Roussillon, le **1,3-butadiène** sur la zone du sud lyonnais, l'**acétaldéhyde** sur Saint Fons, uniquement lorsque les expositions ont été estimées à partir des moyennes des concentrations mesurées (ERI inférieurs à $8 \cdot 10^{-6}$ pour les concentrations d'exposition calculées à partir des médianes).

Selon le second scénario, il n'y a plus aucun ERI qui dépasse la valeur repère de 10^{-5} , sauf pour le chloroéthylène sur Saint-Fons. Cependant, la somme des ERI pour le second scénario d'exposition est supérieure à 10^{-5} sur les zones du sud de Lyon et du sud de Grenoble et proche de 10^{-5} sur la zone de Roussillon, que les expositions aient été estimée à partir de la moyenne ou de la médiane des concentrations mesurées.

Tableau 6. QD pour les effets systémiques à seuil (calculés à partir des concentrations d'exposition moyennes et médianes)

Zones			Sud lyonnais			Sud grenoblois			Roussillon	
Points de mesure			PB	SF	V	J	PC	E	RC	RF
COV Chlorés	Chlorométhane	QDmoy	0,04			0,05	0,02		0,05	
		QDmed	0,02			0,03	0,02		0,02	
	Dichlorométhane = chlorure de méthylène	QDmoy	0,04	0,05	0,02	0,01			<0,01	0,02
		QDmed	0,02	0,01	<0,01	0,005			<0,01	0,01
	Trichlorométhane = chloroforme	QDmoy	<0,01			<0,01	<0,01		<0,01	
		QDmed	<0,01			<0,01	<0,01		<0,01	
	Tétrachlorométhane = tétrachlorure de carbone	QDmoy	<0,01			0,02			<0,01	
		QDmed	<0,01			<0,01			<0,01	
	Chloroéthane	QDmoy				<0,001	<0,001	<0,001		
		QDmed				<0,001	<0,001	<0,001		
	1,2-Dichloroéthane	QDmoy	<0,001			0,01	<0,01		<0,001	
		QDmed	<0,001			<0,01	<0,01		<0,001	
1,1,1-Trichloroéthane	QDmoy	<0,001	<0,001		<0,001			<0,001		
	QDmed	<0,001	<0,001		<0,001			<0,001		
Chloroéthylène = chlorure de vinyle	QDmoy	0,02	0,08	0,03						
	QDmed	0,01	0,03	0,01						
Trichloroéthylène	QDmoy	<0,01		<0,01	<0,01			<0,01		
	QDmed	<0,01		<0,01	<0,01			<0,01		
Tétrachloroéthylène	QDmoy	0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01		
	QDmed	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01			<0,01		
Chlorobenzène	QDmoy				<0,01	0,01	<0,01			
	QDmed				<0,01	0,01	<0,01			
COV précurseurs O3	Benzène	QDmoy	0,24			0,27			0,18	
		QDmed	0,19			0,21			0,12	
	1,3-Butadiène	QDmoy	0,22			0,05			0,10	
		QDmed	0,10			0,03			0,05	
	Toluène	QDmoy	<0,01			<0,01			<0,01	
QDmed		<0,01			<0,01			<0,01		
Ethylbenzène	QDmoy	<0,01			<0,01	<0,01		<0,01		
	QDmed	<0,01			<0,01	<0,01		<0,01		
Xylènes totaux	QDmoy	0,03			0,02	0,04		0,02		
	QDmed	0,02			0,02	0,03		0,01		
Aldéhydes	Acétaldéhyde	QDmoy	<0,01	0,03	<0,01	0,01	<0,01		<0,01	<0,01
		QDmed	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01		<0,01	<0,01
	Formaldéhyde	QDmoy	0,85	0,26		1,84	0,28		0,24	0,88
		QDmed	0,35	0,25		1,87	0,25		0,19	0,48
Métaux	Nickel	QDmoy	0,06			0,16			0,02	
		QDmed	0,04			0,07			0,02	
	Plomb	QDmoy	0,03			0,03			0,01	
		QDmed	0,02			0,02			0,01	
Manganèse	QDmoy	0,28			0,34			0,11		
	QDmed	0,22			0,25			0,10		
Vanadium	QDmoy	<0,01			<0,01					
	QDmed	<0,01			<0,01					
HAP	Naphtalène	QDmoy	<0,001	<0,001		<0,001			<0,001	
		QDmed	<0,001	<0,001		<0,001			<0,001	

Légende : QD > 1 QD moy > 0,8 QD moy > 0,2

Tableau 7. ERI pour les effets cancérigènes sans seuil et QD pour les effets cancérigènes à seuil (calculés à partir des concentrations d'exposition moyennes et médianes, pour les 2 scénarios d'exposition)

Scénarios d'exposition			Scénario 1 (TE=365j/365, DE=70 ans)							Scénario 2 (TE=335j/365, DE=30 ans)								
Zones			Sud lyonnais			Sud grenoblois		Roussillon		Sud lyonnais			Sud grenoblois			Roussillon		
Points de mesure			PB	SF	V	J	PC	E	RC	RF	PB	SF	V	J	PC	E	RC	RF
COV Chlorés	Dichlorométhane = chlorure de méthylène	ERImoy	9,8E-07	1,3E-06	4,3E-07	1,6E-07			2,3E-07	5,6E-07	3,8E-07	4,9E-07	1,7E-07	6,4E-08			9,1E-08	2,2E-07
		ERImed	5,1E-07	2,8E-07	1,1E-07	1,2E-07			1,9E-07	2,9E-07	2,0E-07	1,1E-07	4,2E-08	4,8E-08			7,7E-08	1,1E-07
	Trichlorométhane = chloroforme	QDmoy	< 0,01			< 0,01	0,01		< 0,01		< 0,01			< 0,01	< 0,01		< 0,01	
		QDmed	< 0,01			< 0,01	< 0,01		< 0,01		< 0,01			< 0,01	< 0,01		< 0,01	
	Tétrachlorométhane = tétrachlorure de carbone	QDmoy	0,05			0,14			0,05		0,05			0,02			< 0,01	
		QDmed	0,05			0,07			0,04		0,05			< 0,01			< 0,01	
	1,2-Dichloroéthane	ERImoy	8,1E-08			1,3E-05	2,3E-06		9,8E-08		3,2E-08			5,2E-06	9,0E-07		3,9E-08	
ERImed		5,8E-08			9,9E-06	1,6E-06		8,3E-08		2,3E-08			3,9E-06	6,3E-07		3,3E-08		
Chloroéthylène = chlorure de vinyle	ERImoy	1,3E-05	7,0E-05	2,3E-05						5,3E-06	2,7E-05	9,1E-06						
	ERImed	8,9E-06	2,7E-05	1,3E-05						3,5E-06	1,1E-05	5,2E-06						
Trichloroéthylène	ERImoy	3,7E-07			2,0E-07	2,9E-07		2,2E-07		1,5E-07	7,8E-08	1,2E-07			8,5E-08			
	ERImed	2,6E-07			1,7E-07	2,2E-07		1,4E-07		1,0E-07	6,8E-08	8,8E-08			5,5E-08			
Tétrachloroéthylène	ERImoy	1,6E-05	1,3E-05	5,6E-06	7,8E-06		4,8E-06		6,4E-06	5,0E-06	2,2E-06	3,1E-06			1,9E-06			
	ERImed	8,9E-06	9,3E-06	4,7E-06	3,7E-06		2,7E-06		3,5E-06	3,6E-06	1,8E-06	1,5E-06			1,1E-06			
COV précur-seurs O3	Benzène	ERImoy	1,4E-05			1,6E-05			1,1E-05		5,7E-06			6,4E-06			4,3E-06	
		ERImed	1,2E-05			1,2E-05			7,4E-06		4,6E-06			4,9E-06			2,9E-06	
1,3-Butadiène	ERImoy	1,3E-05			3,0E-06			5,8E-06		5,1E-06			1,2E-06			2,3E-06		
	ERImed	5,9E-06			1,9E-06			2,8E-06		2,3E-06			7,7E-07			1,1E-06		
Aldé-hydes	Acétaldéhyde	ERImoy	5,7E-06	2,3E-05	5,7E-06	8,5E-06	3,0E-06	2,6E-06	4,5E-06	2,2E-06	9,2E-06	2,2E-06	3,4E-06	1,2E-06	1,0E-06	1,8E-06		
		ERImed	5,1E-06	4,2E-06	5,1E-06	8,8E-06	2,1E-06	2,1E-06	2,8E-06	2,0E-06	1,7E-06	2,0E-06	3,5E-06	8,4E-07	8,4E-07	1,1E-06		
Formaldéhyde	QDmoy	0,85	0,26		1,84	0,28	0,24	0,88	0,85	0,26		1,84	0,28	0,24	0,88			
	QDmed	0,35	0,25		1,87	0,25	0,19	0,48	0,35	0,25		1,87	0,25	0,19	0,48			
Mé-taux	Nickel	ERImoy	2,1E-06			5,5E-06			8,1E-07		8,3E-07			2,2E-06			3,2E-07	
		ERImed	1,5E-06			2,5E-06			6,6E-07		6,0E-07			9,7E-07			2,6E-07	
HAP	Somme pondérée des HAP	ERImoy	4,8E-07	1,3E-06		9,3E-07			9,8E-07		1,9E-07	5,1E-07		3,7E-07			3,9E-07	
		ERImed	2,0E-07	5,6E-07		1,6E-07			1,7E-07		7,9E-08	2,2E-07		6,2E-08			6,8E-08	
Somme des ERI au niveau de chaque point de mesure		ERImoy	6,6E-05	1,4E-04	6,5E-05	5,5E-05	3,9E-05	2,7E-05	2,9E-05	2,6E-05	5,4E-05	2,6E-05	2,2E-05	1,5E-05	1,0E-05	1,1E-05		
		ERImed	4,3E-05	6,1E-05	4,3E-05	3,9E-05	2,4E-05	1,6E-05	1,7E-05	1,7E-05	2,4E-05	1,7E-05	1,6E-05	9,7E-06	6,4E-06	6,7E-06		

Légende : ERI_{moy} et ERI_{med} > 10⁻⁵ ou QD_{moy} et QD_{med} > 1 ERI_{moy} > 10⁻⁵ et ERI_{med} > 10⁻⁶ ou QD_{moy} > 0,8 QD_{moy} > 0,2

3.2.4.2. Identification des polluants prioritaires en terme sanitaire

Le tableau 8 présente les polluants considérés prioritaires, selon les critères définis dans la méthode.

Tableau 8. Polluants prioritaires pour la réduction des émissions sur les 3 zones d'étude

		Polluants de priorité 1	Polluants de priorité 2
Zone du sud lyonnais	Effets toxiques à seuil	-	Formaldéhyde (PB)
	Effets toxiques sans seuil	Chloroéthylène, benzène	Tétrachloroéthylène (PB/SF), 1,3-butadiène, acétaldéhyde (SF)
Zone du sud grenoblois	Effets toxiques à seuil	Formaldéhyde (J)	-
	Effets toxiques sans seuil	Benzène	1,2-dichloroéthane (J)
Zone de Roussillon	Effets toxiques à seuil	-	Formaldéhyde (RF)
	Effets toxiques sans seuil	-	Benzène

Au final, le formaldéhyde et le benzène apparaissent comme devant faire l'objet d'actions prioritaires de réduction des émissions sur les 3 zones d'étude (en particulier autour de Pierre-Bénite, Jarrie et Roussillon-fixe pour le formaldéhyde). Pour les zones du sud lyonnais et du sud grenoblois, d'autres polluants apparaissent prioritaires :

- Pour le sud lyonnais : le chloroéthylène, le tétrachloroéthylène (sur Pierre-Bénite et Saint-Fons), le 1,3-butadiène, l'acétaldéhyde (sur Saint-Fons) ;
- Pour le sud grenoblois : le 1,2-dichloroéthane (sur Jarrie).

Il est intéressant de souligner que, d'après le rapport des AASQA [2], ces polluants présentent bien des concentrations sur les zones d'étude aux points de mesure où ils sont identifiés comme prioritaires supérieures aux concentrations usuellement retrouvées en zone urbaine.

3.2.4.3. Calcul de l'impact sanitaire sur chaque zone d'étude

Les tableaux 9, 10 et 11 présentent les calculs de l'impact sanitaire sur chaque zone d'étude. Les ERI calculés pour chaque polluant ont été appliqués aux populations exposées correspondantes.

Pour les polluants pour lesquels les points de mesure d'une même zone ont été regroupés, l'identification des populations exposées a permis d'estimer à 37 893, 38 394 et 12 706 les nombres de personnes exposées respectivement sur les zones du sud lyonnais, du sud grenoblois et de Roussillon.

Pour les polluants pour lesquels les points de mesure n'ont pas été regroupés, la totalité de la population exposée de chacune des zones a été répartie sur les différents points de mesure, pour le calcul de l'impact sanitaire :


- 5 019 personnes pour le point de mesure de Pierre-Bénite (Est de Pierre-Bénite), 15 669 pour celui de Saint-Fons (totalité de la commune de Saint-Fons), 17 205 pour celui de Vénissieux (Ouest de Vénissieux) ;
- 5 784 personnes pour le point de mesure de Jarrie, 32 610 pour les points de mesures de Pont-de-Claix et Echirolles ;
- 6 045 personnes pour le point de mesure de Roussillon-Cité (îlots exposés du Sud de Roussillon et du Nord de Salaise-sur-Sanne) et 6 661 personnes pour celui de Roussillon-Fixe (îlots exposés du Péage-de-Roussillon et du Nord de Roussillon).

Sur la zone du sud lyonnais, environ 1 cas de cancer, associé aux expositions étudiées, serait attendu (probabilité de 95% que le chiffre se situe entre 0 et 4), durant la vie des **37 893** personnes exposées.

Sur les zones du sud grenoblois et de Roussillon, moins d'un cas de cancer, associé aux expositions étudiées, serait attendu durant la vie des **38 397** personnes exposées sur le sud grenoblois et des **10 884** personnes exposées sur la zone de Roussillon (probabilité de 95 % que l'IS soit inférieur à 3 sur le sud grenoblois et inférieur à 2 sur la zone de Roussillon).

Tableau 9. Impact sanitaire sur la zone du sud lyonnais

Zone du sud lyonnais	ERI basés sur les médianes pondérées							ERI basés sur les moyennes							IS sur la zone	
	PB/SFN	PB/SF	SFN	PB/V	PB	SF	V	PB/SFN	PB/SF	SFN	PB/V	PB	SF	V	basé sur les médianes pondérées	basé sur les moyennes
Population exposée	37893	20688	32874	22224	5019	15669	17205	37893	20688	32874	22224	5019	15669	17205	37893	37893
Polluants cancérogènes sans seuil	Dichlorométhane				2,0E-07	1,1E-07	4,2E-08					3,8E-07	4,9E-07	1,7E-07	0,00	0,01
	1,2-Dichloroéthane	2,3E-08						3,2E-08							0,00	0,00
	Chloroéthylène (CVM)					3,5E-06	1,1E-05	5,2E-06				5,3E-06	2,7E-05	9,1E-06	0,27	0,61
	Trichloroéthylène		1,0E-07						1,5E-07					7,8E-08	0,00	0,00
	Tétrachloroéthylène					3,5E-06	3,6E-06	1,8E-06				6,4E-06	5,0E-06	2,2E-06	0,11	0,15
	Benzène	4,6E-06							5,7E-06						0,17	0,22
	1,3-Butadiène	2,3E-06							5,1E-06						0,09	0,19
	Acétaldéhyde				2,0E-06		1,7E-06					2,2E-06		9,2E-06	0,07	0,19
	Nickel	6,0E-07							8,3E-07						0,02	0,03
	HAP			2,2E-07		7,9E-08					5,1E-07		1,9E-07		0,01	0,02
IS total															0,7	1,4
borne inférieure de l'IS															0	0
borne supérieure de l'IS															1	4

 Regroupement des points de mesure pour le calcul des concentrations d'exposition, des ERI puis de l'IS


 Points de mesure considérés séparément

Tableau 10. Impact sanitaire sur la zone du sud grenoblois

Zone du sud grenoblois	ERI basés sur les médianes pondérées			ERI basés sur les médianes pondérées			IS sur la zone		
	J/PC/E	PC/E	J	J/PC/E	PC/E	J	basé sur les médianes pondérées	basé sur les moyennes	
Population exposée	38394	32610	5784	38394	32610	5784	38394	38394	
Polluants cancérogènes sans seuil	Dichlorométhane	4,8E-08		6,4E-08			0,00	0,00	
	1,2-Dichloroéthane		6,3E-07	3,9E-06		9,0E-07	5,2E-06	0,04	0,06
	Trichloroéthylène	8,8E-08			1,2E-07			0,00	0,00
	Tétrachloroéthylène	1,5E-06			3,1E-06			0,06	0,12
	Benzène	4,9E-06			6,4E-06			0,19	0,25
	1,3-Butadiène	7,7E-07			1,2E-06			0,03	0,05
	Acétaldéhyde		8,4E-07	3,5E-06		1,2E-06	3,4E-06	0,05	0,06
	Nickel	9,7E-07			2,2E-06			0,04	0,08
	HAP	6,2E-08			3,7E-07			0,00	0,01
IS total							0,4	0,6	
borne inférieure de l'IS							0	0	
borne supérieure de l'IS							2	3	





 Regroupement des points de mesure pour le calcul des concentrations d'exposition, des ERI puis de l'IS
 Points de mesure considérés séparément

Tableau 11. Impact sanitaire sur la zone de Roussillon

Zone de Roussillon	ERI basés sur les médianes pondérées			ERI basés sur les médianes pondérées			IS sur la zone		
	RC/RF	RC	RF	RC/RF	RC	RF	basé sur les médianes pondérées	basé sur les moyennes	
Population exposée	12706	6045	6661	12706	6045	6661	12706	12706	
Polluants cancérogènes sans seuil	Dichlorométhane		7,7E-08	1,1E-07		9,1E-08	2,2E-07	0,00	0,00
	1,2-Dichloroéthane	3,3E-08			3,9E-08			0,00	0,00
	Trichloroéthylène	5,5E-08			8,5E-08			0,00	0,00
	Tétrachloroéthylène	1,1E-06			1,9E-06			0,01	0,02
	Benzène	2,9E-06			4,3E-06			0,04	0,06
	1,3-Butadiène	1,1E-06			2,3E-06			0,01	0,03
	Acétaldéhyde		8,4E-07	1,1E-06		1,0E-06	1,8E-06	0,01	0,02
	Nickel	2,6E-07			3,2E-07			0,00	0,00
	HAP	6,8E-08			3,9E-07			0,00	0,00
IS total							0,1	0,1	
borne inférieure de l'IS							0	0	
borne supérieure de l'IS							1	2	

 Regroupement des points de mesure pour le calcul des concentrations d'exposition, des ERI puis de l'IS
 Points de mesure considérés séparément

3.2.5. Analyse des incertitudes

3.2.5.1. Rappel du champ couvert par l'étude

Avant de discuter sur les incertitudes associées à l'évaluation des risques sanitaires qui a été réalisée, il convient de rappeler son champ : seuls les risques associés aux expositions chroniques par inhalation aux polluants émis par des sources extérieures de pollution ont été estimés. Or, d'une part, il existe d'autres sources d'émissions pour plusieurs des polluants étudiés, notamment à l'intérieur des bâtiments, et, d'autre part, l'exposition à certains polluants étudiés peut se faire également par ingestion.

Parmi les polluants retenus dans cette étude, plusieurs ont été analysés dans la campagne nationale dans les logements conduite par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) sur la période 2003-2005 : trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes, acétaldéhyde et formaldéhyde [13]. Pour ces polluants, le tableau 12 indique les concentrations d'exposition établies dans la présente étude (sur la base des médianes) et les médianes des concentrations dans les logements français fournies par l'étude de l'OQAI. Les concentrations dans les logements sont supérieures ou du même ordre de grandeur que les concentrations d'exposition les plus fortes estimées dans la présente étude. Ainsi, pour ces polluants, du fait des sources de pollution intérieures (matériaux, mobilier, produits ménagers, tabagisme...), l'ensemble de la population française est exposée dans son logement à des concentrations généralement plus élevées que celles mesurées en air extérieur dans les zones d'étude. Cela signifie également que l'exposition globale à ces polluants, pour la population considérée dans l'étude, est supérieure à celle qui a été estimée dans l'étude, qui correspond uniquement à l'exposition associée aux sources de pollution extérieures.

Tableau 12 : Concentrations d'exposition chronique par inhalation établies dans l'étude et médianes des concentrations dans les logements français pour 8 polluants

Concentrations d'exposition chronique par inhalation (médiane) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$										Médiane des concentrations dans les logements en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Zones		Sud Lyonnais			Sud grenoblois			Roussillon		
Points de mesure		PB	SF	V	J	PC	E	RC	RF	
COV Chlorés	Trichloroéthylène	0,6		0,4	0,5			0,3		1
	Tétrachloroéthylène	1,5	1,6	0,8	0,6			0,5		1,4
COV précurseurs O ₃	Benzène	1,9			2,1			1,2		2,1
	Toluène	6,0			11			2,7		12,2
	Ethylbenzène	1,1			0,6		2,3	0,5		2,3
	Xylènes totaux	5,3			2,3		7,4	2,4		7,9
Aldéhydes	Acétaldéhyde	2,3	1,9	2,3	4,0	1,0		1,0	1,3	11,6
	Formaldéhyde	3,5	2,5		19	2,5		2,0	4,8	19,6

L'exposition aux polluants étudiés, émis par les sources extérieures de pollution, peut se faire par inhalation mais aussi par ingestion, voie d'exposition qui n'a pas été prise en compte. Cette voie d'exposition pourrait être prépondérante pour des polluants émis majoritairement sous forme particulaire (métaux lourds, HAP), les particules se déposant sur les sols et les végétaux et pouvant ainsi contaminer les aliments produits localement. Si les métaux lourds et les HAP ne sont pas apparus comme préoccupants, en terme sanitaire, dans cette étude, il n'est pas exclu que les résultats auraient été différents en prenant en compte les expositions par ingestion d'aliments produits localement, qui sont plausibles. En effet, les communes exposées présentent, pour beaucoup, une part importante de logements collectifs, mais les logements individuels

représentent, au minimum, 20 % du parc de logement et bien davantage sur les communes de Jarrie, Champ-sur-Drac, Roussillon, le péage-de-Roussillon et Salaise-sur-Sanne, avec possibilité que des familles disposent d'arbres fruitiers et de jardins potagers. Il existe également des jardins ouvriers sur certaines communes. Néanmoins, la prise en compte des expositions par ingestion aurait nécessité la réalisation de mesures dans les sols et les végétaux locaux, ce qui n'était pas l'objet de la présente étude.

3.2.5.2. Incertitudes sur les relations dose-réponse

Les valeurs toxicologiques de référence sont établies à partir de données toxicologiques chez l'animal ou d'études épidémiologiques réalisées dans des populations fortement exposées. L'élaboration des VTR nécessitent donc de réaliser des transpositions de l'animal à l'homme et des extrapolations des hautes doses d'exposition (pour lesquelles des effets sont mis en évidence) aux basses doses (pour lesquelles les effets ne peuvent pas être, statistiquement, mis en évidence). Par précaution, les outils utilisés pour cela par les organismes spécialisés sont généralement conservateurs, conduisant plutôt à des surestimations des risques sanitaires.

En revanche les VTR sont établies polluant par polluant, ce qui ne permet pas facilement de caractériser le risque associée à l'exposition simultanée à de multiples polluants.

Il peut aussi être souligné que certains polluants étudiés, classés uniquement comme cancérigènes possibles pour l'homme (2B) par le Circ et non comme cancérigènes certains ou probables (1 ou 2A), disposent d'un ERU ayant permis une quantification des risques cancérigènes associés. C'est notamment le cas pour le 1,2-dichloroéthane et l'acétaldéhyde qui sont ressortis comme préoccupants, d'un point de vue sanitaire, sur Jarrie et Saint-Fons respectivement ($ERI > 10^{-5}$). L'interprétation de ces risques est d'autant plus fragile qu'on ne sait pas si l'effet peut survenir chez l'homme.

3.2.5.3. Incertitudes sur l'évaluation des expositions

Dans cette étude, les principales incertitudes sur l'évaluation des expositions et, par conséquent, des risques sont liées à la question de la représentativité spatiale et temporelle des mesures. Cette question revient à discuter l'intérêt et les limites de la métrologie dans cette étude, pour l'évaluation des risques sanitaires.

En ce qui concerne la représentativité spatiale, les contraintes financières ont imposé un nombre limité de points de mesure. Il s'est avéré que les concentrations mesurées sur les différents points de mesure d'une même zone étaient proches et bien corrélés pour beaucoup de polluants. Cela était généralement le cas pour les COV précurseurs de l'ozone, les métaux et les HAP. Dans ce cas, il pouvait être considéré que la représentativité spatiale était bonne et que les expositions étaient relativement homogènes dans les quartiers entourant les points de mesure. Cependant, pour certains COV chlorés et aldéhydes, sans doute plus particulièrement associés à certains émetteurs spécifiques, des concentrations bien différentes ont été mesurées sur les différents points de mesure d'une même zone. Dans ce cas, il était plus difficile de délimiter les quartiers d'habitation concernés par les concentrations d'exposition calculées et davantage de points de mesure aurait été nécessaire.

En ce qui concerne la représentativité temporelle, là aussi, les contraintes financières et matérielles ont conduit à réaliser des mesures sur une trentaine de jours uniquement, répartis sur une année (en 4 campagnes).

La première interrogation était donc celle de la représentativité des mesures pour caractériser l'exposition moyenne annuelle, sur l'année étudiée. Les importantes variations de concentrations d'un jour à l'autre, ou d'une campagne de mesure à l'autre, observées pour la quasi totalité des polluants et des points de mesure laissent penser que les concentrations d'exposition calculées auraient sans doute été un peu différentes si les jours échantillonnés avaient été différents. Cependant, la bonne représentativité météorologique des campagnes de mesure sur les 3 zones et la bonne estimation des moyennes annuelles, à partir des campagnes de mesure, pour les

polluants gazeux « classiques » (NO_x, SO₂, PM10, O₃) sont des éléments qui indiquent plutôt une bonne représentativité temporelle sur l'année.

La deuxième interrogation était celle de la représentativité de l'année étudiée pour caractériser l'exposition chronique des populations sur plusieurs années, voire sur leur durée de vie entière. En effet, les émissions des sources de pollutions extérieures évoluent beaucoup dans le temps : modification des activités industrielles pratiquées, mise en place de dispositifs de réduction des émissions industrielles, évolution du trafic routier et des émissions des véhicules... Ainsi, il ne peut pas être considéré que les concentrations d'exposition calculées correspondent aux expositions moyennes des personnes exposées sur des périodes de 30 ou 70 ans, passées ou à venir. Pourtant, le calcul des excès de risques individuels pour les effets cancérigènes sans seuil a été réalisé selon l'hypothèse d'expositions moyennes constantes, sur ces périodes, aux concentrations d'exposition calculées à partir des mesures réalisées en 2006/2007. Ainsi, on peut considérer que les ERI calculés ont été sous-estimés pour les personnes âgées si les émissions polluantes (pour les polluants étudiés) étaient plus importantes par le passé. Par ailleurs, si les émissions polluantes diminuent dans l'avenir, les ERI calculés sur-estiment les risques cancérigènes pour les populations jeunes qui verront leurs expositions diminuer au cours de leur vie.

Malgré les limites de la métrologie, en terme de représentativité des mesures, elle a pour principal avantage de pouvoir intégrer la complexité de la réalité. Elle a donc toute sa place sur des zones d'étude où les sources d'émission sont particulièrement nombreuses et de différentes natures (industries, transports...). De plus, pour les polluants tels que les COV, les HAP ou les métaux lourds, lorsque le choix est fait de s'appuyer sur la quantification des émissions puis la modélisation de leur dispersion atmosphérique, les flux émis par les différentes sources sont généralement estimés soit à partir de mesures non continues (et présentant donc aussi des limites en terme de représentativité temporelle), soit à partir de facteurs d'émission ou de données bibliographiques, avec souvent beaucoup d'incertitudes. Les historiques disponibles sur les flux annuels à l'émission des principales sources sont aussi assez courts (quelques années).

Dans la discussion autour des incertitudes concernant l'évaluation des expositions, il convient également de rappeler les hypothèses associées aux scénarios d'exposition. Pour le premier scénario, il a été considéré une exposition continue (24 heures sur 24, 365 jours sur 365, vie entière). Cela correspond à des personnes ne quittant pas leur quartier d'habitation ni dans la journée pour aller travailler ailleurs, ni dans l'année pour partir en week-end ou en vacances et ne déménageant pas ailleurs que dans la zone d'étude considérée durant leur vie. Il s'agit d'hypothèses majorantes, susceptibles néanmoins de concerner une petite partie de la population étudiée, compte-tenu des conditions socio-économiques globalement assez peu favorisées dans les zones d'étude. Le second scénario (exposition 24 heures sur 24, 335 jours sur 365, pendant 30 ans) apparaît plus réaliste. Il importe de souligner que les enfants résidant dans les quartiers considérés sont généralement scolarisés dans ces quartiers. Ils y passent donc bien toute leur journée. Plusieurs points de mesure retenus pour l'étude étaient d'ailleurs situés dans une école.

3.2.5.4. Incertitude sur la caractérisation des risques

Les risques sanitaires associés à l'exposition à chaque polluant pris individuellement ont été estimés mais la méthodologie de l'évaluation des risques ne permet pas, à proprement parler, d'évaluer les risques associés à l'exposition simultanée à de multiples polluants.

Pour les effets à seuil, les quotients de danger n'ont pas été sommés sur chaque zone d'étude bien que certains polluants aient les mêmes organes cibles, notamment le système nerveux central (SNC), le foie et les reins pour de nombreux COV. Une addition des QD par organe cible n'aurait cependant pas conduit à des QD supérieurs à 1 autres que celui mis en évidence pour le formaldéhyde sur Jarrie, pour ses effets sur les voies aériennes supérieures (irritation du nez et de la gorge).

Pour les effets cancérigènes sans seuil, les ERI calculés pour chaque polluant individuellement ont été sommés pour mieux apprécier le risque cancérigène global pour les populations exposées.

Il a été décidé de calculer l'impact sanitaire sur chaque zone d'étude. Le rapport d'analyse de l'Afsset et de l'InVS sur l'estimation de l'impact sanitaire d'une pollution environnementale [11] insiste sur les hypothèses fortes, le plus souvent implicites, associées à ce calcul qui sont principalement les suivantes :

- le risque de développer un cancer est, dans la zone d'extrapolation aux faibles doses, proportionnel non seulement à la dose journalière reçue mais également à la durée de l'exposition rapportée à l'espérance de vie (autrement dit, le risque encouru est le même quelle que soit la durée pendant laquelle la dose totale d'exposition est reçue) ;
- les effets et les risques sont les mêmes quel que soit l'âge où survient l'exposition ;
- le mode continu ou discontinu de l'exposition au cours du temps n'intervient pas.

A cela s'ajoute les incertitudes relatives à l'identification des populations exposées et à la non prise en compte des évolutions temporelles des effectifs de populations. Enfin, l'incertitude majeure dans l'estimation de l'impact sanitaire provient du calcul des ERI basé sur l'hypothèse que les concentrations d'exposition établies à partir de mesures réalisées en 2006/2007 correspondent aux expositions moyennes, sur 30 ans, des personnes exposées.

Malgré ces limites qui réduisent la vraisemblance du calcul, l'estimation de l'impact sanitaire donne une idée du nombre potentiel de cas de cancer en excès qui pourrait survenir au cours de la vie des personnes exposées du fait de leurs expositions par inhalation aux polluants étudiés, si les concentrations d'exposition étaient les mêmes dans le passé et restaient les mêmes dans le futur. L'estimation centrale de l'impact sanitaire calculé sur chacune des zones d'étude est d'environ 1 cas en excès sur le sud Lyonnais et de moins d'un cas sur le sud Grenoblois et la zone de Roussillon. Ces chiffres peuvent être mis en perspective avec le nombre total de cas de cancer attendus dans les populations exposées. En effet, le cancer est actuellement responsable en France d'un décès sur 3 chez les hommes et d'un décès sur 4 chez les femmes [14] et il y a, chaque année, environ deux fois plus de nouveaux cas de cancers que de décès par cancer [15]. Il peut donc être estimé, très approximativement, qu'une personne sur deux en France sera atteinte d'un cancer au cours de sa vie.

4. Conclusion

Cette étude a montré l'intérêt de l'approche novatrice qui a été mise en œuvre, à savoir s'appuyer sur des mesures pour évaluer les expositions par inhalation aux COV, métaux lourds et HAP (et les risques sanitaires associées) dans des zones habitées situées à proximité de multiples sources d'émission lorsque l'objectif est d'estimer des expositions globales et non pas seulement attribuables à une installation ou une infrastructure particulière.

Les objectifs de l'étude ont conduit à choisir des points de mesure permettant, *a priori*, d'estimer les expositions de fond (moyennes) des populations les plus exposées. Bien que situées dans des quartiers habités, ces points de mesure étaient donc fortement sous l'influence de sources de pollution situées à proximité. Le résultat a été que, pour la plupart des polluants étudiés, les concentrations mesurées étaient assez variables d'un jour à l'autre avec, parfois, des pics importants de pollution. Dans ces conditions, les jours échantillonnés peuvent avoir une influence sur les concentrations d'exposition moyennes annuelles calculées. Ainsi, pour avoir des concentrations d'exposition plus fiables pour les populations vivant à proximité de sources d'émissions, il serait souhaitable, si de telles campagnes de mesures sont reproduites, d'augmenter le nombre de jours échantillonnés (avec notamment plus de périodes de mesure dans l'année). Par ailleurs, il ne peut être que recommandé de reproduire de telles campagnes météorologiques afin d'apprécier les évolutions dans le temps, au fil des années, des concentrations atmosphériques dans les zones d'étude. En effet, il a été fait l'hypothèse, dans cette étude, que les concentrations mesurées en 2006/2007 pouvaient permettre d'estimer les expositions moyennes sur la vie entière des personnes exposées mais cela constitue l'incertitude majeure de l'évaluation des risques puisque les émissions dans les zones d'étude se sont probablement beaucoup modifiées au cours du temps et continueront d'évoluer.

Une autre difficulté de l'étude, liée à une approche basée sur de la métrologie, a été d'identifier les populations concernées par les concentrations d'exposition calculées. Cependant, pour beaucoup de polluants, les concentrations moyennes sur les différents points de mesure d'une même zone étaient assez proches, ce qui a permis de considérer une certaine homogénéité des expositions dans les quartiers entourant les points de mesure. Mais des situations particulières ont été identifiées pour certains polluants à proximité de certains points de mesure.

Au final, les principaux enseignements de l'évaluation des risques réalisée sont listés ci-après.

1. Les expositions par inhalation aux métaux lourds et HAP ne constituent pas une problématique dans les zones d'étude. Ce résultat n'exclut pas que l'exposition par ingestion à ces polluants (émis principalement sous forme particulaire) puisse présenter des risques mais ceci n'a pas été évalué.
2. Il n'y a pas d'effet systémique attendu dans les zones d'étude lié à l'exposition par inhalation aux polluants étudiés. Seule l'exposition au formaldéhyde à Jarrie pourrait induire des irritations des yeux, du nez et de la gorge, d'après les mesures réalisées sur les 3 premières campagnes de mesure mais la quatrième campagne montre une situation bien meilleure.
3. Des expositions par inhalation à certains COV conduisent à des excès de risque individuel de développer un cancer supérieur à 10^{-5} pour les personnes les plus exposées (scénario 1). Ces expositions conduisent aussi à des excès de risques individuels globaux (somme des ERI calculés pour chaque polluant) supérieurs à 10^{-5} pour une plus grande partie de la population (scénario 2). Les COV en question sont les suivants :
 - pour la zone du sud lyonnais : chlorure de vinyle monomère (en particulier sur Saint-Fons), benzène, 1,3-butadiène, tétrachloroéthylène (sur Pierre-Bénite et Saint-Fons) et acétaldéhyde (sur Saint-Fons) ;
 - pour la zone du sud grenoblois : benzène et 1,2-dichloroéthane (sur Jarrie) ;
 - pour la zone de Roussillon : benzène.

Ainsi, même s'il existe des incertitudes associées à ces calculs de risques, ces polluants, ainsi que le formaldéhyde sur Jarrie, Pierre-Bénite et Roussillon-fixe (cancérogène à seuil) apparaissent prioritaires, d'un point de vue sanitaire, pour la mise en œuvre d'actions de réduction des émissions.

4. Pour certains COV, les concentrations d'exposition par inhalation dans les zones d'étude, associées aux sources extérieures de pollution sur ces zones, sont plus faibles ou du même ordre de grandeur que les concentrations d'exposition à l'intérieur des logements de l'ensemble de la population française (du fait des sources intérieures de pollution). Ainsi, s'il est nécessaire de continuer à mener des actions de réduction des émissions issues des sources extérieures de pollution, cela ne doit pas faire oublier l'importance, en terme de santé publique, de la réduction des émissions à l'intérieur des bâtiments.

5. Les nombres potentiels de cas de cancers en excès sur les zones d'étude susceptibles de survenir en lien avec les expositions étudiées (sous l'hypothèse de concentrations d'exposition similaires dans le passé et dans l'avenir) restent très faibles, au regard du nombre total de cas attendus.

Références

- [1] Drire Rhône-Alpes. Bilan de l'environnement industriel en Rhône-Alpes. Edition 2006.
- [2] Atmo Rhône-Alpes. Qualité de l'air et santé : 3 zones à la loupe. Volet Air. Mesure des polluants émergents sur 3 zones multi-émettrices en Rhône-Alpes. Septembre 2008.
- [3] Cassadou S et col. Sélection des agents dangereux à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires liés aux infrastructures routières. Rapport du groupe de travail. Novembre 2004.
- [4] Groupe de travail. Guide méthodologique pour l'évaluation de l'impact sanitaire des rejets des raffineries de pétrole. Juin 2003.
- [5] Atmo Rhône-Alpes. Cartographie des concentrations annuelles en 2005. Dioxyde d'azote et benzène en Rhône-Alpes. Rapport technique. Novembre 2005.
- [6] Ineris. Analyse et construction des VTR pour le 1,2-dichloroéthane, le chloroforme, le tétrachlorure de carbone et le chlorure de méthylène. Septembre 2006.
- [7] Afsset. Valeurs guides de qualité d'air intérieur. Le formaldéhyde. Juillet 2007.
- [8] Ineris. Point sur les valeurs toxicologiques de référence (VTR). Juin 2007.
- [9] Ineris. Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs). Evaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérogènes : approche substance par substance (facteurs d'équivalence toxique-FET) et approche par mélanges. Evaluation de la relation dose-réponse pour des effets non cancérogènes : valeurs toxicologiques de référence (VTR). Décembre 2003.
- [10] InVS. Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine. Concepts et méthode. Mars 2008.
- [11] Afsset, InVS. Estimation de l'impact sanitaire d'une pollution environnementale et évaluation quantitative des risques sanitaires. Rapport d'analyse. Novembre 2007.
- [12] Dor F, Germonneau P. Etude d'évaluation des risques sanitaires encourus par la population résidant à proximité de la papeterie Assidomn-Kappa à Mennecey. InVS. Janvier 2003.
- [13] Observatoire de la qualité de l'air intérieur. Campagne nationale logements. Etat de la qualité de l'air dans les logements français. Rapport final. Novembre 2006.
- [14] Aouba A, Péquignot F, Le Toullec A, Jouglu E. Les causes médicales de décès en France en 2004 et leur évolution 1980-2004. Bulletin épidémiologique hebdomadaire 35-36 du 18 septembre 2007 : 308-14.
- [15] Remontet L, Buemi A, Velten M, Jouglu E, Estève J. Evolution de l'incidence et de la mortalité par cancer en France de 1978 à 2000. InVS 2003.

Annexes



Annexe 1 : Entreprises chimiques, du pétrole et du gaz et du traitement des déchets dangereux sur les 3 zones d'étude

Données du registre français des émissions polluantes mises à disposition sur Internet <http://www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr/IREP/index.php> par la Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable : dernière mise à jour en 2005

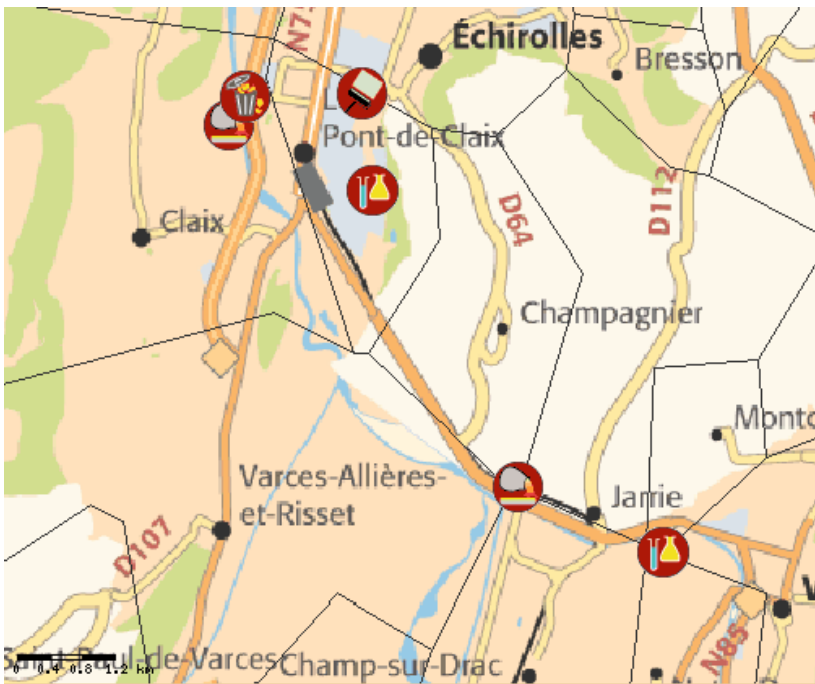
Commune	Entreprise	Code NAF (Nomenclature des activités françaises)
Zone du sud lyonnais		
Pierre-Bénite	ARKEMA	fabrication de produits chimiques inorganiques de base
Saint-Fons	CIBA Spécialités Chimiques	fabrication de colorants et pigments
Saint-Fons	RHODIA BELLE ETOILE	fabrication de produits chimiques inorganiques de base
Saint-Fons	RHODIA SILICONES SAS	fabrication de produits chimiques inorganiques de base
Saint-Fons	RHODIA ORGANIQUE	fabrication de produits chimiques inorganiques de base
Saint-Fons	ARKEMA SAINT FONTS	fabrication de matières plastiques de base
Vénissieux	CHIMIOTECHNIC	fabrication de savons, détergents et produits d'entretien
Vénissieux	VENINOV SAS	fabrication de matériaux en matière plastique
Vénissieux	UCAR S.N.C	fabrication de matériels électriques
Feyzin	PLYMOUTH FRANCAISE	fabrication d'articles en caoutchouc
Feyzin	TOTAL France	raffinage de pétrole
Feyzin	SOGIF	fabrication de gaz industriels
Zone du sud grenoblois		
Jarrie	ARKEMA	fabrication de produits chimiques inorganiques de base
Le Pont-de-Claix	CHLORALP	fabrication de produits chimiques inorganiques de base
Le Pont-de-Claix	ISOCHEM	fabrication de produits chimiques inorganiques de base
Le Pont-de-Claix	RHODIA Intermédiaires	fabrication de produits chimiques inorganiques de base
Le Pont-de-Claix	POLIMERI EUROPA ELASTOMERES	fabrication de caoutchouc synthétique
Le Pont-de-Claix	Becker Industrie Division Blancomme	fabrication de peintures et vernis
Le Pont-de-Claix	HOLLIDAY ENCREES	fabrication de peintures et vernis
Le Pont-de-Claix	TERIS PCX	traitement de déchets dangereux
Zone de Roussillon		
Roussillon	ACETEX INTERMEDIATES	fabrication de produits chimiques inorganiques de base
Roussillon	RHODIA SILICONES	fabrication de produits chimiques inorganiques de base
Roussillon	RHODIA Intermédiaires	fabrication de produits chimiques inorganiques de base
Roussillon	TERIS RON	traitement de déchets dangereux
Le Péage-de-Roussillon	RHODIA ACETOL	fabrication de produits chimiques inorganiques de base
Saint-Maurice-L'Exil	NOVAPEX	fabrication de produits chimiques inorganiques de base
Saint-Maurice-L'Exil	ADISSEO ROUSSILLON	fabrication de produits chimiques inorganiques de base
Saint-Maurice-L'Exil	RHODIA ECO SERVICES SULFURIQUE	fabrication de produits chimiques inorganiques de base
Saint-Maurice-L'Exil	PRAYON	fabrication de produits chimiques à usage industriel
Salaise-sur-Sanne	TREDI	traitement de déchets dangereux

Localisation des entreprises sur la zone du sud lyonnais



- Légende**
- | | |
|--|---|
|  Chimie et parachimie |  Pétrole et gaz |
|  Traitement de déchets dangereux |  Mécanique, traitement de surface |
|  Sidérurgie, métallurgie |  Textile, teinture, impression |
|  Divers et services |  Industries minérales |

Localisation des entreprises sur la zone du sud grenoblois



Localisation des entreprises sur la zone de Roussillon



Annexe 2 : Polluants analysés, polluants d'intérêt, limites de détection analytiques

Les **17 COV chlorés** pour lesquels l'agence américaine de protection de l'environnement (US-EPA) fournit une méthode d'analyse dans l'air ambiant (norme TO-14) (tableau 1) ont été analysés. Parmi eux, **12** (en gras dans le tableau) figurent dans l'annexe III de l'arrêté 2 février 1998 ou dans les annexes II ou IV de l'arrêté du 24 décembre 2002, visant les ICPE (polluants soumis à des valeurs limite d'émission dans l'air ou polluants dont les émissions dans l'air doivent être déclarées). Ils disposent d'une valeur toxicologique de référence (VTR) pour des expositions par inhalation. Il apparaissait donc pertinent de les sélectionner. Parmi ces 12 COV, 8 sont cités dans les émissions atmosphériques de une ou plusieurs entreprises des zones d'étude (fiches établissement du registre français des émissions polluantes sur Internet (iREP) basées sur les déclarations annuelles des exploitants).

Tableau 1. COV chlorés analysés et limites de détection analytiques

	Déclaration des émissions polluantes des industriels des zones d'étude	Arrêtés ICPE du 02/02/98 et du 24/12/02	VTR (à seuil ou sans seuil) pour l'inhalation	LD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Chlorométhane	X	X	X	0,010
Dichlorométhane = chlorure de méthylène	X	X	X	0,019
Trichlorométhane = chloroforme	X	X	X	0,015
Tétrachlorométhane = tétrachlorure de carbone	X	X	X	0,025
Chloroéthane			X	0,015
1,1-Dichloroéthane				0,017
1,2-Dichloroéthane	X	X	X	0,019
1,1,1-Trichloroéthane	X	X	X	0,021
1,1,2-Trichloroéthane		X	X	0,034
1,1,2,2-Tétrachloroéthane		X	X	0,021
Chloroéthylène = Chlorure de vinyle monomère (CVM)	X	X	X	0,013
1,1-Dichloroéthylène		X	X	0,028
1,2-Dichloroéthylène			X	0,036
Trichloroéthylène	X	X	X	0,030
Tétrachloroéthylène		X	X	0,018
Chlorobenzène			X	0,011
1,4-Dichlorobenzène			X	0,012

Les **31 COV précurseurs de l'ozone** visés dans l'annexe VI de la directive n° 2002/3/CE du 12 février 2002 relative à l'ozone dans l'air ambiant ont été analysés (tableau 2). Parmi eux, le **benzène** et le **1,3-butadiène** apparaissent prioritaires pour l'étude : ils sont cités dans les annexes des arrêtés ICPE, disposent de VTR et sont retenus comme polluants traceurs du risque dans les guides sectoriels pour l'évaluation des risques sanitaires liés aux infrastructures routières [2] et aux raffineries de pétrole [3]. Ils sont aussi émis par certains industriels implantés sur les zones d'étude. Le **toluène**, l'**éthylbenzène** et les **xylènes** figurent également dans les déclarations d'émission de certains industriels et disposent de VTR.

Tableau 2. COV précurseurs de l'ozone analysés

	Déclaration des émissions polluantes des industriels des zones d'étude	Arrêtés ICPE du 02/02/98 et du 24/12/02	VTR (à seuil ou sans seuil) pour l'inhalation	LD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Benzène	X	X	X	0,005
1,3-Butadiène	X	X	X	0,010
Ethylbenzène	X		X	0,006
m+p-Xylène	X		X	0,008
o-Xylène	X		X	0,007
Toluène	X		X	0,006
Ethane				0,01
Ethylène (Ethène)				0,01
Propane				0,01
Propène				0,01
Iso-Butane				0,01
n-Butane				0,01
Acétylène (Ethyne)				0,007
Trans-2-butène				0,01
1-Butène				0,01
Cis-2-butène				0,01
Iso-Pentane				0,01
n-Pentane				0,01
Trans-2-pentène				0,01
1-Pentène				0,01
Cis-2-pentène				0,01
Isoprène (2-méthyl-1,3-butadiène)				0,01
1-Hexène				0,016
n-Hexane				0,012
i-Hexane (2-méthyl Pentane)				0,057
Iso-Octane (2,2,4-Triméthylpentane)				0,005
n-Heptane				0,02
n-Octane				0,022
1,3,5-Triméthylbenzène				0,013
1,2,4-Triméthylbenzène				0,014
1,2,3-Triméthylbenzène				0,022

Sept aldéhydes ont été analysés dont **2** présentaient un intérêt pour l'étude : **le formaldéhyde et l'acétaldéhyde** (tableau 3). Ils sont cités dans les annexes des arrêtés ICPE, disposent de VTR et sont retenus comme polluants traceurs du risque dans le guide pour l'évaluation des risques sanitaires liés aux infrastructures routières. L'acétaldéhyde figure aussi dans les déclarations des émissions polluantes de certains industriels implantés sur les zones d'étude.

Tableau 3. Aldéhydes analysés

	Déclaration des émissions polluantes des industriels des zones d'étude	Arrêtés ICPE du 02/02/98 et du 24/12/02	VTR (à seuil ou sans seuil) pour l'inhalation	LD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Acétaldéhyde	X	X	X	0,1
Formaldéhyde		X	X	0,1
Propionaldéhyde				0,1
Butyraldéhyde				0,1
Benzaldéhyde				0,3
Isovaléraldéhyde				0,3
Valéraldéhyde				0,1

Six métaux lourds ont été analysés : l'arsenic, le cadmium, le nickel, le plomb visés par la directive européenne 2004/107/CE qui préconise la mesure de ces polluants dans l'air ambiant, ainsi que le manganèse et le vanadium (tableau 4). L'arsenic, le cadmium, le nickel, le plomb et le manganèse sont cités dans les annexes des arrêtés ICPE, disposent de VTR et sont émis par certains industriels implantés sur les zones d'étude. Par ailleurs, l'arsenic, le cadmium, le nickel et le plomb sont retenus comme polluants traceurs du risque dans le guide pour l'évaluation des risques sanitaires liés aux infrastructures routières et le cadmium, le nickel et le vanadium dans le guide sur les raffineries de pétrole. Le chrome VI et le mercure, qui répondaient également aux critères de sélection des polluants, en termes d'émission, de toxicité et de réglementation, n'ont pas été retenus puisque leur analyse dans l'air ambiant n'était pas possible.

Tableau 4. Métaux lourds analysés

	Déclaration des émissions polluantes des industriels des zones d'étude	Arrêtés ICPE du 02/02/98 et du 24/12/02	VTR (à seuil ou sans seuil) pour l'inhalation	LD (ng/m^3)
Arsenic	X	X	X	0,15
Cadmium	X	X	X	0,06
Nickel	X	X	X	0,6
Plomb	X	X	X	0,6
Manganèse	X	X	X	0,3
Vanadium			X	0,3

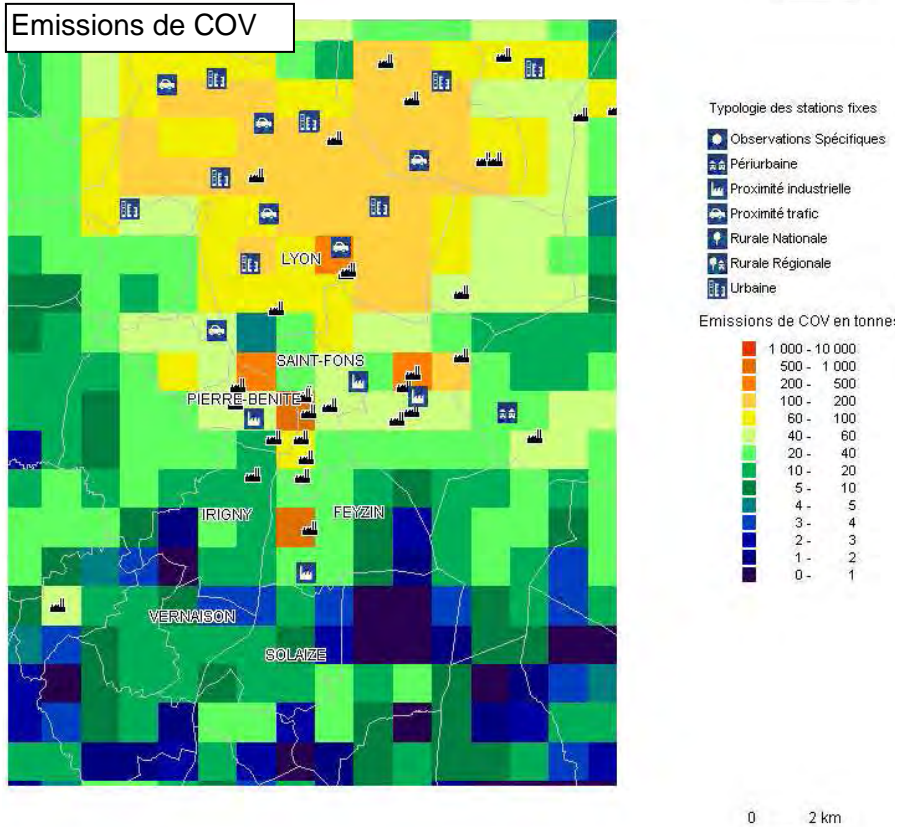
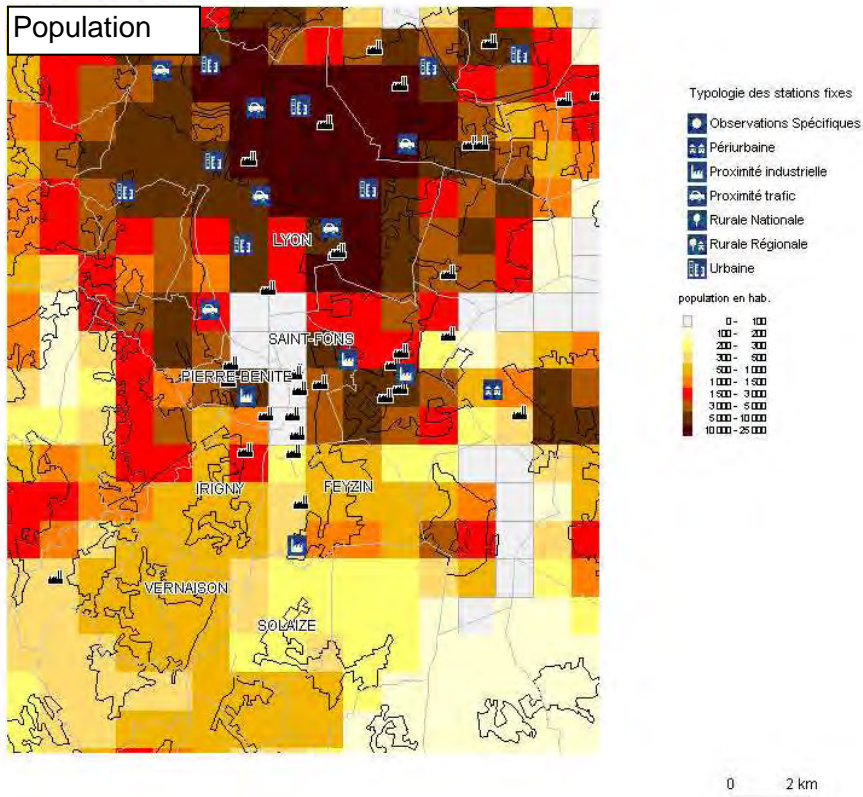
Dix-neuf HAP ont été analysés dont **15** présentant un intérêt pour l'étude. Il s'agit des 15 HAP pour lesquels un facteur d'équivalence toxique (FET) est disponible [5] ce qui permet de les prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires associés à l'exposition aux HAP (tableau 5). Il faut souligner que : certains HAP sont émis par des industriels des zones d'étude ; les HAP sont sélectionnés comme polluants traceurs dans les guides infrastructures routières et raffineries ; les HAP sont mentionnés dans l'arrêté visant les ICPE du 24/12/2002 ; la directive 2004/107/CE du 15 décembre 2004 préconise la mesure d'au moins 7 HAP dans l'air ambiant. Cinq HAP disposant de FET n'ont pas pu être analysés pour des raisons de faisabilité analytique (acénaphthylène, coronène, cyclopenta[c,d] pyrène, dibenz[a,h]anthracène).

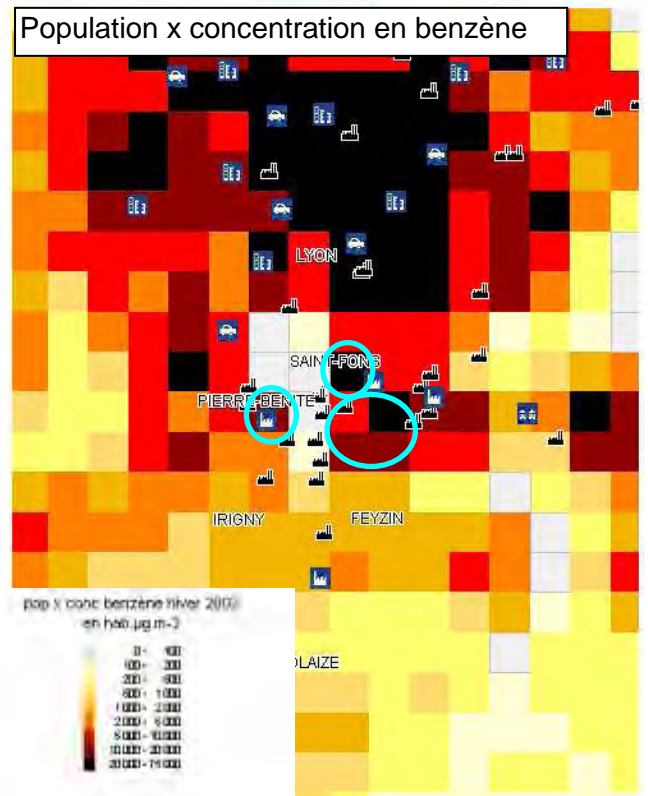
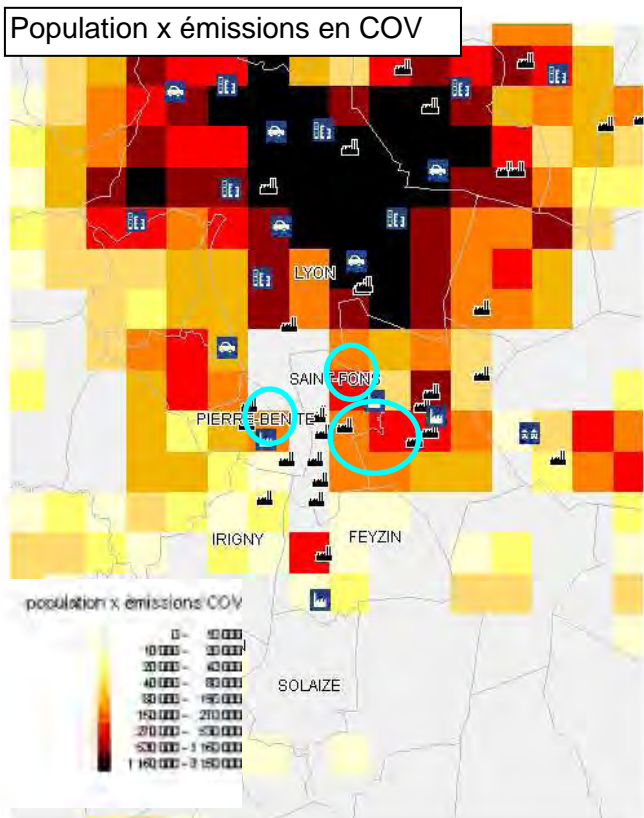
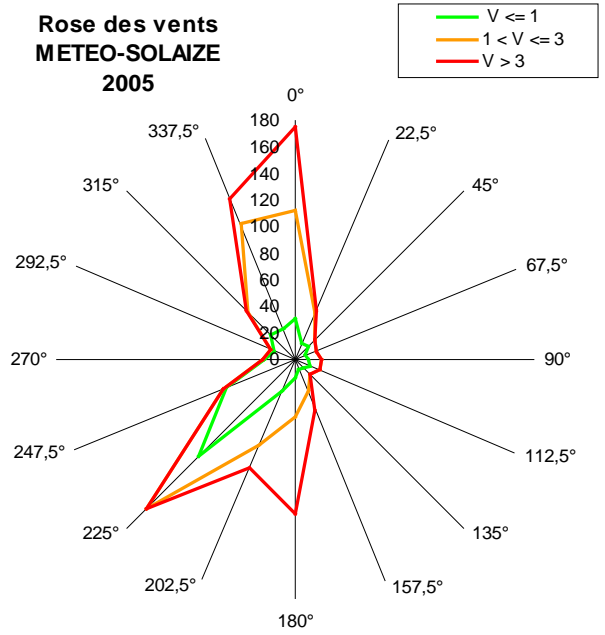
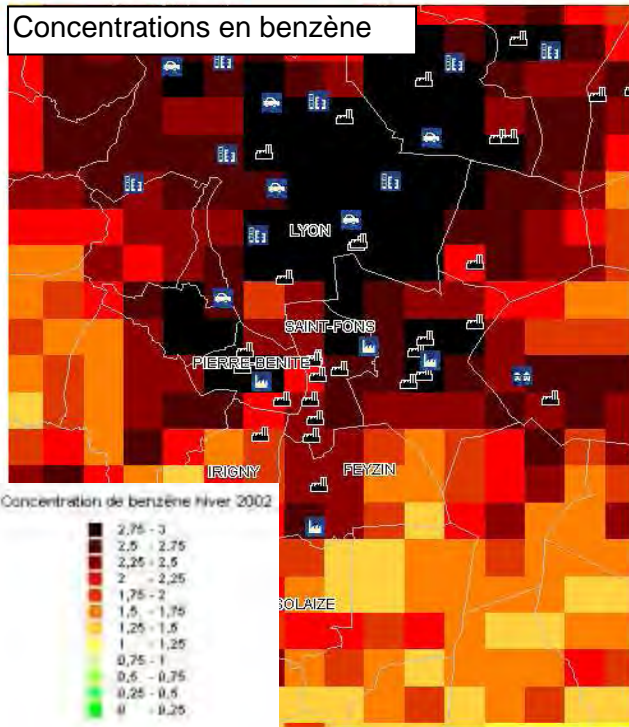
Tableau 5. HAP analysés

	Déclaration des émissions polluantes des industriels des zones d'étude	Arrêtés ICPE du 02/02/98 et du 24/12/02	Directive 2004/107/CE	FET (Ineris, 2003)	LD (ng/m ³)
Acénaphthène				0,001	0,014
Anthracène	X			0,01	0,014
Benzo(a)anthracène			X	0,1	0,014
Benzo(a)pyrène		X	X	1	0,014
Benzo(b)fluoranthène			X	0,1	0,014
Benzo(g,h,i)pérylène				0,01	0,014
Benzo(k)fluoranthène			X	0,1	0,014
Chrysène				0,01	0,014
Dibenzo(a,h)anthracène			X	1	0,014
Fluoranthène	X			0,001	0,014
Fluorène				0,001	0,014
Indéno(1,2,3-cd)pyrène			X	0,1	0,014
Naphthalène	X			0,001	0,014
Phénanthrène				0,001	0,014
Pyrène				0,001	0,014
2-méthyl-naphthalène				-	0,014
2-méthylfluoranthène				-	0,014
Benzo(e)pyrène				-	0,014
Benzo(j)fluoranthène			X	-	0,014
HAP		X			0,014

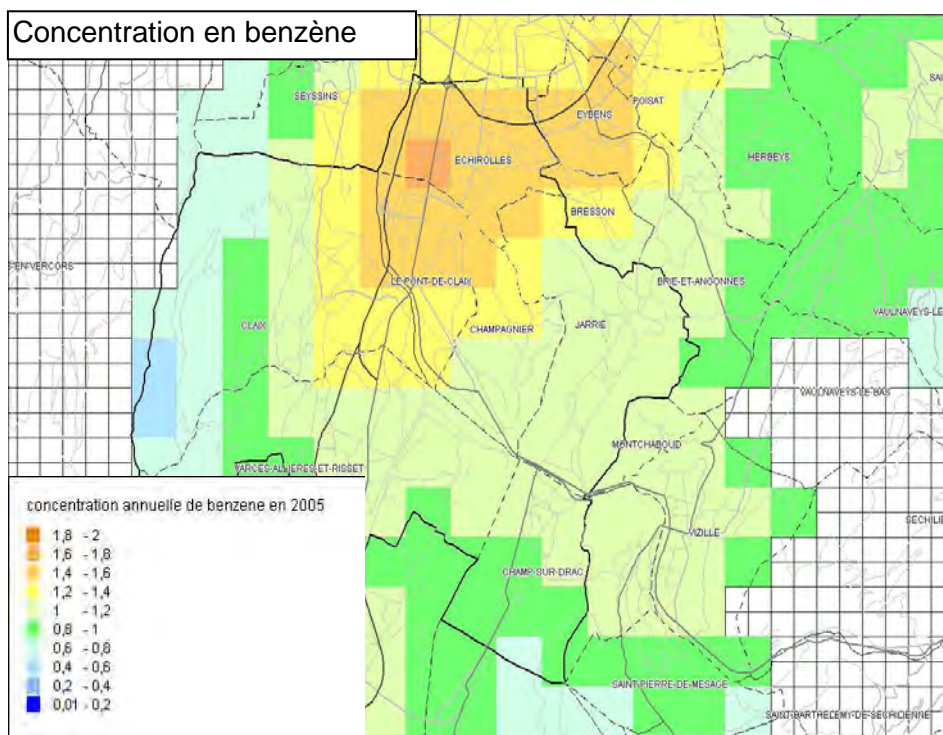
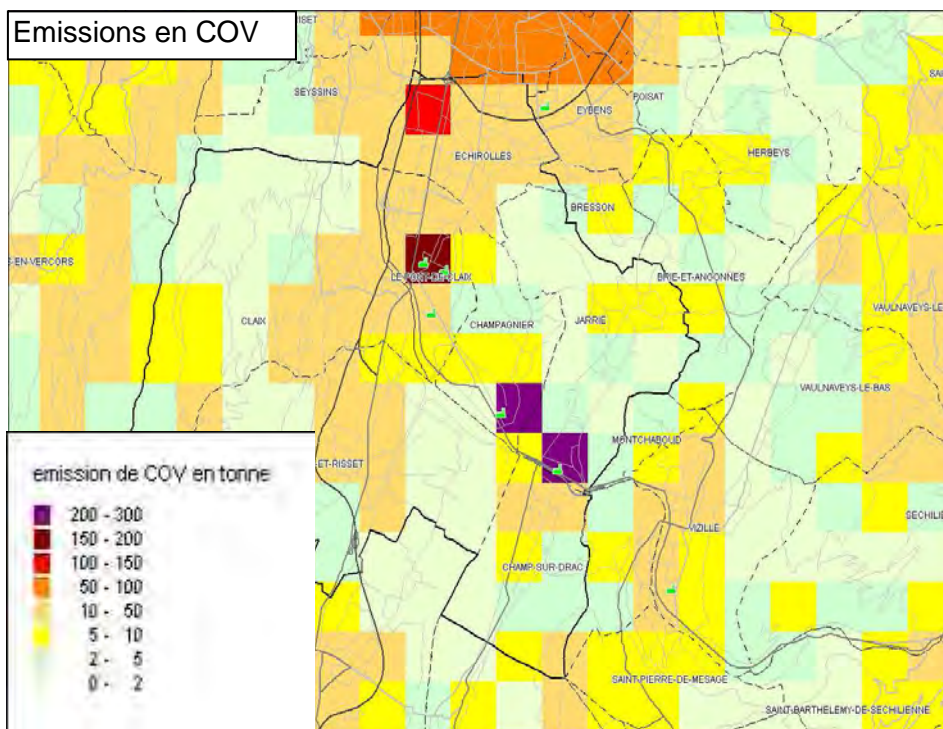
Annexe 3 : Cartes réalisées par les AASQA pour sélectionner les zones d'implantation des points de mesure

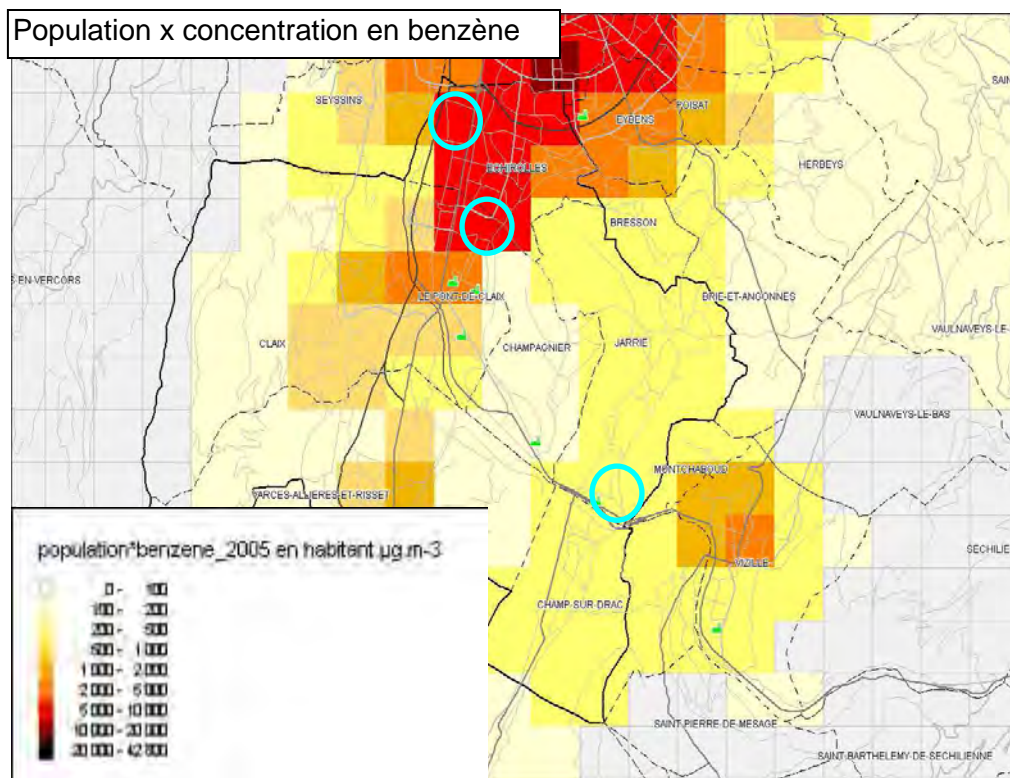
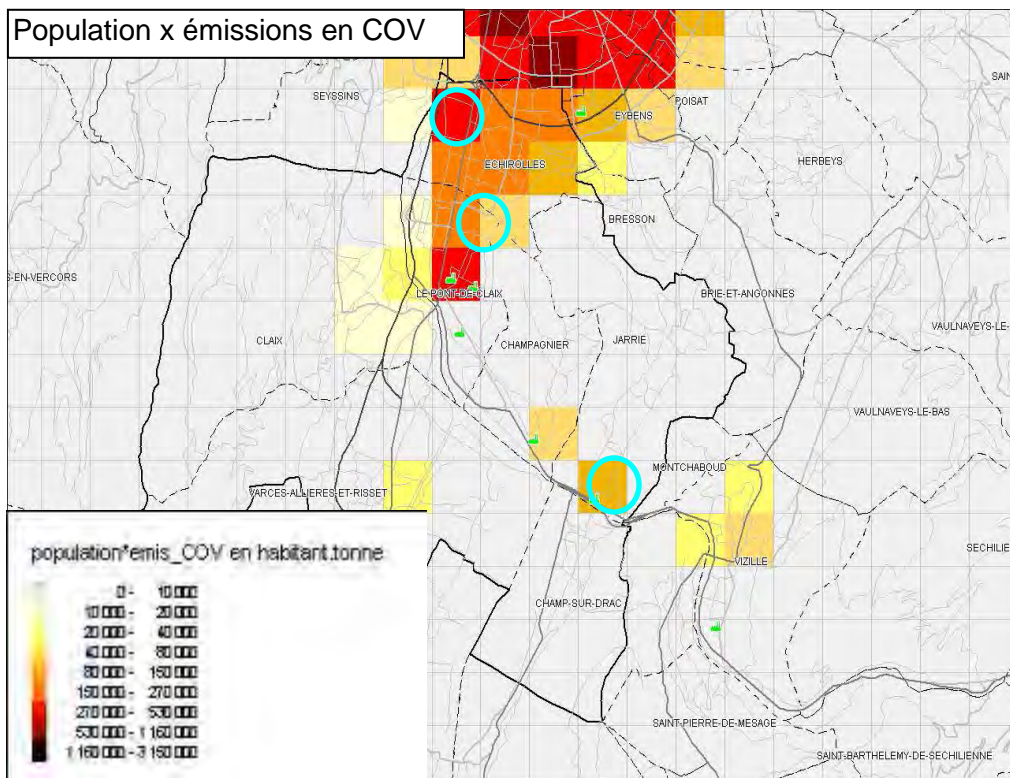
1. Zone du sud lyonnais





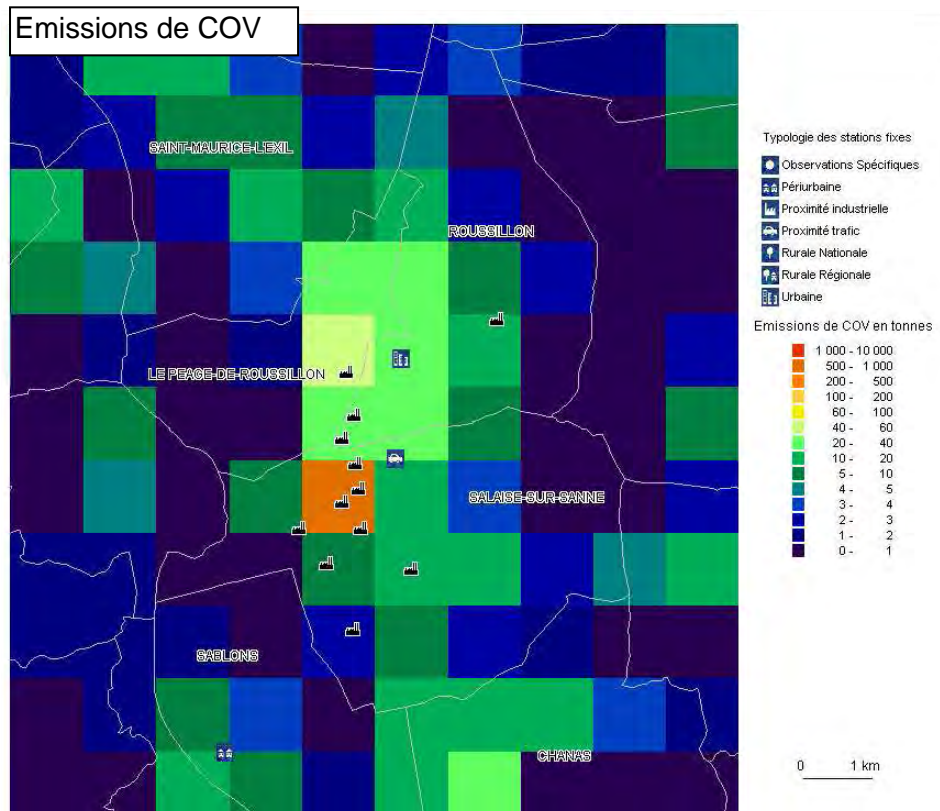
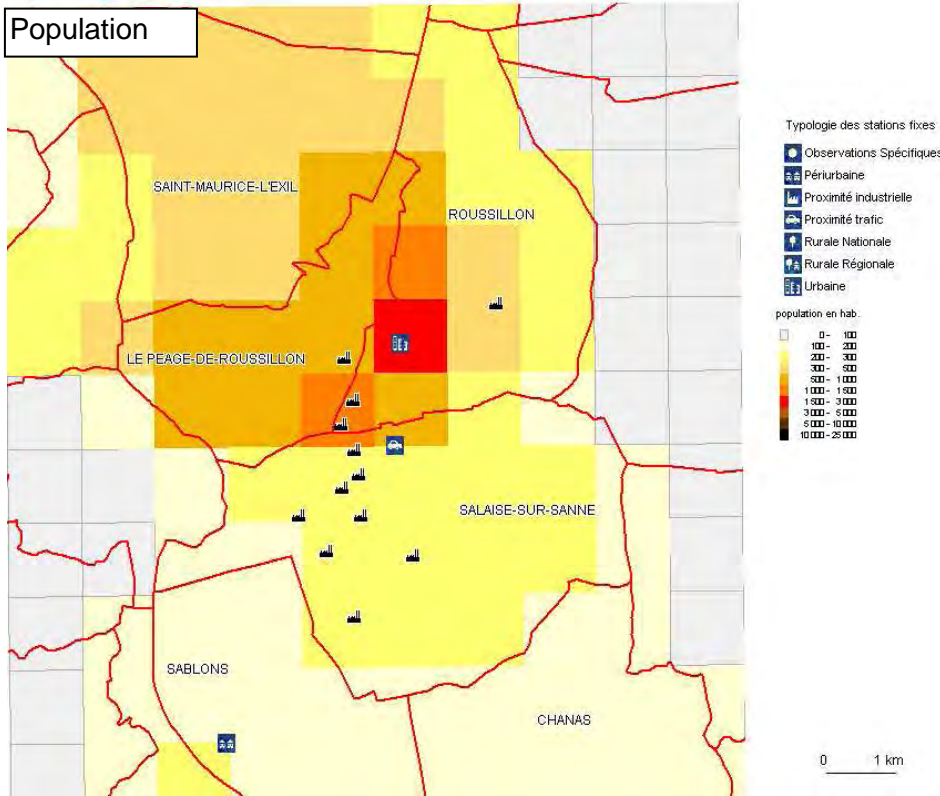
Choix des zones d'implantation des points de mesure

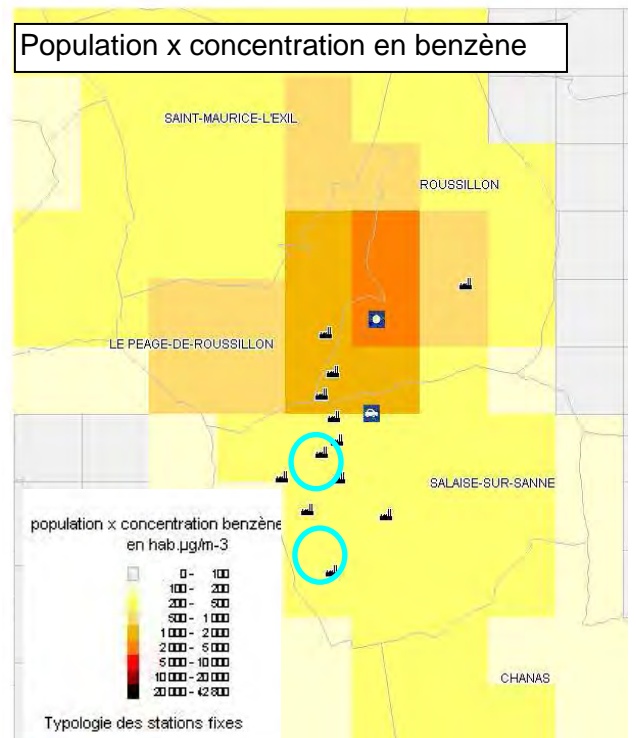
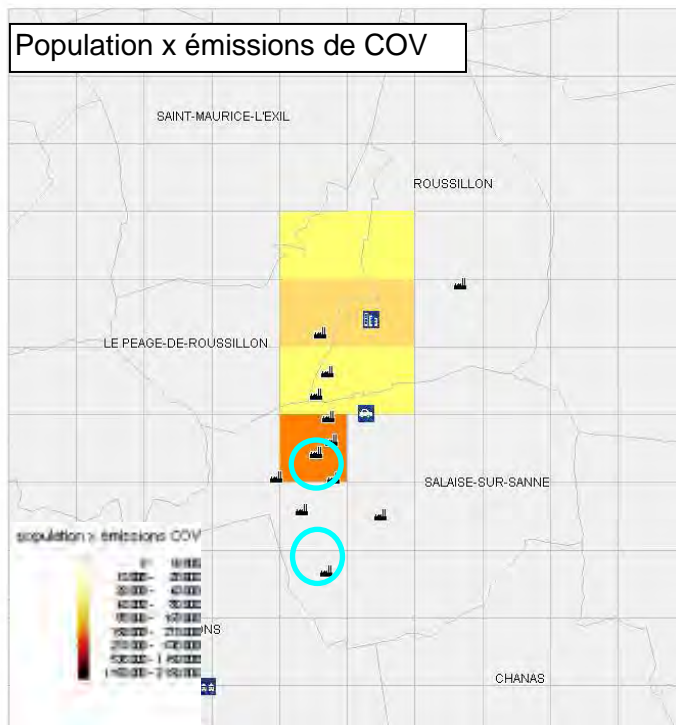
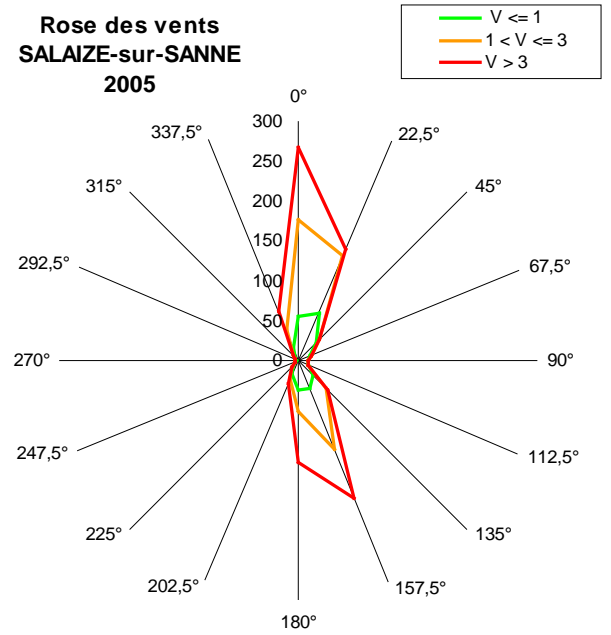
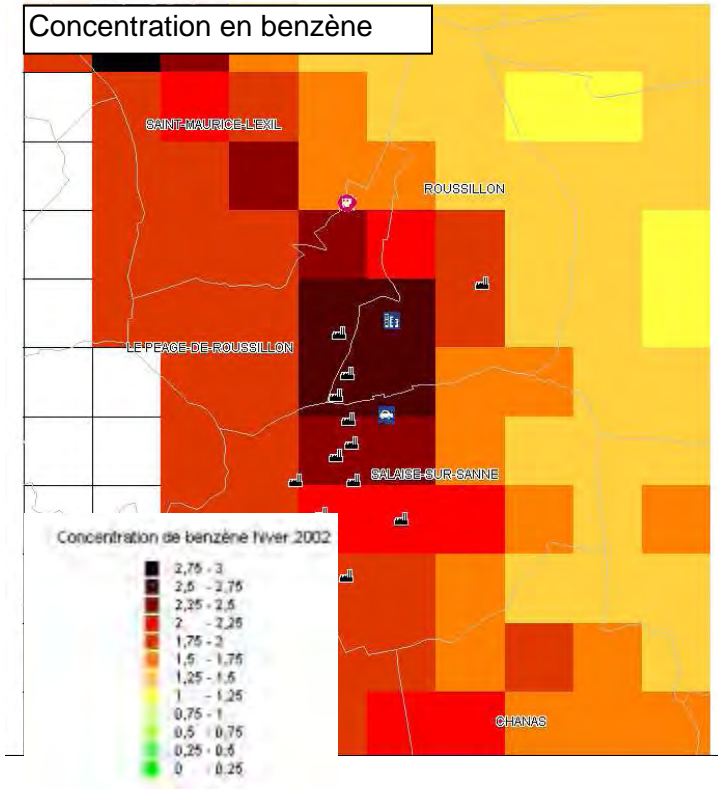




 Choix des zones d'implantation des points de mesure

3. Zone de Roussillon

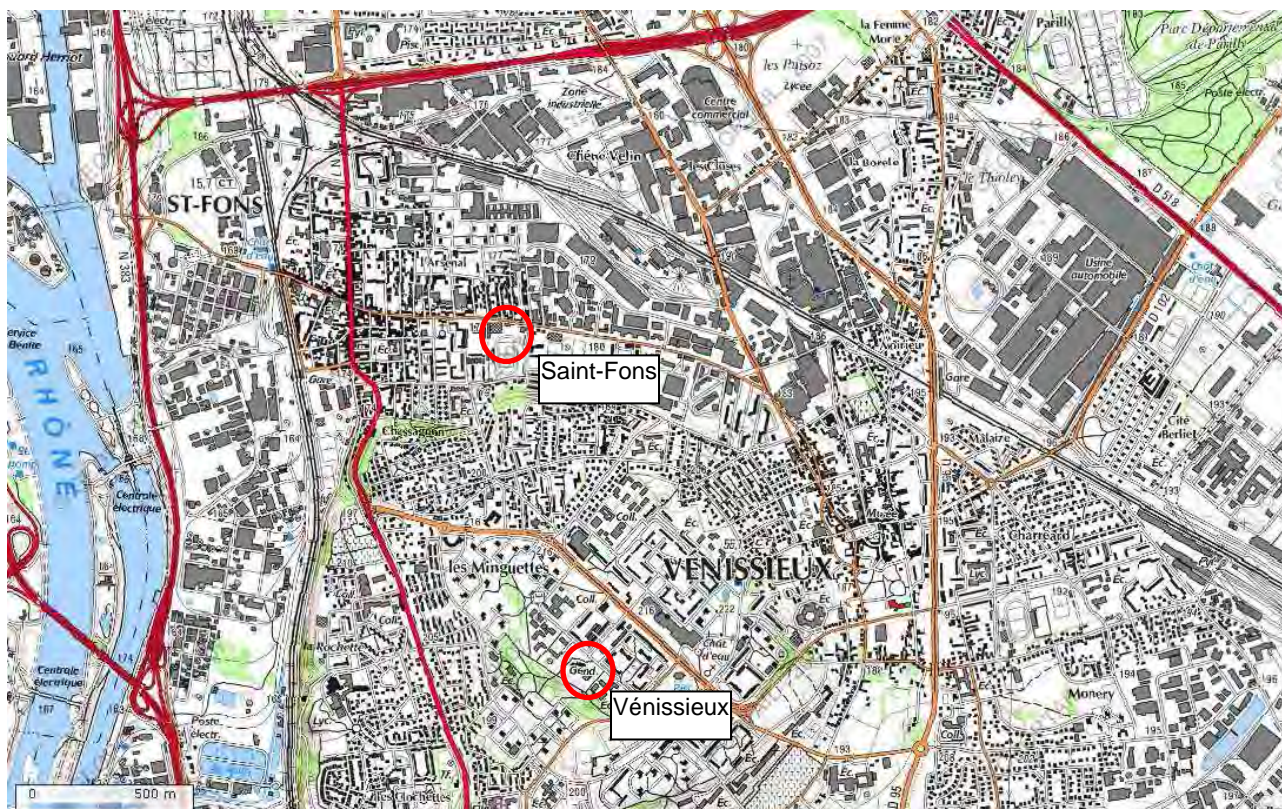
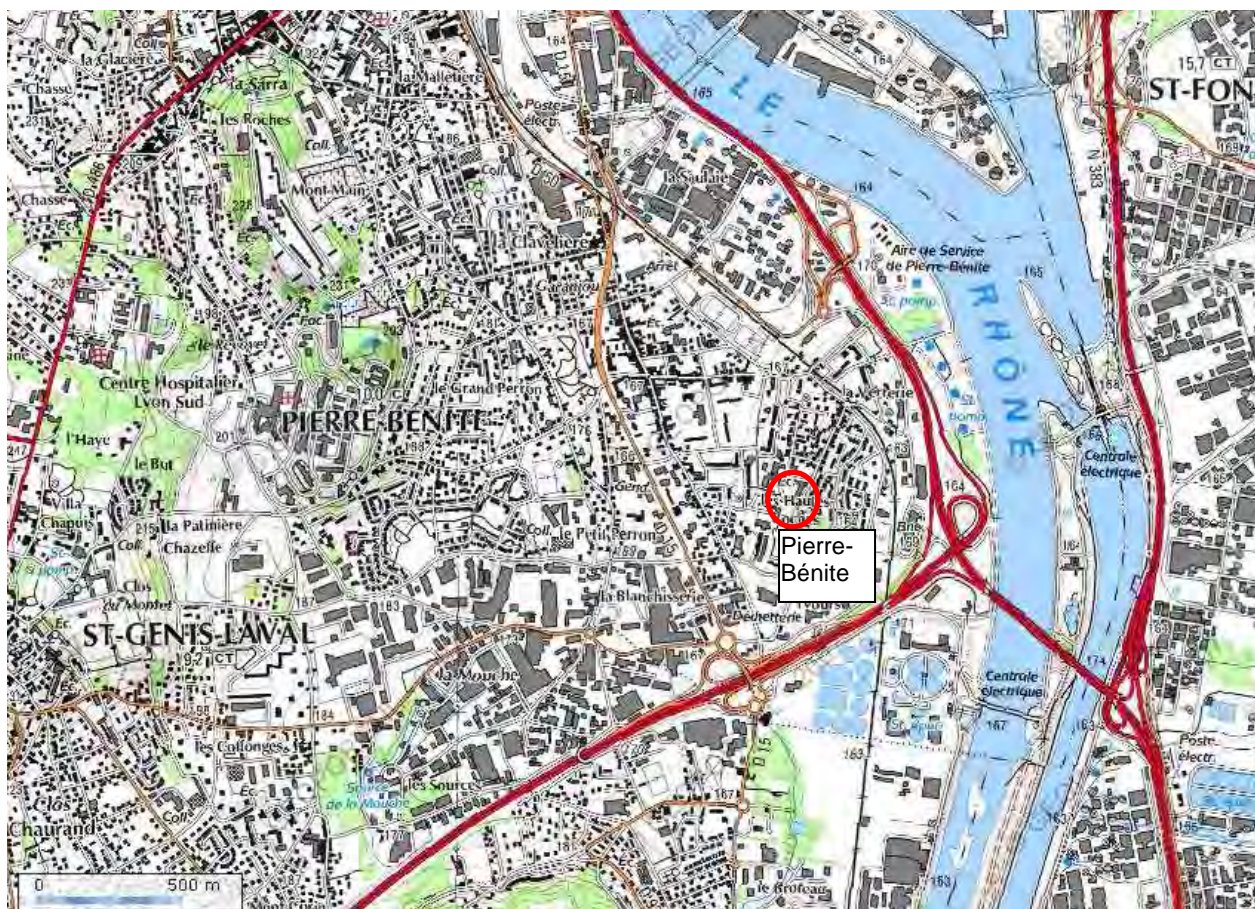




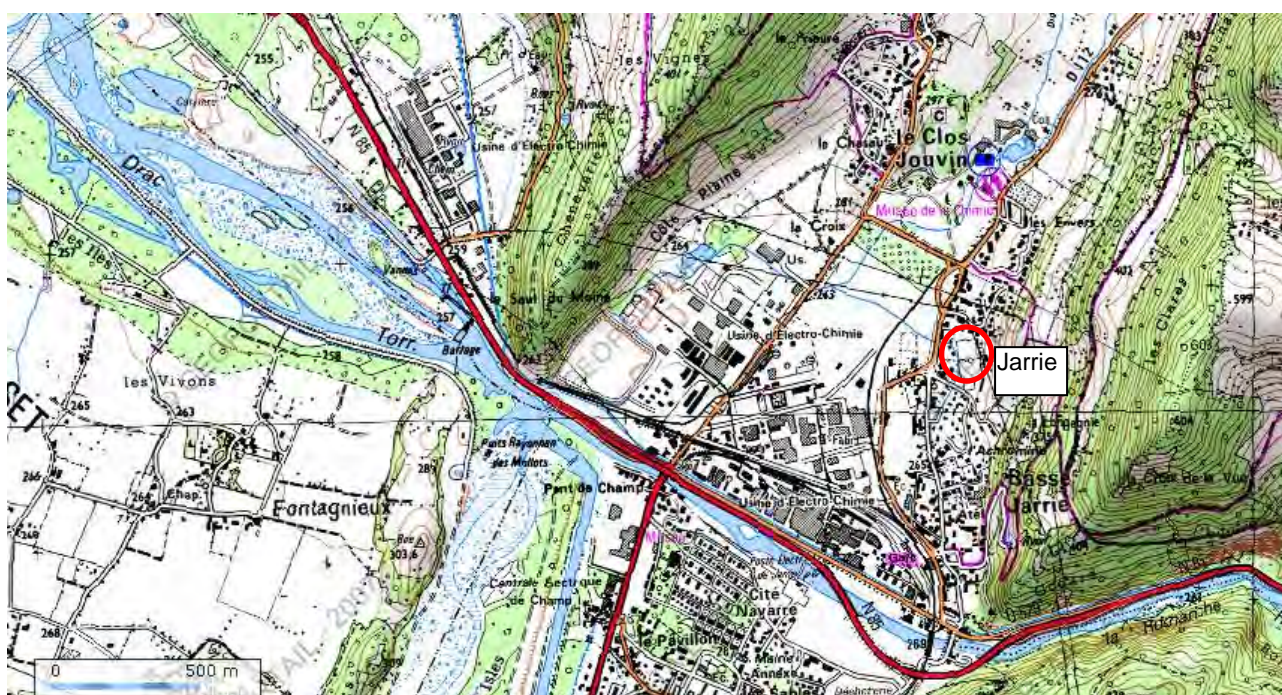
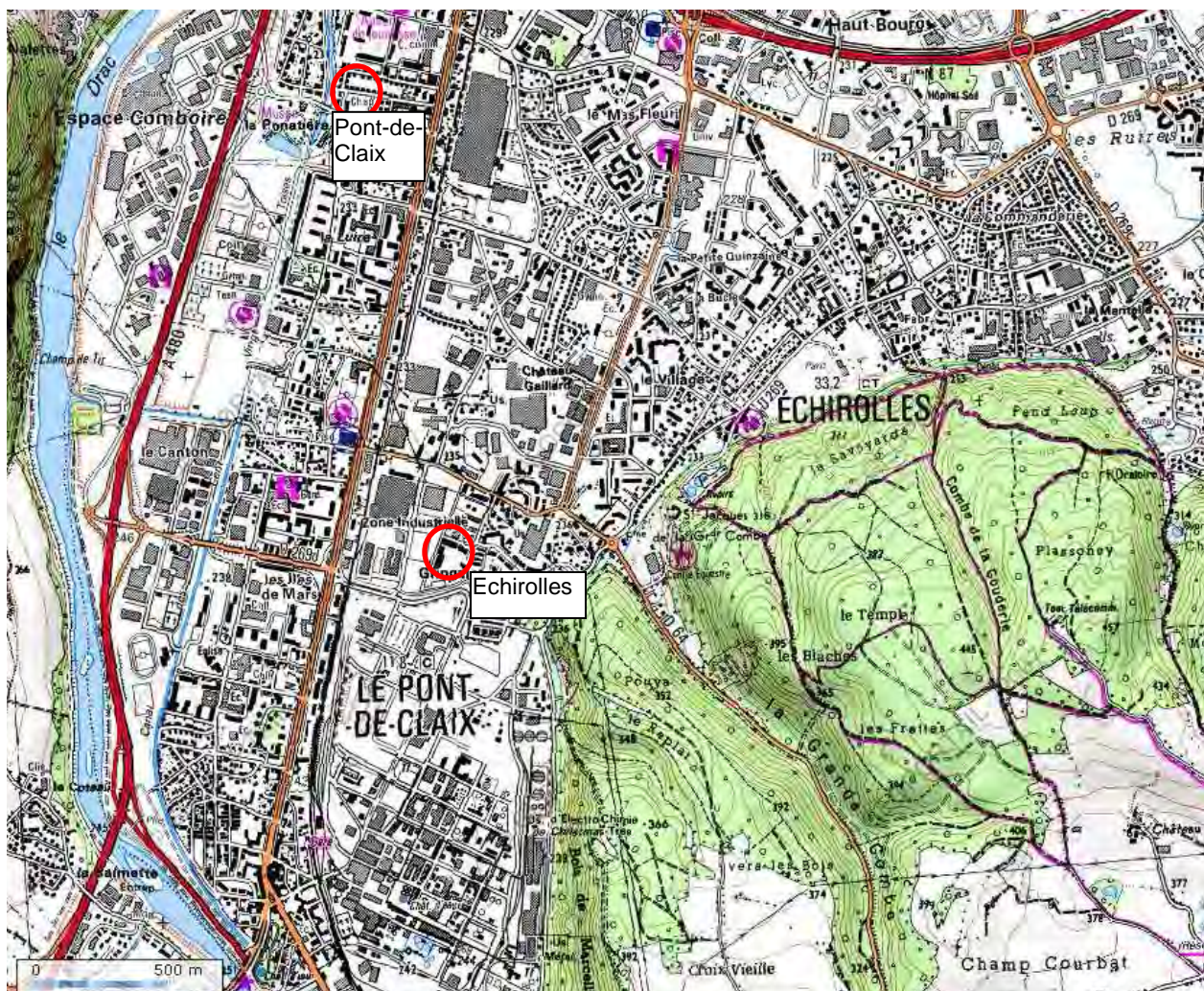
Choix des zones d'implantation des points de mesure

Annexe 4 : Localisation des points de mesure (cartes IGN)

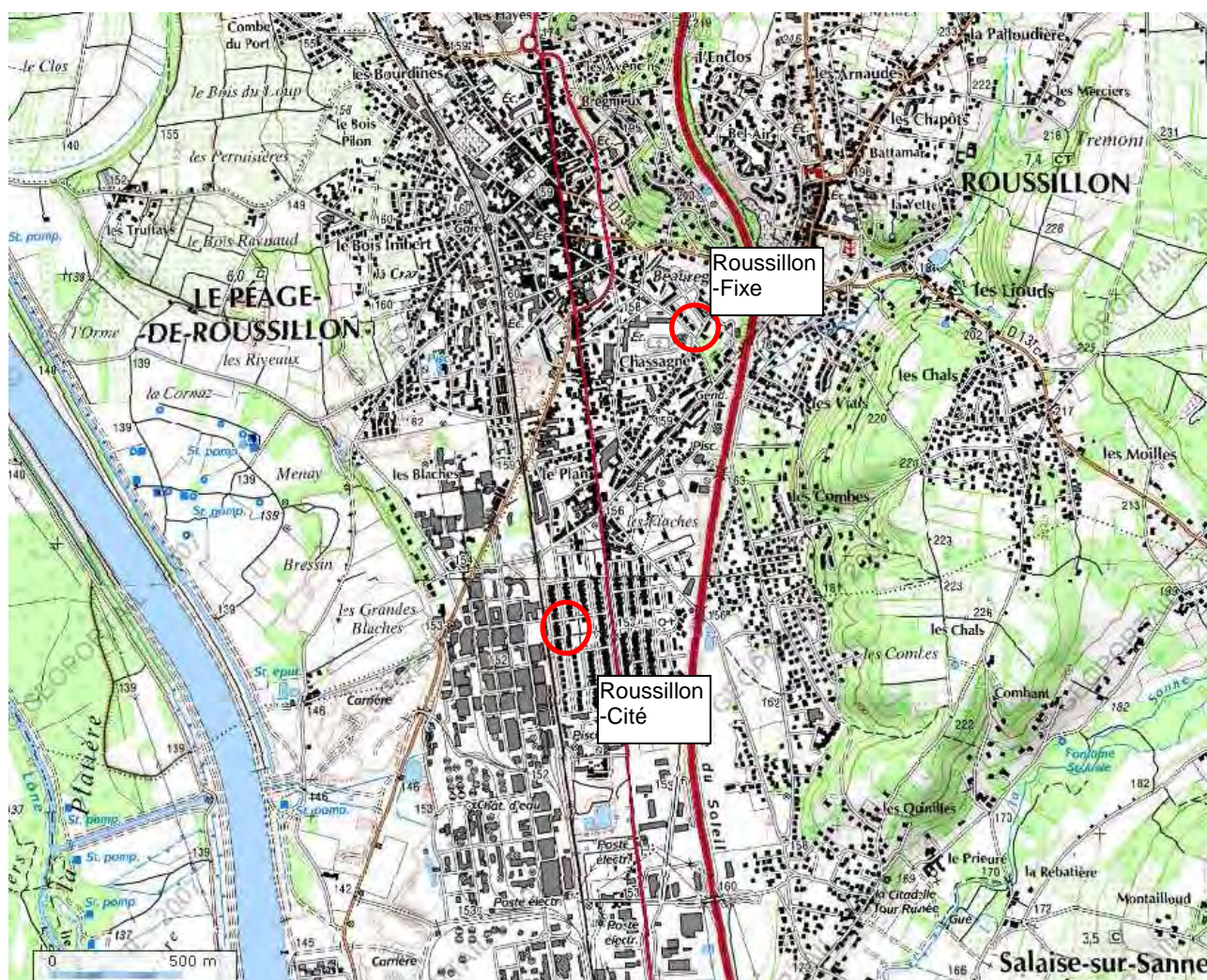
1. Zone du sud lyonnais



2. Zone du sud grenoblois



3. Zone de Roussillon



Annexe 5 : Résultats des mesures

1. Zone du sud lyonnais (points de mesures : Pierre-Bénite PB, Saint-Fons SF, Vénissieux V)

COV chlorés	Chlorométhane			Dichlorométhane			Trichlorométhane			Tétrachlorométhane		
	PB	SF	V	PB	SF	V	PB	SF	V	PB	SF	V
Points de mesure	PB	SF	V	PB	SF	V	PB	SF	V	PB	SF	V
nb de mesures	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
%mesures <>LD	100%	97%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
maximum (µg/m ³)	15,67	15,70	13,78	251,11	496,44	138,94	2,04	2,58	1,35	2,37	2,64	2,76
moyenne (µg/m ³)	4,02	3,93	3,50	42,40	54,53	18,70	0,66	0,60	0,44	1,41	1,43	1,37
coef. de var. (%)	118	120	117	136	193	191	73	89	65	29	32	33
moy printemps	10,81	10,88	9,53	63,88	6,07	3,30	0,42	0,37	0,24	1,16	1,19	1,05
moy été	0,66	0,90	0,69	4,57	11,45	4,76	0,79	0,51	0,32	1,09	1,31	1,03
moy automne	1,19	1,55	1,32	71,24	160,70	44,76	0,84	1,06	0,70	1,52	1,58	1,56
moy hiver	2,31	1,40	1,53	17,31	25,55	17,35	0,65	0,43	0,44	1,77	1,60	1,72
	Chloroéthane			1,2-Dichloroéthane			1,1,1-Trichloroéthane			1,1,2-Trichloroéthane		
Points de mesure	PB	SF	V	PB	SF	V	PB	SF	V	PB	SF	V
nb de mesures	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
%mesures <>LD	0%	0%	0%	33%	30%	36%	100%	100%	100%	0%	0%	0%
maximum (µg/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,74	1,20	1,21	4,61	0,76	0,46	0,02	0,02	0,02
moyenne (µg/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,10	0,12	0,11	0,77	0,33	0,27	0,02	0,02	0,02
coef. de var. (%)	0	0	0	157	200	205	124	45	33	0	0	0
moy printemps	0,01	0,01	0,01	0,13	0,14	0,10	0,45	0,32	0,23	0,02	0,02	0,02
moy été	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,41	0,33	0,27	0,02	0,02	0,02
moy automne	0,01	0,01	0,01	0,23	0,27	0,28	1,00	0,40	0,34	0,02	0,02	0,02
moy hiver	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,10	0,26	0,24	0,02	0,02	0,02
	1,1,2,2-Tétrachloroéthane			Chloroéthylène			1,1-Dichloroéthylène			1,2-Dichloroéthylène		
Points de mesure	PB	SF	V	PB	SF	V	PB	SF	V	PB	SF	V
nb de mesures	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
%mesures <>LD	18%	18%	18%	58%	64%	61%	9%	3%	9%	6%	0%	0%
maximum (µg/m ³)	0,03	0,03	0,05	7,06	64,81	22,85	2,26	0,89	0,86	0,46	0,02	0,02
moyenne (µg/m ³)	0,01	0,01	0,01	1,52	7,91	2,63	0,11	0,04	0,06	0,04	0,02	0,02
coef. de var. (%)	46	32	70	142	181	174	365	376	278	229	0	0
moy printemps	0,01	0,01	0,01	1,30	14,98	5,44	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
moy été	0,02	0,02	0,02	1,86	4,66	3,16	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
moy automne	0,01	0,01	0,01	1,62	7,64	1,47	0,01	0,01	0,01	0,11	0,02	0,02
moy hiver	0,01	0,01	0,01	1,42	3,29	0,64	0,37	0,11	0,19	0,02	0,02	0,02
	Trichloroéthylène			Tétrachloroéthylène			Chlorobenzène			1,4-Dichlorobenzène		
Points de mesure	PB	SF	V	PB	SF	V	PB	SF	V	PB	SF	V
nb de mesures	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
%mesures <>LD	100%	100%	94%	100%	100%	100%	33%	42%	39%	24%	21%	27%
maximum (µg/m ³)	2,31	3,85	1,33	19,85	8,21	3,36	0,33	0,32	0,15	0,17	0,30	0,14
moyenne (µg/m ³)	0,87	0,86	0,46	2,77	2,15	0,95	0,04	0,06	0,04	0,03	0,04	0,03
coef. de var. (%)	67	98	68	154	85	83	168	151	126	161	198	146
moy printemps	0,36	0,37	0,16	1,14	1,41	0,46	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
moy été	0,83	0,79	0,37	1,49	4,35	0,76	0,16	0,25	0,12	0,11	0,18	0,10
moy automne	1,36	1,58	0,69	6,32	2,55	1,58	0,03	0,05	0,04	0,02	0,01	0,02
moy hiver	0,92	0,67	0,59	1,72	1,05	0,95	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

En caractères gris : polluants analysés mais non retenus, *a priori*, comme polluants d'intérêt

Sur fond gris : polluants d'intérêt dont 70 % ou plus des mesures étaient inférieures ou très proches de la LD

Sur fond jaune : maximum supérieur à 5 fois la moyenne / coefficient de variation supérieur à 100 %

COV précurseurs de l'ozone	Benzène			1,3-Butadiène			Ethylbenzène		
	PB	SF	V	PB	SF	V	PB	SF	V
Points de mesure	PB	SF	V	PB	SF	V	PB	SF	V
nb de mesures	33	33	33	33	33	33	33	33	33
%mesures <>LD	100%	100%	100%	85%	88%	88%	100%	100%	100%
maximum (µg/m ³)	9,07	8,89	8,17	2,65	1,88	4,12	4,49	5,60	2,70
moyenne (µg/m ³)	2,40	2,74	2,11	0,35	0,43	0,51	1,28	1,76	1,03
coef. de var. (%)	75	75	80	144	111	195	85	72	70
moy printemps	1,34	1,64	1,10	0,40	0,53	0,82	0,48	0,72	0,35
moy été	1,88	2,97	1,68	0,55	0,40	0,95	0,90	1,41	0,82
moy automne	3,63	3,62	2,93	0,39	0,43	0,28	2,13	2,50	1,40
moy hiver	2,57	2,80	2,61	0,14	0,34	0,14	1,49	2,30	1,47
	m+p-Xylène			o-Xylène			Toluène		
Points de mesure	PB	SF	V	PB	SF	V	PB	SF	V
nb de mesures	33	33	33	33	33	33	33	33	33
%mesures <>LD	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
maximum (µg/m ³)	12,70	15,57	10,17	5,05	5,61	2,41	20,70	26,76	18,78
moyenne (µg/m ³)	3,91	5,60	3,24	1,37	2,19	1,01	5,99	7,79	5,27
coef. de var. (%)	88	69	79	88	67	71	86	79	78
moy printemps	1,04	1,68	0,71	0,45	0,65	0,26	2,49	3,48	2,14
moy été	2,16	4,69	2,23	0,79	2,05	0,79	2,79	4,61	2,42
moy automne	5,83	7,29	3,74	2,30	3,13	1,43	11,13	14,17	8,98
moy hiver	6,03	8,44	5,95	1,76	2,87	1,47	6,47	7,84	6,57

Aldéhydes	Acétaldéhyde			Formaldéhyde		
	PB	SF	V	PB	SF	V
Points de mesure	PB	SF	V	PB	SF	V
nb de mesures	30	30	30	36	36	36
%mesures <>LD	100%	100%	100%	94%	89%	94%
maximum (µg/m ³)	6,42	58,34	5,72	40,96	12,22	8,20
moyenne (µg/m ³)	2,96	10,64	2,24	8,46	2,68	2,61
coef. de var. (%)	54	161	62	125	105	67
moy printemps	2,10	6,02	1,54	2,23	2,33	2,33
moy été	1,47	29,61	1,57	2,97	5,00	2,75
moy automne	3,74	1,64	3,49	3,77	0,27	3,17
moy hiver	3,95	2,22	1,90	24,86	3,13	2,21

Métaux lourds	Arsenic			Cadmium			Nickel		
	PB	SF	V	PB	SF	V	PB	SF	V
Points de mesure									
nb de mesures	37	33	36	37	33	36	37	33	36
%mesures <>LD	22%	24%	0%	3%	3%	0%	54%	55%	56%
maximum (ng/m ³)	4,71	5,45	0,07	1,46	2,42	0,03	25,91	18,18	92,59
moyenne (ng/m ³)	0,61	0,73	0,07	0,07	0,10	0,03	4,88	4,55	7,12
coef. de var. (%)	190	182	0	343	407	0	124	110	217
moy printemps	0,07	0,07	0,07	0,03	0,03	0,03	6,83	4,06	12,03
moy été	0,07	0,07	0,07	0,03	0,03	0,03	1,95	1,66	2,56
moy automne	2,12	2,76	0,07	0,19	0,37	0,03	8,10	10,22	9,66
moy hiver	0,21	0,36	0,07	0,03	0,03	0,03	2,85	3,52	4,25
	Plomb			Manganèse			Vanadium		
Points de mesure									
nb de mesures	37	33	36	28	26	27	28	26	27
%mesures <>LD	76%	85%	92%	86%	92%	93%	61%	65%	70%
maximum (ng/m ³)	88,08	49,09	51,16	38,35	42,42	32,56	23,94	21,56	14,02
moyenne (ng/m ³)	15,76	12,97	11,65	10,10	12,93	10,09	3,28	4,13	3,37
coef. de var. (%)	115	88	80	97	74	79	148	125	107
moy printemps	23,65	11,86	14,93						
moy été	3,14	7,07	6,30	4,37	10,38	9,63	0,95	1,50	0,90
moy automne	21,28	24,33	15,22	18,32	21,69	13,66	4,28	8,24	4,94
moy hiver	15,04	11,11	10,14	7,87	9,11	6,98	4,48	3,61	4,26

HAP	Acénaphthène			Anthracène			Benzo(a)anthracène			Benzo(a)pyrène		
	PB	SF	V	PB	SF	V	PB	SF	V	PB	SF	V
Points de mesure												
nb de mesures	34	24	34	34	24	34	34	24	34	34	24	34
%mesures <>LD	100%	100%	100%	100%	100%	97%	94%	92%	94%	100%	100%	100%
maximum (ng/m ³)	0,60	1,42	1,76	3,45	4,26	3,98	1,40	5,81	3,74	1,74	3,21	2,96
moyenne (ng/m ³)	0,14	0,34	0,33	0,34	1,03	0,83	0,21	0,79	0,64	0,26	0,71	0,54
coef. de var. (%)	100	105	118	189	135	132	155	167	130	155	130	119
moy printemps	0,10	0,10	0,08	0,05	0,07	0,08	0,05	0,06	0,13	0,09	0,09	0,13
moy été	0,11		0,21	0,08		0,28	0,07		0,36	0,07		0,26
moy automne	0,27	0,53	0,65	0,95	1,52	1,59	0,54	0,88	1,19	0,70	1,17	1,07
moy hiver	0,09	0,44	0,34	0,23	1,67	1,26	0,16	1,45	0,82	0,13	1,01	0,62
	Benzo(b) fluoranthène			Benzo(g,h,i) pérylène			Benzo(k) fluoranthène			Chrysène		
Points de mesure												
nb de mesures	34	24	34	34	24	34	34	24	34	34	24	34
%mesures <>LD	100%	100%	100%	100%	100%	100%	97%	100%	100%	100%	100%	100%
maximum (ng/m ³)	3,95	11,80	15,72	2,08	2,89	3,58	1,40	3,63	4,46	3,35	13,74	13,63
moyenne (ng/m ³)	0,64	2,04	2,28	0,36	0,83	0,69	0,21	0,65	0,64	0,58	1,98	2,32
coef. de var. (%)	141	145	141	140	117	114	146	138	137	140	157	134
moy printemps	0,37	0,41	0,79	0,20	0,16	0,23	0,11	0,12	0,20	0,30	0,39	0,84
moy été	0,36		1,80	0,13		0,36	0,10		0,46	0,33		1,80
moy automne	1,42	2,80	4,57	0,91	1,45	1,38	0,49	0,90	1,29	1,24	2,38	4,64
moy hiver	0,36	3,16	1,84	0,15	1,09	0,72	0,11	1,01	0,58	0,40	3,30	1,88
	Dibenzo(a,h) anthracène			Fluoranthène			Fluorène			Indéno(1,2,3-cd) pyrène		
Points de mesure												
nb de mesures	34	24	34	34	24	34	34	24	34	34	24	34
%mesures <>LD	32%	42%	65%	100%	100%	100%	91%	100%	100%	100%	100%	100%
maximum (ng/m ³)	0,11	0,53	0,54	21,33	48,35	65,24	4,70	4,46	4,74	1,93	2,55	3,29
moyenne (ng/m ³)	0,02	0,09	0,09	3,25	9,87	12,40	0,95	1,41	1,27	0,29	0,67	0,59
coef. de var. (%)	129	169	119	128	124	120	149	107	111	139	120	114
moy printemps	0,02	0,02	0,03	1,79	3,21	5,99	0,33	0,36	0,30	0,15	0,12	0,19
moy été	0,02		0,07	2,59		11,67	0,38		0,50	0,11		0,30
moy automne	0,02	0,09	0,11	6,30	12,65	22,84	1,45	1,96	1,98	0,74	1,32	1,17
moy hiver	0,02	0,17	0,16	2,10	14,67	8,93	1,49	2,11	2,11	0,13	0,78	0,63
	Naphthalène			Phénanthrène			Pyrène					
Points de mesure												
nb de mesures	34	24	34	34	24	34	34	24	34			
%mesures <>LD	100%	100%	97%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
maximum (ng/m ³)	2,27	3,32	2,10	40,73	68,15	84,28	13,35	32,46	33,52			
moyenne (ng/m ³)	0,39	0,78	0,67	5,29	14,91	16,56	2,67	6,29	7,29			
coef. de var. (%)	132	112	100	144	129	126	103	128	116			
moy printemps	0,23	0,21	0,24	1,97	2,67	3,23	1,06	1,56	3,07			
moy été	0,24		0,42	3,11		12,43	1,52		6,80			
moy automne	0,84	1,32	1,07	12,01	19,89	32,37	4,86	8,05	13,51			
moy hiver	0,23	0,97	0,88	3,46	23,82	17,29	2,92	9,84	5,67			

2. Zone du sud grenoblois (points de mesure : Jarrie J, Pont-de-Claix PC, Echirolles E)

COV chlorés	Chlorométhane			Dichlorométhane			Trichlorométhane			Tétrachlorométhane		
	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E
Points de mesure												
nb de mesures	38	39	38	38	39	38	38	39	38	38	39	38
%mesures <>LD	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
maximum (µg/m ³)	30,83	4,43	7,44	24,20	20,42	55,87	1,12	4,27	2,72	4,10	102,12	55,70
moyenne (µg/m ³)	4,37	1,74	1,70	6,13	6,40	8,61	0,48	0,76	0,71	1,73	5,34	3,97
coef. de var. (%)	116	53	70	70	56	120	41	100	82	41	309	235
moy hiver	4,82	1,92	1,68	3,95	4,53	3,36	0,42	0,56	0,49	1,51	13,18	8,11
moy printemps	2,46	1,37	2,49	5,92	6,11	19,39	0,52	1,48	1,41	1,86	2,19	3,20
moy été	2,34	1,41	0,96	7,83	6,88	6,08	0,51	0,66	0,54	1,53	2,17	1,61
moy automne	7,76	2,15	1,68	7,30	8,28	6,77	0,49	0,40	0,44	2,05	2,41	2,03
	Chloroéthane			1,2-Dichloroéthane			1,1,1-Trichloroéthane			1,1,2-Trichloroéthane		
	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E
Points de mesure												
nb de mesures	38	39	38	38	39	38	38	39	38	38	39	38
%mesures <>LD	87%	85%	79%	100%	97%	100%	95%	90%	97%	0%	0%	0%
maximum (µg/m ³)	3,11	15,46	7,02	62,66	18,31	9,90	0,85	0,64	1,36	0,02	0,02	0,02
moyenne (µg/m ³)	0,74	3,35	1,37	17,77	3,73	2,35	0,31	0,29	0,35	0,02	0,02	0,02
coef. de var. (%)	87	111	113	83	102	89	52	55	73	0	0	0
moy hiver	0,91	1,20	0,52	12,76	3,38	1,94	0,21	0,24	0,21	0,02	0,02	0,02
moy printemps	0,39	5,25	2,23	12,26	2,00	2,58	0,37	0,20	0,54	0,02	0,02	0,02
moy été	0,65	3,20	0,87	28,88	6,90	3,35	0,31	0,33	0,29	0,02	0,02	0,02
moy automne	1,00	4,12	2,03	18,30	2,82	1,59	0,39	0,39	0,40	0,02	0,02	0,02
	1,1,2,2-Tétrachloroéthane			Chloroéthylène			1,1-Dichloroéthylène			1,2-Dichloroéthylène		
	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E
Points de mesure												
nb de mesures	38	39	38	38	39	38	38	39	38	38	39	38
%mesures <>LD	0%	0%	0%	16%	0%	0%	11%	8%	5%	0%	0%	0%
maximum (µg/m ³)	0,01	0,01	0,01	1,64	0,01	0,01	0,15	0,22	0,13	0,02	0,02	0,02
moyenne (µg/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,10	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
coef. de var. (%)	0	0	0	308	0	0	134	164	112	0	0	0
moy hiver	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
moy printemps	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
moy été	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02
moy automne	0,01	0,01	0,01	0,42	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
	Trichloroéthylène			Tétrachloroéthylène			Chlorobenzène			1,4-Dichlorobenzène		
	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E
Points de mesure												
nb de mesures	38	39	38	38	39	38	38	39	38	38	39	38
%mesures <>LD	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	24%	31%	26%
maximum (µg/m ³)	2,48	1,46	1,80	48,50	4,42	5,10	4,84	33,84	5,63	0,08	0,07	0,14
moyenne (µg/m ³)	0,76	0,60	0,70	1,74	1,12	1,14	0,54	4,62	1,39	0,02	0,02	0,02
coef. de var. (%)	71	53	60	447	90	77	148	129	92	130	122	154
moy hiver	0,99	0,87	0,95	0,49	1,43	1,18	1,22	3,16	1,11	0,01	0,01	0,01
moy printemps	0,50	0,34	0,68	0,43	0,73	0,95	0,26	10,21	2,64	0,01	0,01	0,01
moy été	0,85	0,47	0,48	5,91	0,59	1,40	0,37	3,57	1,06	0,01	0,01	0,01
moy automne	0,64	0,65	0,64	0,42	1,59	1,02	0,18	2,15	0,83	0,04	0,05	0,08

COV précurseurs de l'ozone	Benzène			1,3-Butadiène			Ethylbenzène		
	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E
Points de mesure									
nb de mesures	38	39	38	37	38	38	38	39	38
%mesures <>LD	100%	100%	100%	97%	92%	100%	100%	100%	100%
maximum (µg/m ³)	6,95	6,10	7,40	0,42	0,38	0,65	3,70	5,26	12,32
moyenne (µg/m ³)	2,55	2,69	2,89	0,10	0,09	0,11	1,13	1,87	3,13
coef. de var. (%)	62	63	57	95	96	128	62	62	84
moy hiver	4,27	4,88	4,55	0,19	0,18	0,25	1,15	2,51	3,85
moy printemps	1,79	1,61	3,06	0,06	0,05	0,07	0,97	0,86	3,63
moy été	1,82	2,22	1,70	0,06	0,05	0,05	1,16	2,17	2,92
moy automne	1,96	1,66	1,86	0,05	0,06	0,05	1,25	1,80	1,98
Points de mesure	m+p-Xylène			o-Xylène			Toluène		
	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E
nb de mesures	38	39	38	38	39	38	38	39	38
%mesures <>LD	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
maximum (µg/m ³)	7,31	13,48	31,19	2,89	10,04	9,64	34,14	38,50	53,38
moyenne (µg/m ³)	2,64	4,48	7,47	1,12	2,06	2,26	9,96	15,36	15,21
coef. de var. (%)	55	60	89	59	85	91	68	63	70
moy hiver	2,95	6,54	9,58	1,07	2,29	3,07	13,95	24,56	20,68
moy printemps	2,63	2,37	9,56	1,14	0,86	2,74	8,11	9,54	18,06
moy été	2,25	4,06	5,68	1,21	2,63	1,64	8,99	14,08	11,32
moy automne	2,64	4,48	4,61	1,08	2,35	1,40	7,88	11,64	9,56

Aldéhydes	Acétaldéhyde			Formaldéhyde		
	J	PC	E	J	PC	E
Points de mesure						
nb de mesures	42	44	43	42	44	43
%mesures <>LD	100%	100%	98%	100%	100%	100%
maximum (µg/m ³)	9,93	4,30	3,67	53,68	22,25	5,23
moyenne (µg/m ³)	3,89	1,39	1,34	18,40	2,95	2,57
coef. de var. (%)	61	84	74	81	115	40
moy hiver	3,77	2,96	2,85	16,70	4,07	3,26
moy printemps	4,43	0,85	1,23	22,44	1,31	2,55
moy été	6,06	0,80	0,56	30,10	3,12	2,74
moy automne	0,99	1,12	0,56	2,28	4,17	1,66

Métaux lourds	Arsenic			Cadmium			Nickel		
	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E
Points de mesure									
nb de mesures	36	36	34	36	36	34	36	36	34
%mesures <>LD	0%	3%	12%	6%	8%	6%	64%	81%	79%
maximum (ng/m ³)	0,07	0,87	2,19	1,97	1,75	1,83	133,64	73,59	123,58
moyenne (ng/m ³)	0,07	0,10	0,26	0,14	0,13	0,13	14,17	14,15	15,04
coef. de var. (%)	0	138	204	327	272	315	215	124	185
moy hiver	0,07	0,17	0,85	0,03	0,24	0,25	48,39	24,93	42,00
moy printemps	0,07	0,07	0,07	0,46	0,13	0,23	6,97	8,59	11,89
moy été	0,07	0,07	0,07	0,03	0,03	0,03	4,27	19,72	3,69
moy automne	0,07	0,07	0,07	0,03	0,13	0,03	2,21	5,53	4,41
	Plomb			Manganèse			Vanadium		
Points de mesure	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E
nb de mesures	36	36	34	36	36	34	36	36	34
%mesures <>LD	78%	86%	79%	89%	94%	94%	36%	47%	59%
maximum (ng/m ³)	72,82	63,64	100,92	106,80	56,77	58,33	16,02	8,76	7,83
moyenne (ng/m ³)	10,62	16,77	13,50	13,90	13,25	14,15	2,10	2,16	2,50
coef. de var. (%)	139	109	153	139	76	77	163	118	98
moy hiver	7,10	15,25	13,70	10,25	19,49	24,89	0,15	0,24	0,89
moy printemps	25,79	39,39	27,10	29,15	13,25	13,03	3,98	2,06	3,15
moy été	4,24	6,10	7,44	7,44	10,50	12,12	1,70	3,18	3,29
moy automne	5,54	7,23	4,80	8,91	10,72	6,96	2,32	2,86	2,49

HAP	Acénaphthène			Anthracène			Benzo(a)anthracène			Benzo(a)pyrène		
	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E
Points de mesure												
nb de mesures	33	37	37	33	37	37	33	37	37	33	37	37
%mesures <>LD	100%	100%	100%	100%	100%	100%	79%	95%	95%	100%	100%	100%
maximum (ng/m ³)	2,27	0,82	1,22	7,74	3,39	4,52	4,85	2,56	4,24	5,79	3,35	4,61
moyenne (ng/m ³)	0,80	0,25	0,18	1,73	0,52	0,61	0,50	0,32	0,46	0,61	0,46	0,57
coef. de var. (%)	68	85	137	95	176	173	248	194	207	229	181	190
moy hiver	1,07	0,41	0,46	4,15	1,72	1,95	2,58	1,07	1,54	3,00	1,47	1,87
moy printemps	0,90	0,19	0,10	1,12	0,08	0,12	0,08	0,06	0,08	0,15	0,13	0,14
moy été	0,50	0,13	0,05	1,27	0,05	0,04	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
moy automne	0,81	0,23	0,10	1,17	0,11	0,20	0,04	0,05	0,07	0,08	0,08	0,09
	Benzo(b) fluoranthène			Benzo(g,h,i) pérylène			Benzo(k) fluoranthène			Chrysène		
Points de mesure	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E
nb de mesures	33	37	37	33	37	37	33	37	37	33	37	37
%mesures <>LD	100%	100%	100%	100%	100%	100%	97%	100%	100%	100%	100%	97%
maximum (ng/m ³)	6,89	4,19	6,24	4,76	3,60	4,59	2,86	1,69	2,36	6,54	3,48	5,30
moyenne (ng/m ³)	0,88	0,72	0,91	0,62	0,56	0,65	0,35	0,27	0,33	0,74	0,55	0,72
coef. de var. (%)	196	162	173	198	156	165	206	168	174	216	167	175
moy hiver	3,97	2,13	2,81	2,83	1,69	1,98	1,61	0,83	1,04	3,46	1,68	2,26
moy printemps	0,37	0,33	0,37	0,23	0,22	0,24	0,12	0,11	0,13	0,22	0,19	0,23
moy été	0,07	0,09	0,09	0,05	0,08	0,09	0,02	0,03	0,03	0,07	0,08	0,09
moy automne	0,15	0,16	0,17	0,12	0,15	0,16	0,05	0,05	0,06	0,10	0,12	0,14
	Dibenzo(a,h) anthracène			Fluoranthène			Fluorène			Indéno(1,2,3-cd) pyrène		
Points de mesure	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E
nb de mesure	33	37	37	33	37	37	33	37	37	33	37	37
%mesures <>LD	36%	43%	43%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
maximum (ng/m ³)	0,57	0,38	0,71	17,25	8,96	12,87	11,97	5,14	8,12	6,30	3,07	4,07
moyenne (ng/m ³)	0,03	0,04	0,06	6,74	2,09	2,42	3,08	1,11	1,21	0,65	0,50	0,59
coef. de var. (%)	299	219	242	53	108	118	90	117	149	209	158	164
moy hiver	0,10	0,09	0,18	9,53	5,02	6,05	6,72	2,71	3,37	2,96	1,49	1,78
moy printemps	0,03	0,03	0,03	6,09	1,16	1,35	2,71	0,45	0,46	0,25	0,21	0,24
moy été	0,01	0,01	0,01	7,32	0,95	0,88	1,63	0,34	0,22	0,05	0,06	0,07
moy automne	0,01	0,02	0,02	4,96	0,89	1,02	2,46	0,75	0,54	0,12	0,12	0,14
	Naphthalène			Phénanthrène			Pyrène					
Points de mesure	J	PC	E	J	PC	E	J	PC	E			
nb de mesures	33	37	37	33	37	37	33	37	37			
%mesures <>LD	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
maximum (ng/m ³)	9,59	2,95	5,96	52,30	23,61	32,44	15,18	8,82	11,79			
moyenne (ng/m ³)	1,36	0,79	0,81	21,21	5,69	6,32	2,85	1,68	2,07			
coef. de var. (%)	143	90	151	47	113	125	113	116	124			
moy hiver	3,98	1,73	2,16	28,36	14,28	16,80	8,13	4,24	5,35			
moy printemps	0,99	0,57	0,42	21,94	2,55	2,88	1,73	0,81	1,00			
moy été	0,31	0,36	0,19	17,70	1,78	1,37	1,87	0,62	0,66			
moy automne	1,02	0,41	0,33	19,24	3,18	3,06	1,45	0,75	0,90			

3. Zone de Roussillon (points de mesure : Roussillon cité RC, Roussillon fixe RF)

COV chlorés	Chlorométhane		Dichlorométhane		Trichlorométhane		Tétrachlorométhane	
	RC	RF	RC	RF	RC	RF	RC	RF
Points de mesure								
nb de mesures	35	35	35	35	35	35	35	35
%mesures <>LD	100%	100%	100%	100%	94%	97%	100%	100%
maximum (µg/m ³)	48,82	68,97	24,53	118,17	2,99	3,44	2,37	3,95
moyenne (µg/m ³)	4,34	4,13	10,02	24,35	0,49	0,50	1,20	1,33
coef. de var. (%)	204	277	67	113	133	143	40	56
moy printemps	11,76	11,64	9,06	27,54	0,14	0,13	0,78	0,87
moy été	2,10	1,37	9,83	33,84	0,53	0,29	1,47	1,35
moy automne	1,22	0,94	8,89	6,64	1,14	1,27	1,49	1,65
moy hiver	2,04	2,21	12,27	27,39	0,16	0,40	1,08	1,50
	Chloroéthane		1,2-Dichloroéthane		1,1,1-Trichloroéthane		1,1,2-Trichloroéthane	
Points de mesure	RC	RF	RC	RF	RC	RF	RC	RF
nb de mesures	35	35	35	35	35	35	35	35
%mesures <>LD	14%	17%	60%	51%	83%	89%	17%	17%
maximum (µg/m ³)	6,35	5,38	0,50	0,59	1,93	0,94	0,69	2,09
moyenne (µg/m ³)	0,50	0,49	0,14	0,13	0,30	0,27	0,12	0,22
coef. de var. (%)	303	271	108	120	131	77	193	224
moy printemps	0,01	0,01	0,03	0,04	0,09	0,10	0,42	0,79
moy été	1,92	1,76	0,11	0,10	0,57	0,30	0,02	0,02
moy automne	0,23	0,17	0,26	0,23	0,47	0,43	0,02	0,02
moy hiver	0,01	0,01	0,15	0,15	0,11	0,26	0,02	0,02
	1,1,2,2-Tétrachloroéthane		Chloroéthylène		1,1-Dichloroéthylène		1,2-Dichloroéthylène	
Points de mesure	RC	RF	RC	RF	RC	RF	RC	RF
nb de mesures	35	35	35	35	35	35	35	35
%mesures <>LD	6%	0%	3%	6%	0%	0%	6%	9%
maximum (µg/m ³)	0,63	0,01	0,17	0,77	0,01	0,01	2,36	0,37
moyenne (µg/m ³)	0,04	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,11	0,04
coef. de var. (%)	311	0	243	397	0	0	384	195
moy printemps	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
moy été	0,13	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,41	0,10
moy automne	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
moy hiver	0,01	0,01	0,02	0,11	0,01	0,01	0,02	0,02
	Trichloroéthylène		Tétrachloroéthylène		Chlorobenzène		1,4-Dichlorobenzène	
Points de mesure	RC	RF	RC	RF	RC	RF	RC	RF
nb de mesures	35	35	35	35	35	35	35	35
%mesures <>LD	94%	100%	100%	100%	26%	23%	20%	17%
maximum (µg/m ³)	1,86	5,84	12,25	2,13	0,24	0,11	0,10	0,09
moyenne (µg/m ³)	0,32	0,69	1,00	0,62	0,03	0,02	0,02	0,02
coef. de var. (%)	102	143	205	72	174	149	147	157
moy printemps	0,18	0,25	0,34	0,54	0,01	0,01	0,01	0,01
moy été	0,44	0,33	2,55	0,51	0,01	0,01	0,01	0,01
moy automne	0,47	0,72	0,99	1,02	0,09	0,08	0,05	0,06
moy hiver	0,19	1,46	0,32	0,46	0,01	0,01	0,01	0,01

COV précurseurs de l'ozone	Benzène		1,3-Butadiène		Ethylbenzène	
	RC	RF	RC	RF	RC	RF
Points de mesure						
nb de mesures	35	35	35	35	35	35
%mesures <>LD	100%	100%	71%	74%	100%	100%
maximum (µg/m ³)	4,90	19,06	1,49	1,19	1,47	16,95
moyenne (µg/m ³)	1,58	2,10	0,17	0,22	0,50	1,37
coef. de var. (%)	67	153	192	133	71	206
moy printemps	1,10	1,43	0,01	0,01	0,29	0,32
moy été	1,29	0,99	0,40	0,56	0,38	0,68
moy automne	2,61	2,27	0,09	0,09	0,69	1,38
moy hiver	1,29	3,72	0,19	0,22	0,61	3,12

	m+p-Xylène		o-Xylène		Toluène	
	RC	RF	RC	RF	RC	RF
Points de mesure						
nb de mesures	35	35	35	35	35	35
%mesures <>LD	100%	100%	100%	100%	100%	100%
maximum (µg/m ³)	4,30	45,54	1,79	19,08	9,92	87,04
moyenne (µg/m ³)	1,49	3,96	0,49	1,69	2,81	6,08
coef. de var. (%)	66	193	72	191	77	241
moy printemps	0,51	1,26	0,16	0,47	0,70	1,39
moy été	1,54	1,91	0,59	1,01	1,96	1,97
moy automne	1,75	3,68	0,55	1,44	4,28	5,55
moy hiver	2,16	8,95	0,67	3,84	4,20	15,34

Aldéhydes	Acétaldéhyde		Formaldéhyde	
	RC	RF	RC	RF
Points de mesure				
nb de mesures	33	32	36	35
%mesures <>LD	100%	100%	100%	100%
maximum (µg/m ³)	2,63	8,79	7,13	36,50
moyenne (µg/m ³)	1,16	2,04	2,38	8,84
coef. de var. (%)	59	84	58	106
moy printemps	0,75	0,71	1,95	2,09
moy été	0,97	0,99	3,50	4,38
moy automne	2,14	2,26	2,19	9,39
moy hiver	0,65	3,97	1,52	20,28

Métaux lourds	Arsenic		Cadmium		Nickel	
	RC	RF	RC	RF	RC	RF
Points de mesure						
nb de mesures	36	34	36	34	36	34
%mesures <>LD	8%	3%	0%	6%	33%	18%
maximum (ng/m ³)	3,56	1,49	0,03	0,03	13,89	14,15
moyenne (ng/m ³)	0,25	0,12	0,03	0,03	2,68	1,54
coef. de var. (%)	263	209	0	0	141	215
moy printemps	0,07	0,07	0,03	0,03	1,95	2,61
moy été	0,07	0,07	0,03	0,03	1,97	2,59
moy automne	0,07	0,07	0,03	0,03	2,77	0,30
moy hiver	0,79	0,23	0,03	0,03	4,02	0,91
	Plomb		Manganèse		Vanadium	
	RC	RF	RC	RF	RC	RF
Points de mesure						
nb de mesures	36	34	28	28	28	28
%mesures <>LD	75%	76%	64%	68%	14%	4%
maximum (ng/m ³)	18,52	19,05	9,30	9,57	4,63	3,02
moyenne (ng/m ³)	7,19	7,28	4,07	4,69	0,58	0,25
coef. de var. (%)	75	71	81	74	195	216
moy printemps	7,00	3,33				
moy été	5,34	5,90	5,00	4,50	0,60	0,15
moy automne	8,28	10,72	3,15	4,31	0,15	0,15
moy hiver	8,31	8,00	3,96	5,28	0,98	0,47

HAP	Acénaphthène		Anthracène		Benzo(a)anthracène		Benzo(a)pyrène	
	RC	RF	RC	RF	RC	RF	RC	RF
Points de mesure	RC	RF	RC	RF	RC	RF	RC	RF
nb de mesures	33	34	33	34	33	34	33	34
%mesures <>LD	100%	100%	100%	100%	97%	100%	100%	100%
maximum (ng/m ³)	0,65	0,81	2,42	2,09	2,18	4,68	2,68	5,24
moyenne (ng/m ³)	0,18	0,29	0,47	0,52	0,31	0,61	0,39	0,69
coef. de var. (%)	92	74	146	120	172	204	169	197
moy printemps	0,07	0,12	0,05	0,10	0,04	0,04	0,06	0,06
moy été	0,12	0,31	0,04	0,16	0,03	0,03	0,04	0,03
moy automne	0,13	0,26	0,20	0,32	0,10	0,15	0,13	0,19
moy hiver	0,36	0,43	1,43	1,39	0,99	2,10	1,23	2,35
	Benzo(b)fluoranthène		Benzo(g,h,i)pérylène		Benzo(k)fluoranthène		Chrysène	
Points de mesure	RC	RF	RC	RF	RC	RF	RC	RF
nb de mesures	33	34	33	34	33	34	33	34
%mesures <>LD	100%	100%	100%	100%	97%	97%	100%	100%
maximum (ng/m ³)	3,64	7,65	2,77	4,35	1,51	3,06	2,79	5,81
moyenne (ng/m ³)	0,63	1,12	0,47	0,74	0,25	0,44	0,55	0,91
coef. de var. (%)	153	190	146	169	159	195	142	180
moy printemps	0,13	0,14	0,10	0,11	0,04	0,05	0,12	0,13
moy été	0,09	0,09	0,07	0,07	0,03	0,03	0,08	0,09
moy automne	0,27	0,35	0,22	0,32	0,09	0,12	0,23	0,30
moy hiver	1,86	3,69	1,34	2,30	0,76	1,48	1,62	2,95
	Dibenzo(a,h)anthracène		Fluoranthène		Fluorène		Indéno(1,2,3-cd)pyrène	
Points de mesure	RC	RF	RC	RF	RC	RF	RC	RF
nb de mesures	33	34	33	34	33	34	33	34
%mesures <>LD	45%	44%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
maximum (ng/m ³)	0,45	0,68	7,21	8,71	5,33	5,65	2,95	6,23
moyenne (ng/m ³)	0,06	0,10	2,41	3,05	1,06	1,37	0,47	0,82
coef. de var. (%)	199	194	86	75	127	98	157	196
moy printemps	0,01	0,01	0,85	1,09	0,25	0,43	0,10	0,09
moy été	0,01	0,01	1,62	2,94	0,43	0,99	0,06	0,05
moy automne	0,02	0,02	1,34	1,81	0,54	0,81	0,17	0,23
moy hiver	0,18	0,35	5,39	5,94	2,77	3,02	1,44	2,74
	Naphthalène		Phénanthrène		Pyrène			
Points de mesure	RC	RF	RC	RF	RC	RF		
nb de mesures	33	34	33	34	33	34		
%mesures <>LD	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
maximum (ng/m ³)	3,02	3,82	23,47	22,15	6,15	8,29		
moyenne (ng/m ³)	0,64	0,64	6,06	7,50	1,70	2,27		
coef. de var. (%)	122	138	104	76	100	97		
moy printemps	0,31	0,24	1,49	2,34	0,53	0,73		
moy été	0,21	0,17	2,33	5,69	0,79	1,35		
moy automne	0,32	0,30	3,93	5,68	0,93	1,37		
moy hiver	1,61	1,77	15,06	15,15	4,19	5,27		

Annexe 6 : Valeurs toxicologiques de référence

1. VTR (à seuil et sans seuil) pour des expositions chroniques par inhalation

COV Chlorés	Type d'effet	Source	VTR	Unité	Année (élaboration ou révision)	
chlorométhane	systémique à seuil	EPA	0,09	mg/m ³	2001	
		ATSDR	0,1	mg/m ³	1998	
dichlorométhane = chlorure de méthylène	systémique à seuil	ATSDR	1,1	mg/m ³	2000	
		OMS	3	mg/m ³	2000	
		RIVM	3	mg/m ³	2001	
	cancérogène sans seuil	OEHHA	0,4	mg/m ³	2003	
		INERIS (issu de Santé Canada)	2,30E-08	(µg.m ³) ⁻¹	2006	
		EPA	4,70E-07	(µg.m ³) ⁻¹	1995	
OEHHA	1,00E-06	(µg.m ³) ⁻¹	2002			
trichlorométhane = chloroforme	systémique à seuil	ATSDR	0,098	mg/m ³	1998	
		RIVM	0,1	mg/m ³	2001	
		OEHHA	0,3	mg/m ³	2002	
	cancérogène à seuil	INERIS	0,063	mg/m ³	2006	
		cancérogène sans seuil	EPA	2,30E-05	(µg.m ³) ⁻¹	2001
			OEHHA	5,30E-06	(µg.m ³) ⁻¹	2002
tétrachlorométhane = tétrachlorure de carbone	systémique à seuil	ATSDR	0,2	mg/m ³	2005	
		RIVM	0,06	mg/m ³	2001	
		OEHHA	0,04	mg/m ³	2003	
	cancérogène à seuil	INERIS	0,027	mg/m ³	2006	
		cancérogène sans seuil	EPA	1,50E-05	(µg.m ³) ⁻¹	1991
			OEHHA	4,20E-05	(µg.m ³) ⁻¹	2002
chloroéthane	systémique à seuil	EPA	10	mg/m ³	1991	
		OEHHA	30	mg/m ³		
1,2-dichloroéthane	systémique à seuil	ATSDR	3	mg/m ³	2001	
		OEHHA	0,4	mg/m ³	2003	
	cancérogène sans seuil	INERIS	7,46E-07	(µg.m ³) ⁻¹	2006	
		EPA	2,60E-05	(µg.m ³) ⁻¹	1991	
OEHHA	2,10E-05	(µg.m ³) ⁻¹	2002			
1,1,1-trichloroéthane	systémique à seuil	OEHHA	1	mg/m ³		
chloroéthylène = chlorure de vinyle monomère	systémique à seuil	EPA	0,1	mg/m ³	2000	
		cancérogène sans seuil	EPA vie adulte	4,40E-06	(µg.m ³) ⁻¹	2000
	EPA vie entière		8,80E-06	(µg.m ³) ⁻¹	2000	
	OMS		1,00E-06	(µg.m ³) ⁻¹	2000	
	OEHHA	7,80E-05	(µg.m ³) ⁻¹	2002		
trichloroéthylène	systémique à seuil	OEHHA	0,6	mg/m ³	2003	
		cancérogène sans seuil	OMS	4,30E-07	(µg.m ³) ⁻¹	2000
	OEHHA		2,00E-06	(µg.m ³) ⁻¹	2002	

COV Chlorés	Type d'effet	Source	VTR	Unité	Année (élaboration ou révision)
tétrachloroéthylène	systémique à seuil	ATSDR	0,28	mg/m ³	1997
		OMS	0,25	mg/m ³	2000
	santé Canada	0,36	mg/m ³	1992	
	RIVM	0,25	mg/m ³	2001	
	cancérigène sans seuil	OEHHA	5,90E-06	(µg.m ³) ⁻¹	2002
chlorobenzène	systémique à seuil	santé Canada (provisoire)	0,01	mg/m ³	1991
		RIVM (provisoire)	0,5	mg/m ³	2001
		OEHHA	1	mg/m ³	2003

COV précurseurs de l'ozone	Type d'effet	Source	VTR	Unité	Année (élaboration ou révision)
1,3-Butadiène	systémique à seuil	EPA	0,002	mg/m ³	2002
		OEHHA	0,02	mg/m ³	2001
	cancérigène sans seuil	EPA	3,00E-05	(µg/m ³) ⁻¹	2002
		OEHHA	1,70E-04	(µg/m ³) ⁻¹	2002
Benzène	systémique à seuil	ATSDR	0,01	mg/m ³	2007
		EPA	0,03	mg/m ³	2003
		OEHHA	0,06	mg/m ³	2003
	cancérigène sans seuil	EPA	2,2 à 7,8E-6	(µg/m ³) ⁻¹	1998
		OMS	6,00E-06	(µg/m ³) ⁻¹	2000
		OEHHA	2,90E-05	(µg/m ³) ⁻¹	2002
Toluène	systémique à seuil	EPA	5	mg/m ³	2005
		ATSDR	0,3	mg/m ³	2000
		OMS	0,26	mg/m ³	2000
		santé Canada	3,75	mg/m ³	1991
		RIVM	0,4	mg/m ³	2001
		OEHHA	0,3	mg/m ³	2003
Ethylbenzène	systémique à seuil	EPA	1	mg/m ³	1991
		RIVM	0,77	mg/m ³	2000
Xylènes totaux	systémique à seuil	ATSDR	0,22	mg/m ³	2007
		santé Canada	0,18	mg/m ³	1991
		RIVM	0,87	mg/m ³	2001
m-xylène		EPA	0,1	mg/m ³	2003

Aldéhydes	Type d'effet	Source	VTR	Unité	Année (élaboration ou révision)
Formaldéhyde	systémique à seuil	ATSDR	0,01	mg/m ³	1999
		OEHHA	0,003	mg/m ³	2003
		AFSSET	0,01	mg/m ³	2007
	cancérigène sans seuil	EPA	1,30E-05	(µg/m ³) ⁻¹	1991
		OEHHA	6,00E-06	(µg/m ³) ⁻¹	2002
Acétaldéhyde	systémique à seuil	EPA	9,00E-03	mg/m ³	1991
		Santé Canada	3,90E-01	mg/m ³	1998
	cancérigène sans seuil	EPA	2,20E-06	(µg/m ³) ⁻¹	1991
		OEHHA	2,70E-06	(µg/m ³) ⁻¹	2002

Métaux	Type d'effet	Source	VTR	Unité	Année (élaboration ou révision)	
Nickel	systémique à seuil	ATSDR	0,09	µg/m ³	2005	
		RIVM	0,05	µg/m ³	2001	
		EPA	2,40E-04	(µg/m ³) ⁻¹	1991	
	cancérigène sans seuil	(pour poussières de raffinerie de nickel)	EPA	4,80E-04	(µg/m ³) ⁻¹	1991
		(pour sous sulfure de nickel)	OEHHA	2,60E-04	(µg/m ³) ⁻¹	2002
			OMS	3,80E-04	(µg/m ³) ⁻¹	2000
Plomb	systémique à seuil	OMS	0,5	µg/m ³	2000	
	cancérigène sans seuil	OEHHA	1,20E-05	(µg/m ³) ⁻¹	2002	
Manganèse	systémique à seuil	OMS	0,15	µg/m ³	2000	
		EPA	0,05	µg/m ³	1993	
		ATSDR	0,04	µg/m ³	2000	
		OEHHA	0,2	µg/m ³	2000	
Vanadium	systémique à seuil	OMS	1	µg/m ³	2000	

HAP	Type d'effet	Source	VTR	Unité	Année (élaboration ou révision)
Benzo(a)anthracène	cancérigène sans seuil	OEHHA	1,10E-04	(µg/m ³) ⁻¹	2002
Benzo(a)pyrène		OMS	8,70E-02	(µg/m ³) ⁻¹	2000
		OEHHA	1,10E-03	(µg/m ³) ⁻¹	2002
Benzo(b)fluoranthène		OEHHA	1,10E-04	(µg/m ³) ⁻¹	2002
Benzo(k)fluoranthène		OEHHA	1,10E-04	(µg/m ³) ⁻¹	2002
Chrysène		OEHHA	1,10E-05	(µg/m ³) ⁻¹	2002
Dibenzo(a,h)anthracène		OEHHA	1,20E-03	(µg/m ³) ⁻¹	2002
Fluoranthène		OEHHA	1,10E-06	(µg/m ³) ⁻¹	2002
Indéno(1,2,3-cd)pyrène		OEHHA	1,10E-04	(µg/m ³) ⁻¹	2002
Naphthalène		systémique à seuil	OEHHA	9	µg/m ³
	EPA		3	µg/m ³	1998
	ATSDR		3,5	µg/m ³	2005
	cancérigène sans seuil	OEHHA	3,40E-05	(µg/m ³) ⁻¹	2002

Annexe 7 : Toxicité des polluants

Polluants		Effets systémiques par inhalation			Effets cancérogènes : classement CIRC / EPA ⁶ (localisations cancéreuses)
		Taux d'absorption	Organes cibles		
			principal	secondaire	
COV Chlorés	chlorométhane	nd	SNC ⁷	foie, reins	3 / C
	dichlorométhane = chlorure de méthylène	70-75 %	SNC, sang		2B / B2
	trichlorométhane = chloroforme	nd	foie, reins, SNC	cavités nasales	2B / B2
	tétrachlorométhane = tétrachlorure de carbone	40%	foie, cerveau, reins	muscle, sang	2B / B2
	chloroéthane	nd	SNC		3 / ne
	1,2-dichloroéthane	important	foie, reins	SNC	2B / B2
	1,1,1-trichloroéthane	nd	SNC, système respiratoire, peau, yeux	foie	3 / D
	chloroéthylène = chlorure de vinyle monomère	30 à 40%	SNC	peau	1 / A (foie)
	trichloroéthylène	nd	SNC	reins, foie, cœur, SI, peau	2A / B2-C
	tétrachloroéthylène	nd	SNC	foie, reins	2A / B-C
chlorobenzène	38-45 %	SNC, foie	reins	nd / D	
COV précurseurs de l'ozone	1,3-Butadiène	nd	sang, tractus respiratoire, intestin, foie, reins, vessie, pancréas		1 / A (leucémies)
	Benzène	50%	système hématopoïétique	SNC, SI ⁷	1 / A (leucémies)
	Toluène	50%	SNC		3 / ne
	Ethylbenzène	49-64 %	foie, reins	système hématologique	2B / D
	Xylènes totaux	62-64%	SNC, foie, sang, poumons	peau, rate, reins	3 / D
Aldéhydes	Formaldéhyde	nd	voies aériennes supérieures	peau	1 / B1 (nasopharynx)
	Acétaldéhyde	nd	voies aériennes supérieures		2B / B2

⁶ Classement des substances selon le CIRC (1, 2A, 2B, 3 et 4) et l'EPA (A, B1, B2, C, D et E) :

1/A : agent cancérogène certain pour l'homme

3/D : agent inclassable quant à sa cancérogénicité

2A/B1-B2 : agent cancérogène probable pour l'homme

4/E : agent probablement non cancérogène pour l'homme

2B/C : agent cancérogène possible pour l'homme

ne : non évalué

⁷ SNC = système nerveux central – SI = système immunitaire

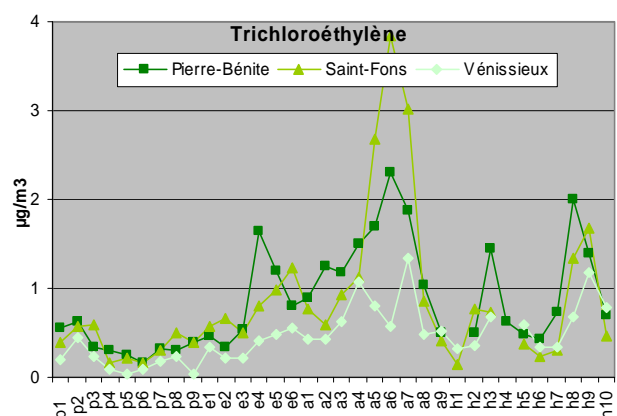
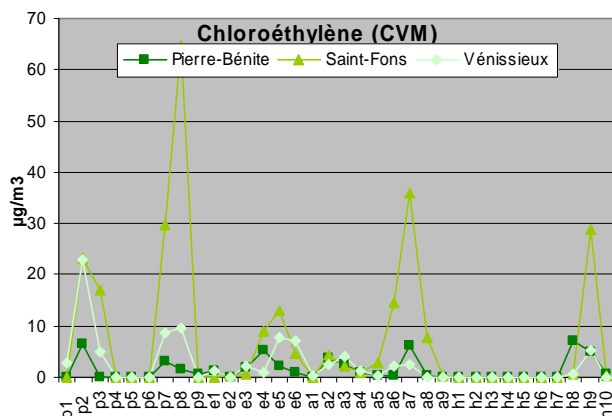
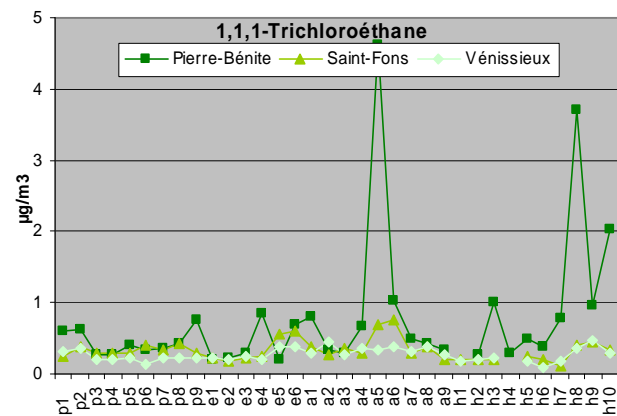
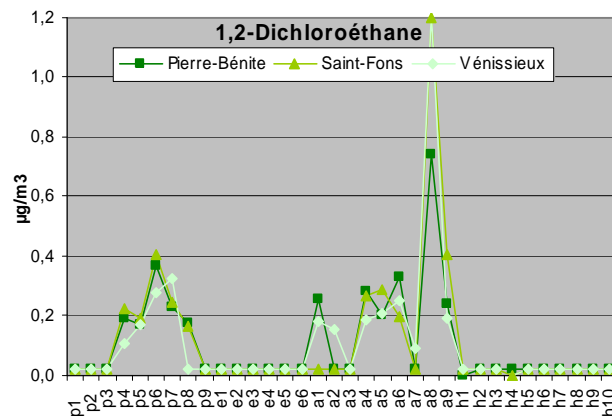
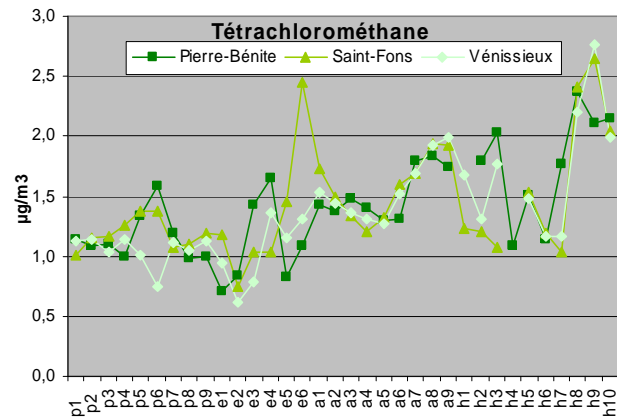
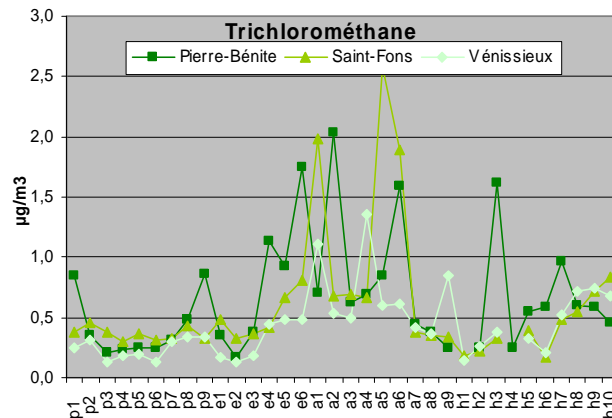
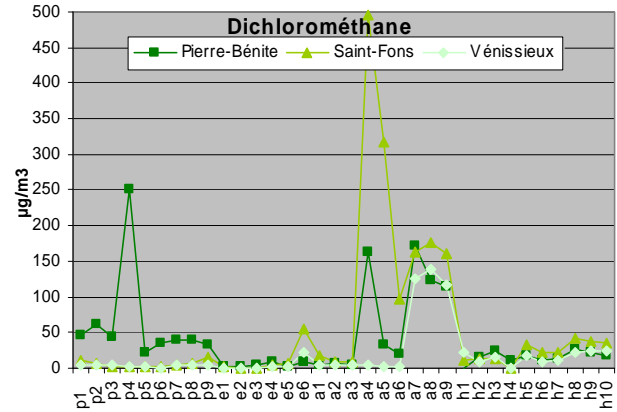
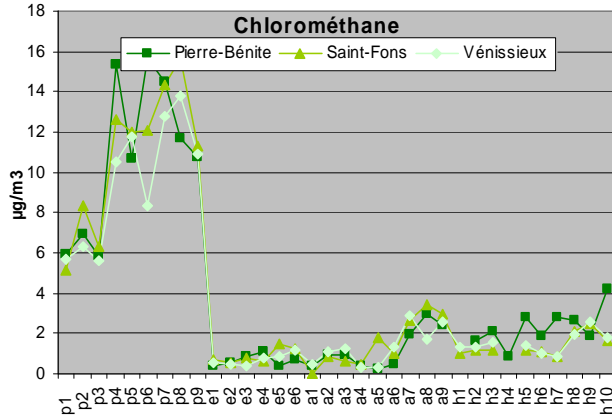
Polluants		Effets systémiques par inhalation			Effets cancérigènes : classement CIRC / EPA (localisations cancéreuses)
		Taux d'absorption	Organes cibles		
			principal	secondaire	
Métaux	Nickel	20-35%	poumon	thyroïde, surrénales, reins	1 - 2B / A - B2* (poumon, nez)
	Plomb	20-30 %	SNC	SN périphérique, système circulatoire, reins, appareil digestif, os	2B / B2
	Manganèse	nd	SNC		3 / D
	Vanadium	nd	appareil respiratoire		
HAP	Acénaphène				ne / ne
	Anthracène				3 / D
	Benzo(a)anthracène				2B / B2
	Benzo(a)pyrène				2A / B2
	Benzo(b)fluoranthène				2B / B2
	Benzo(g,h,i)pérylène				3 / D
	Benzo(k)fluoranthène				2B / B2
	Chrysène				3 / B2
	Dibenzo(a,h)anthracène				2B / B2
	Fluoranthène				3 / D
	Fluorène				
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène				2B / B2
	Naphthalène	nd	yeux, sang, système gastro- intestinal, SNC	rein, foie	2B / C
Phénanthrène				3 / D	
Pyrène				3 / D	

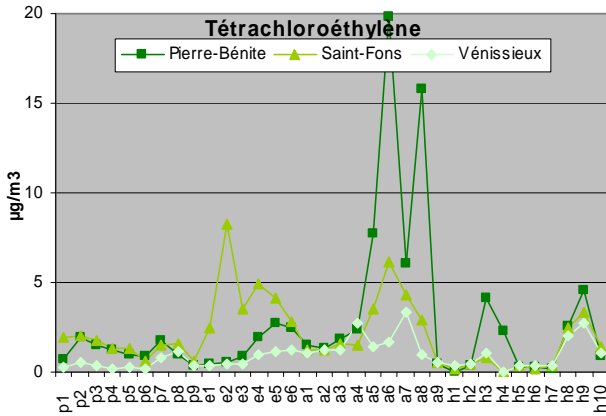
* CIRC : groupe 1 pour les composés du nickel et groupe 2B pour le nickel métallique / EPA : classe A pour le sous sulfure de nickel et les poussières de raffinerie de nickel et classe B2 pour le tétracarbonyl de nickel.

Annexe 8 : Concentrations mesurées

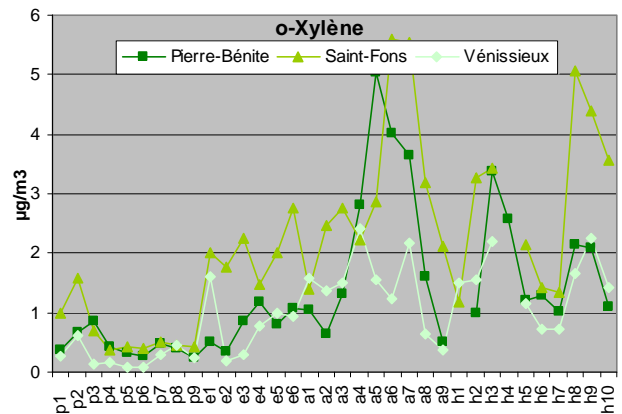
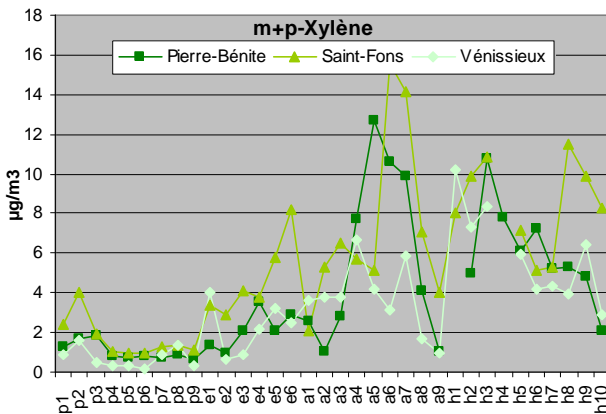
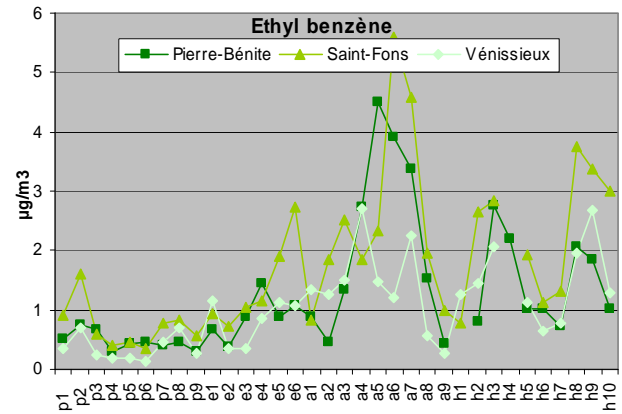
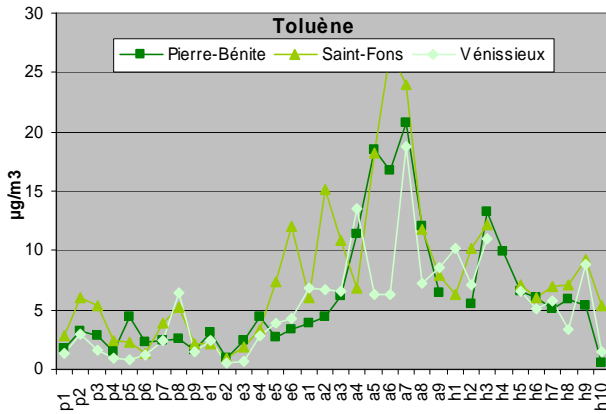
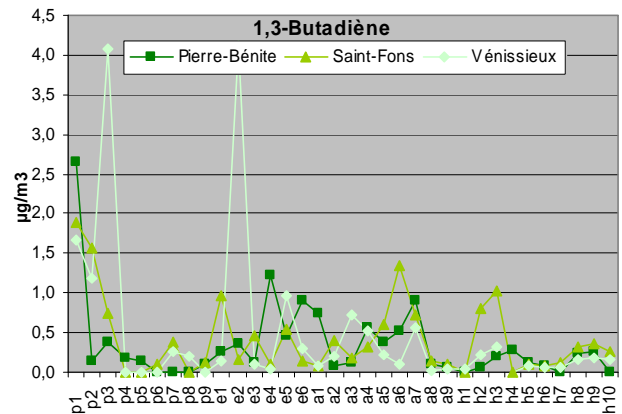
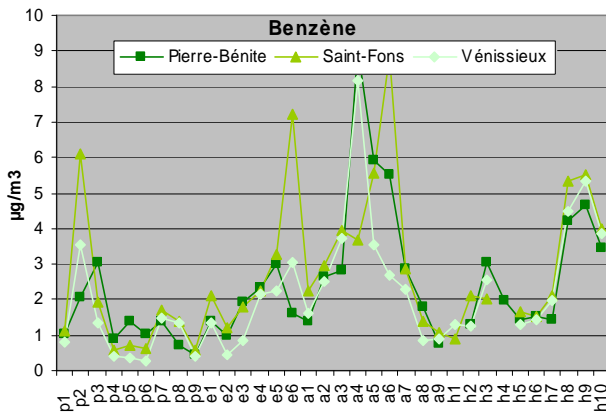
1. Zone du sud lyonnais

1.1. COV Chlorés

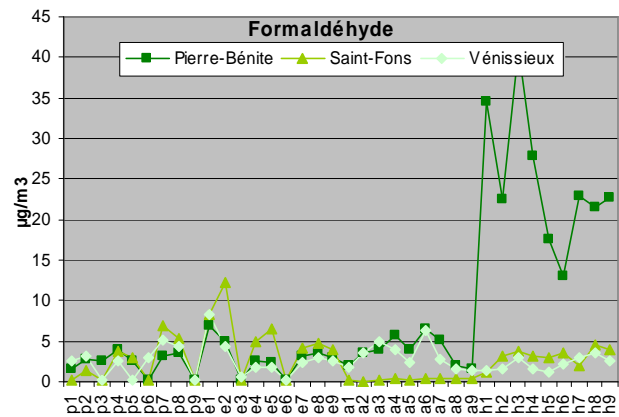
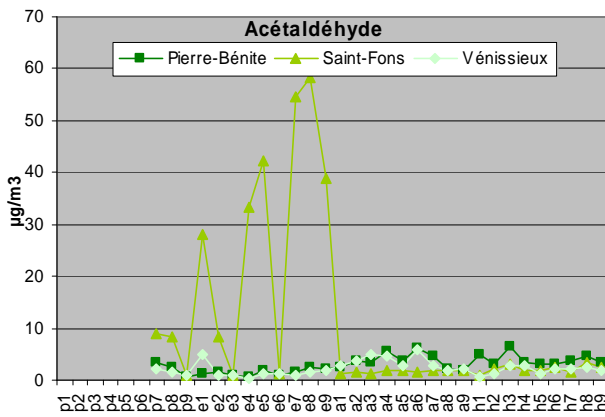




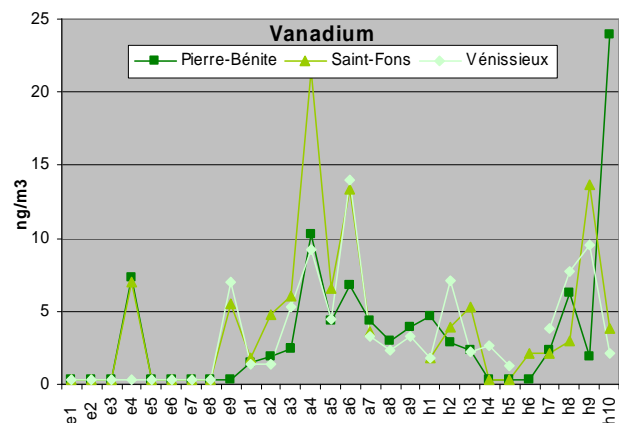
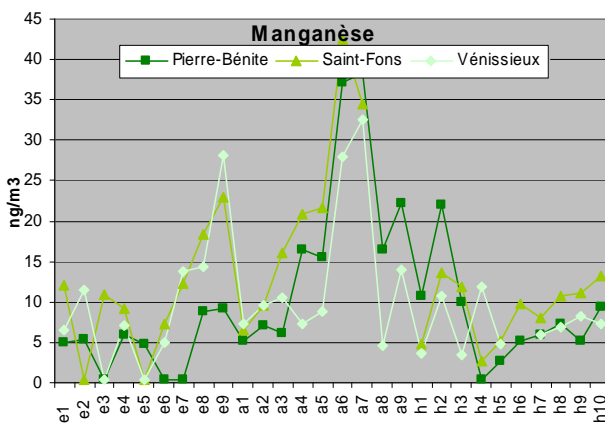
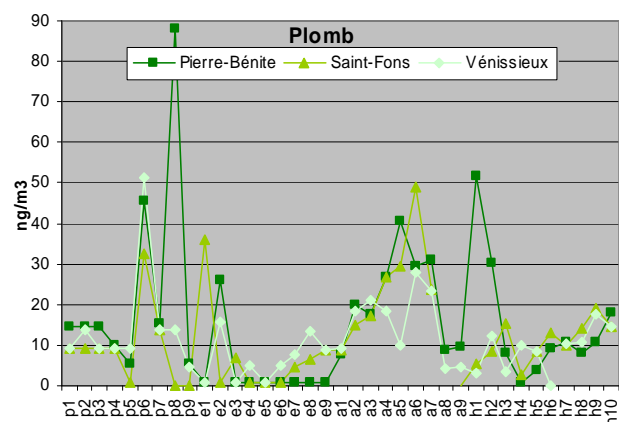
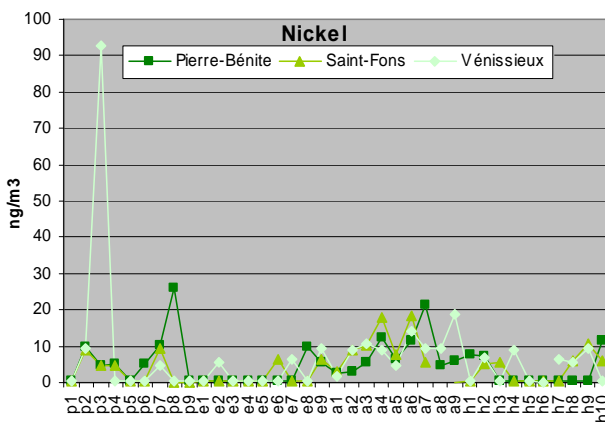
1.2. COV précurseurs de l'ozone



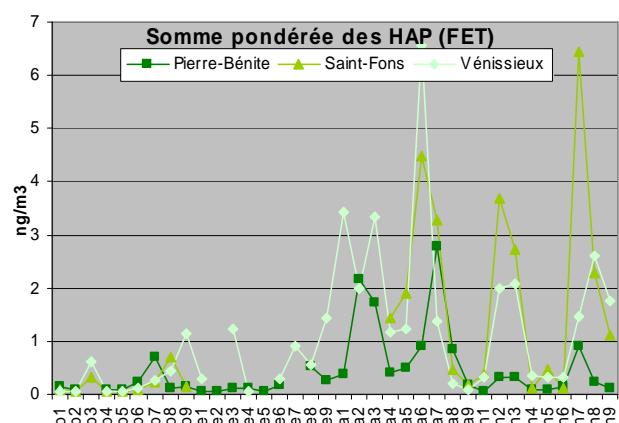
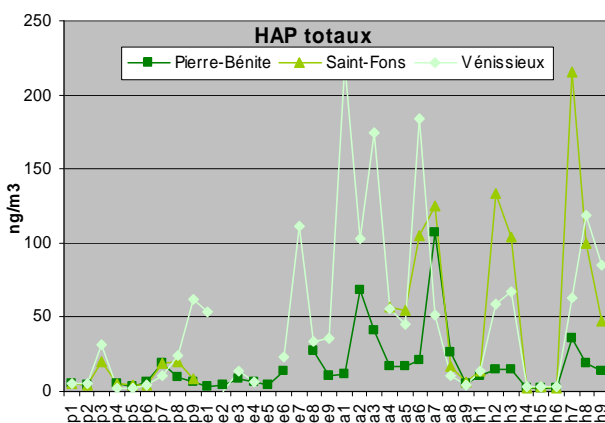
1.3. Aldéhydes



1.4. Métaux lourds

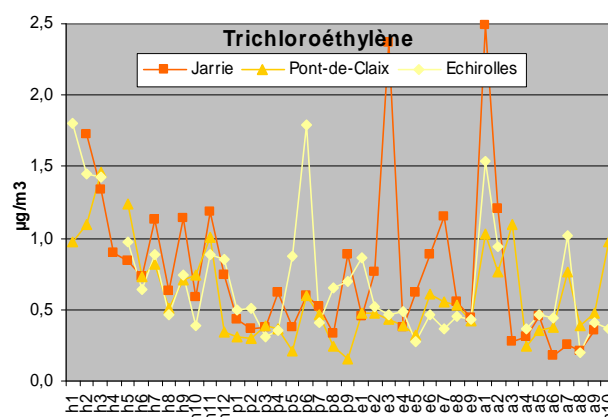
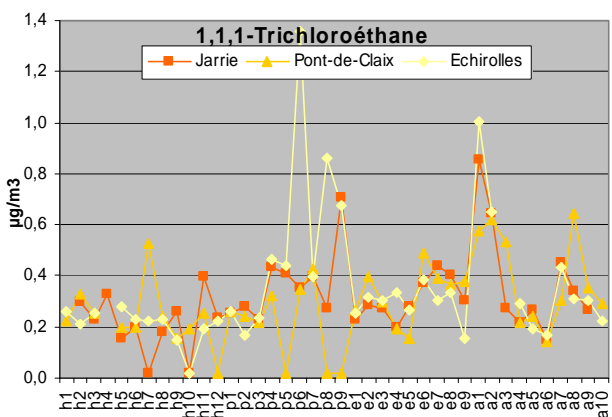
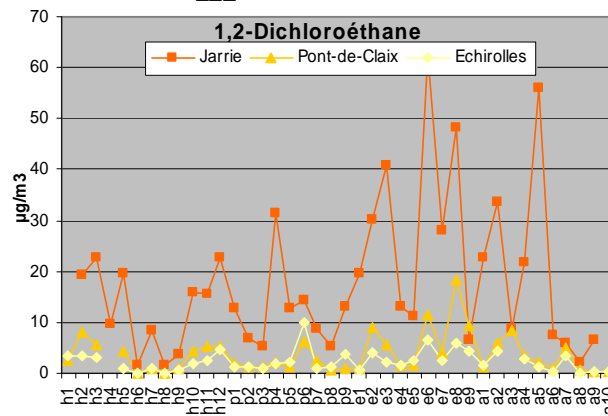
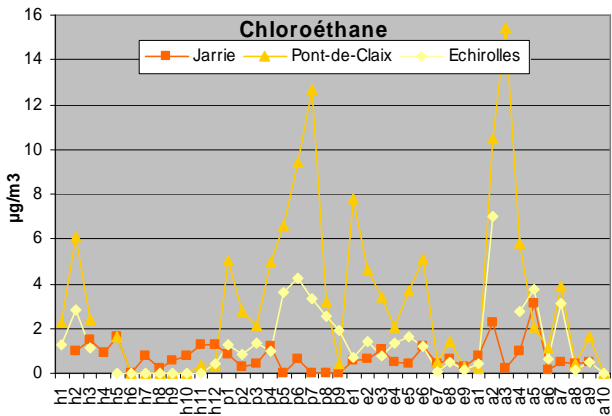
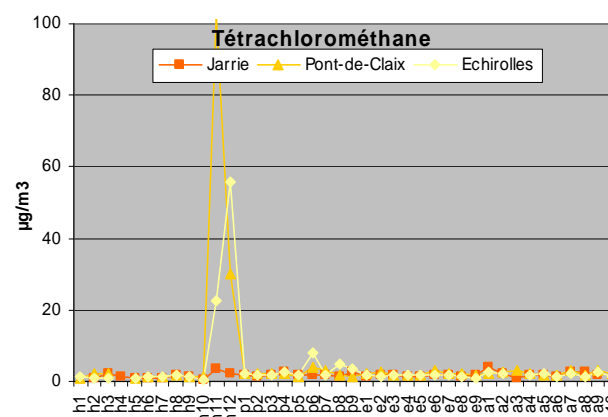
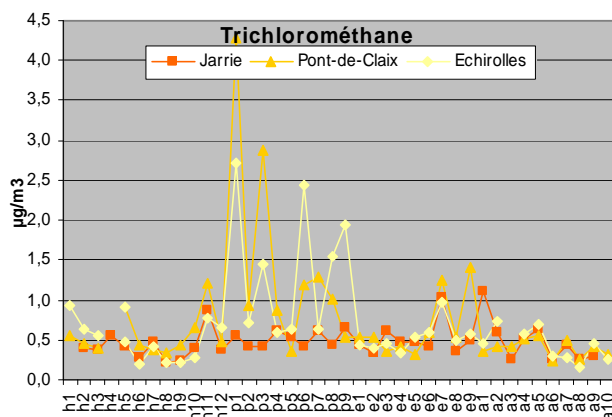
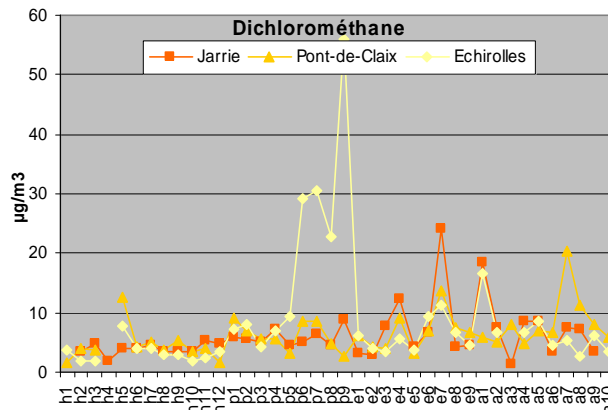
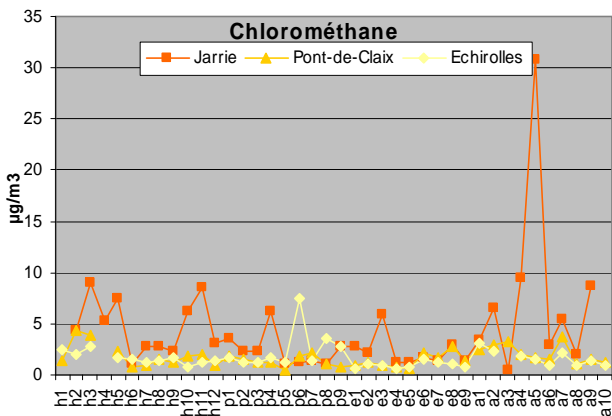


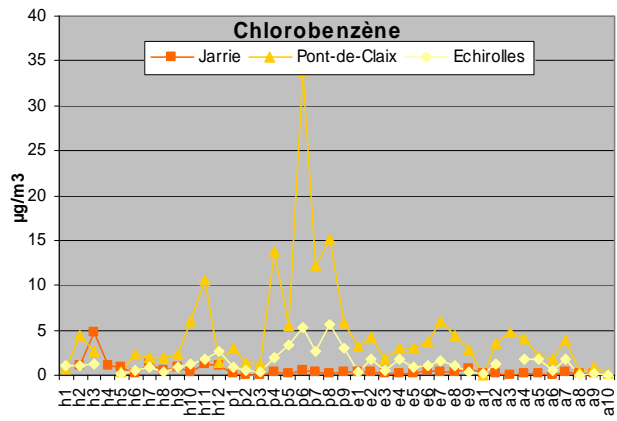
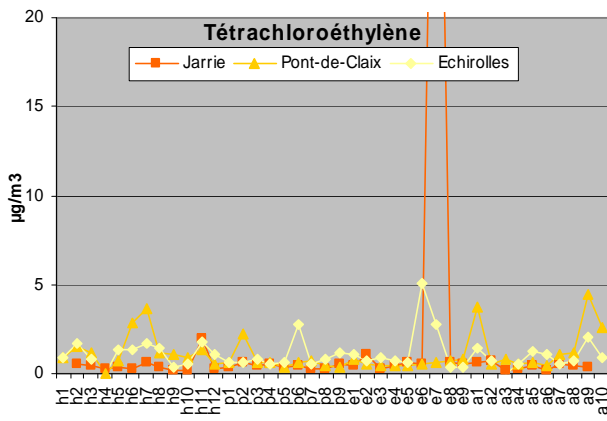
1.5. HAP



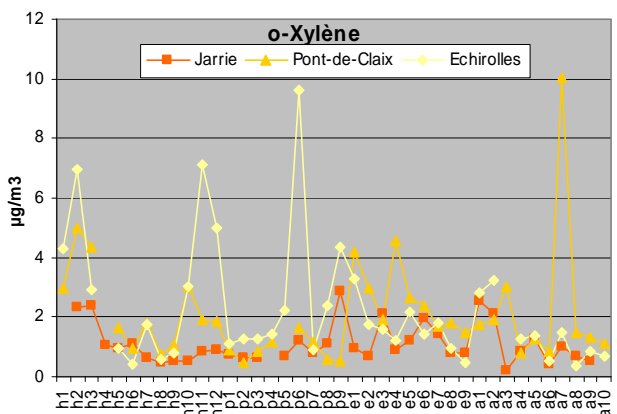
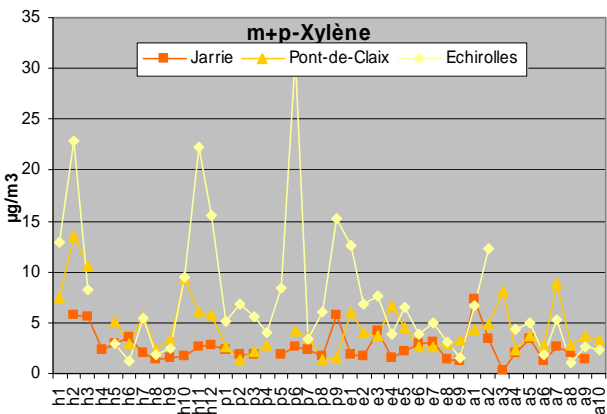
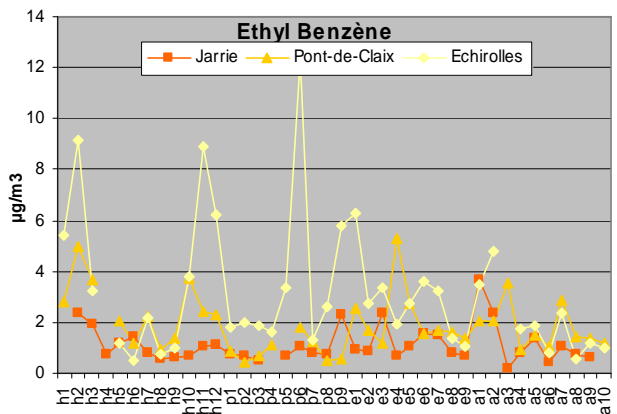
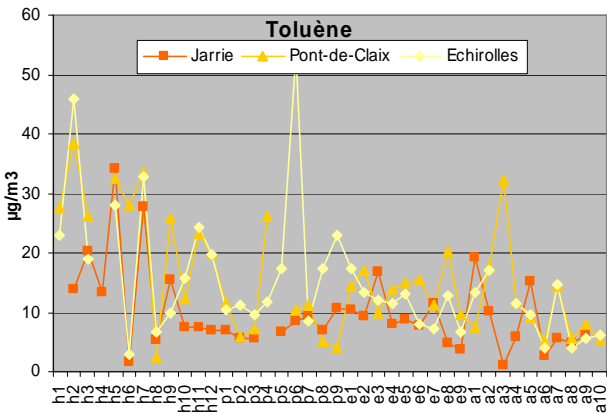
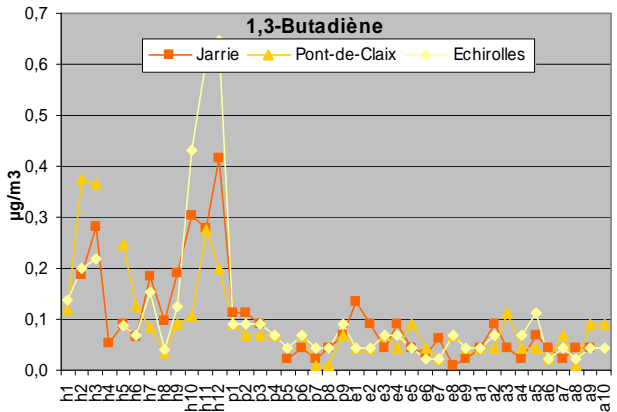
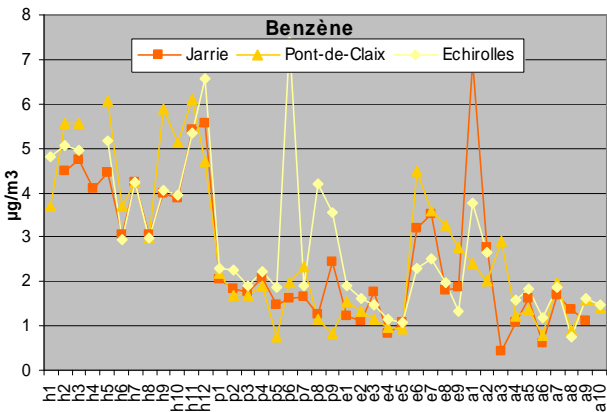
2. Zone du sud grenoblois

2.1. COV chlorés

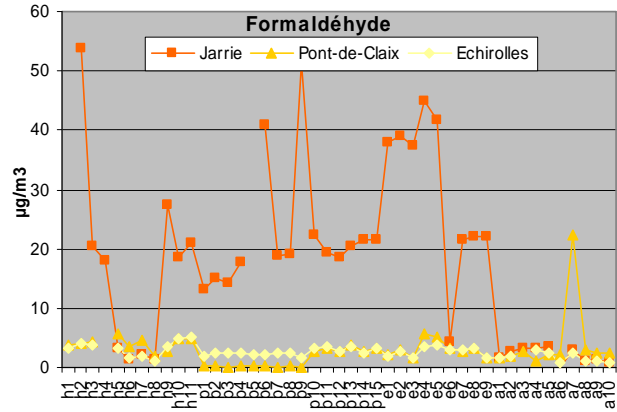
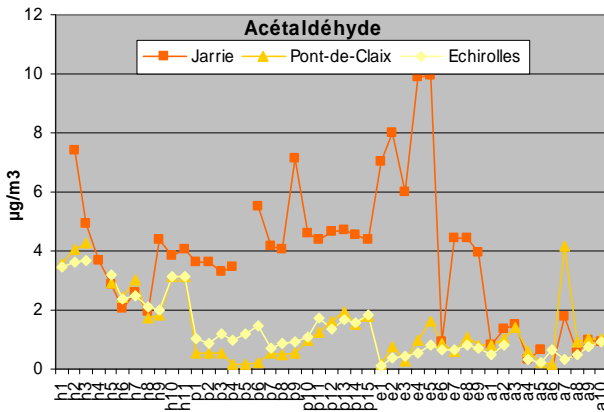




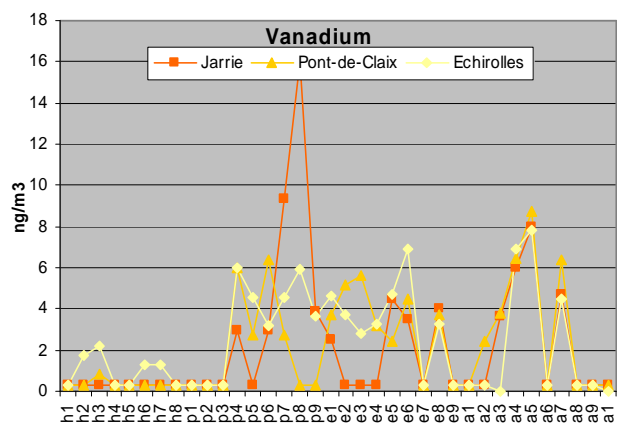
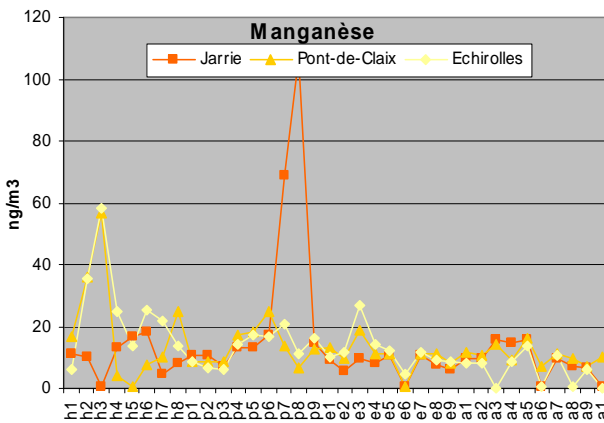
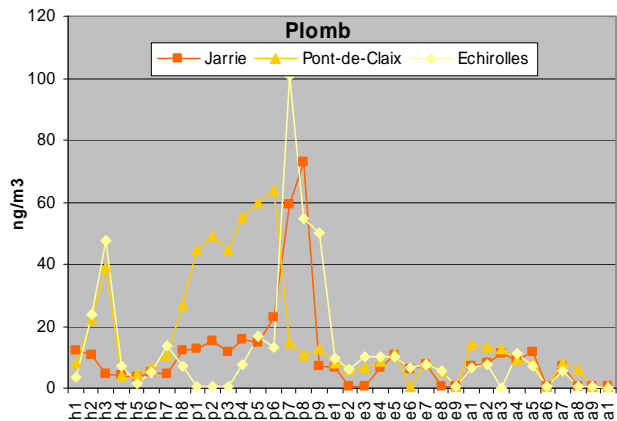
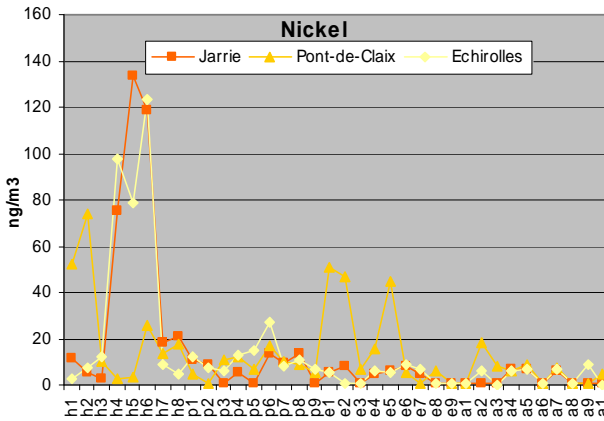
2.2. COV précurseurs de l'ozone



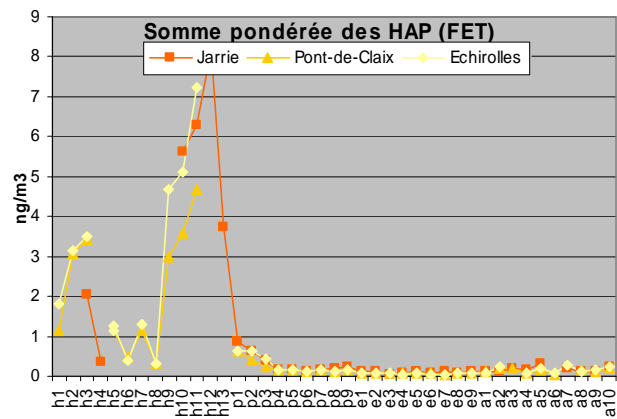
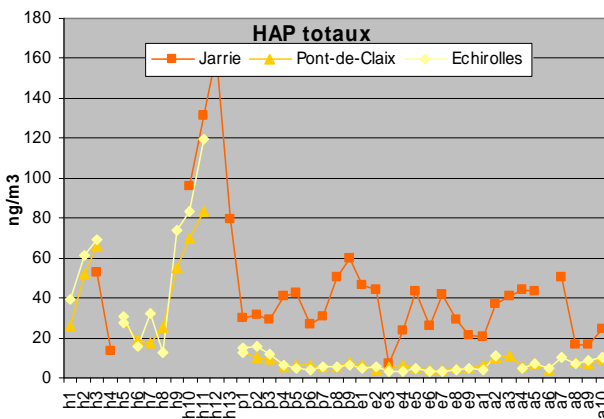
2.3. Aldéhydes



2.4. Métaux lourds

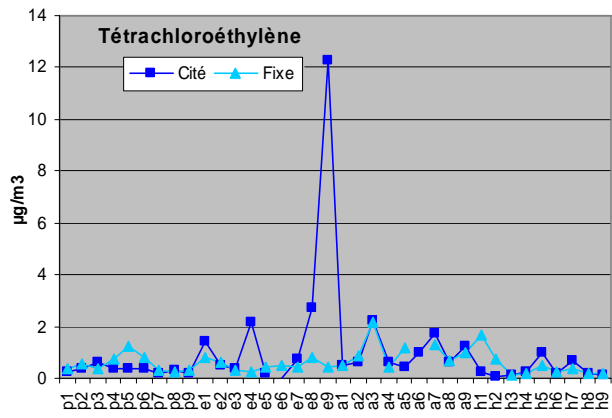
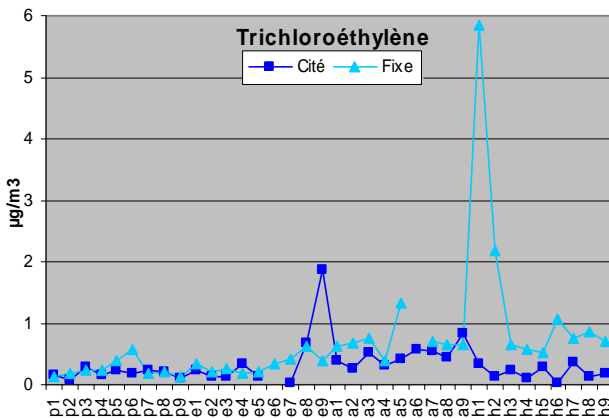
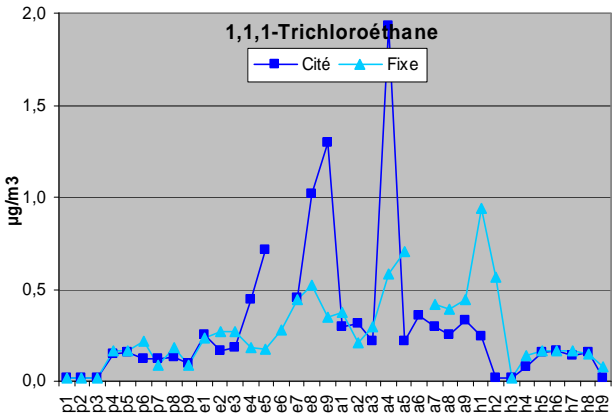
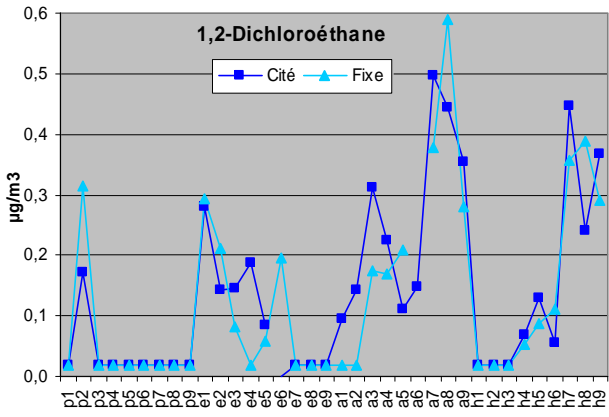
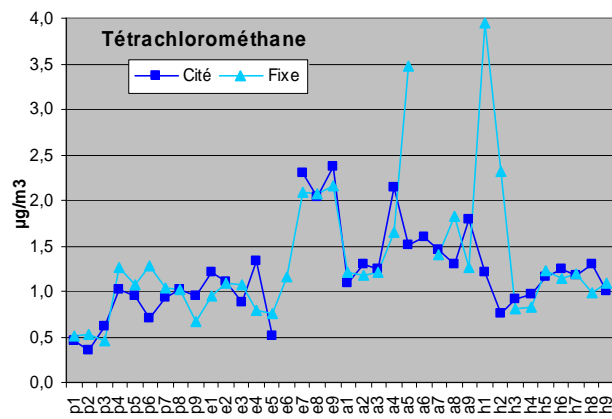
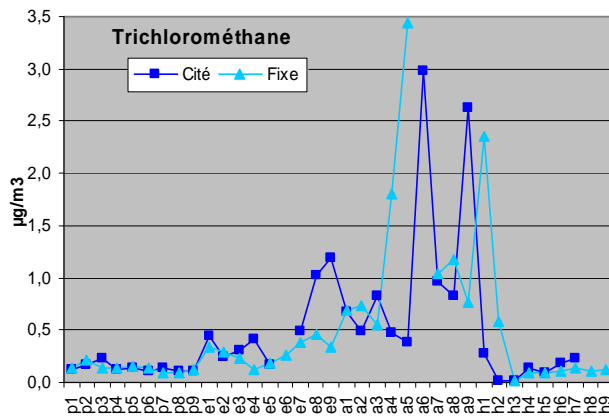
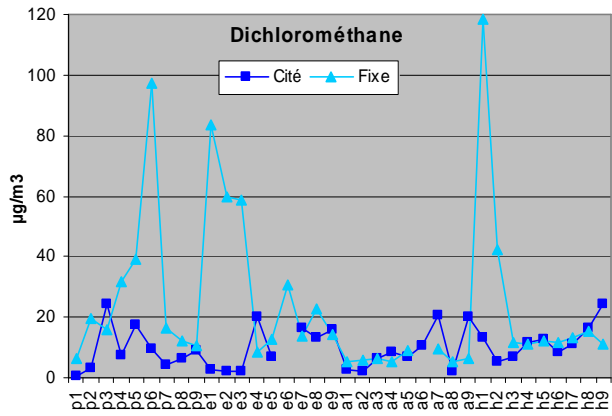
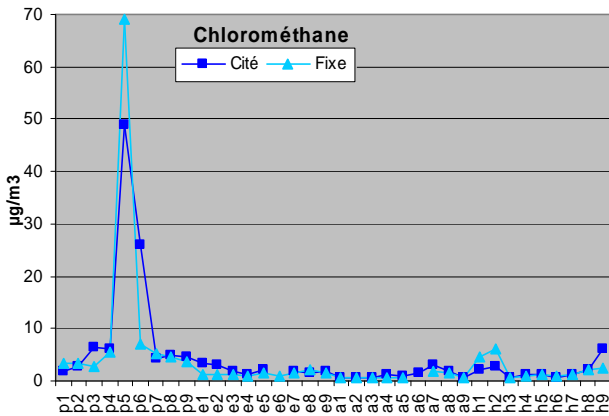


2.5. HAP

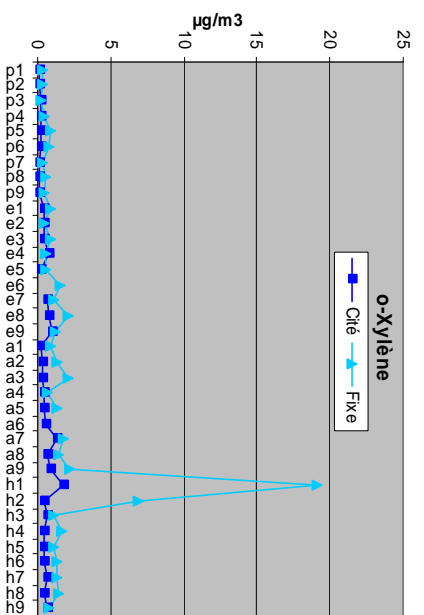
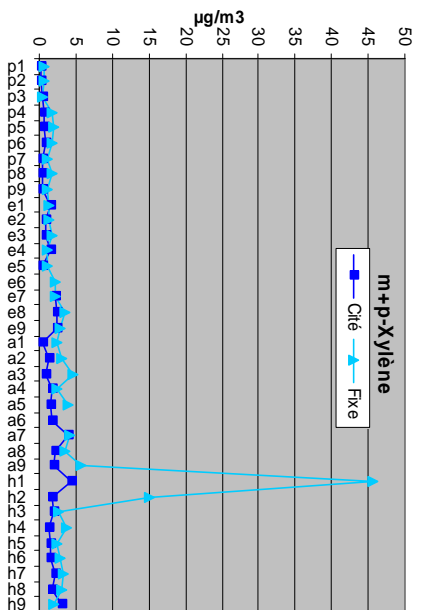
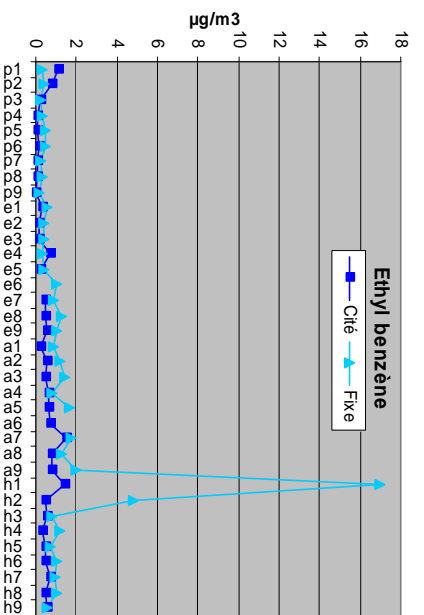
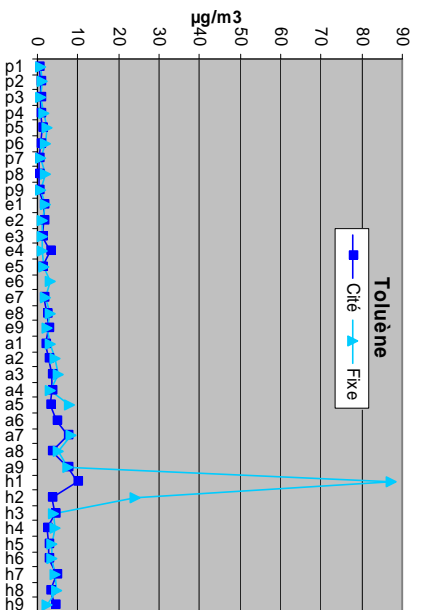
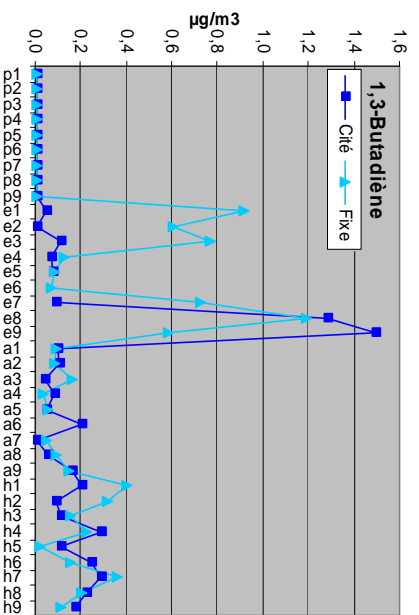
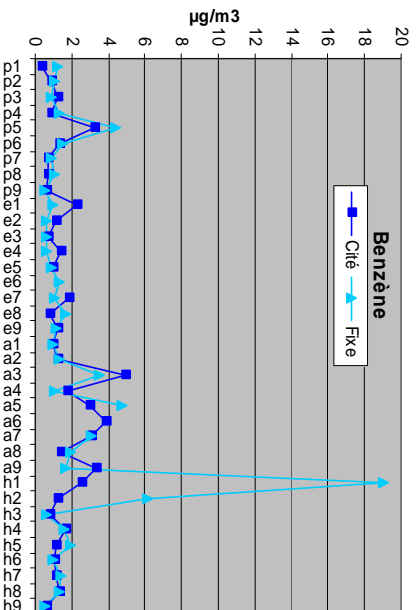


3. Zone de Roussillon

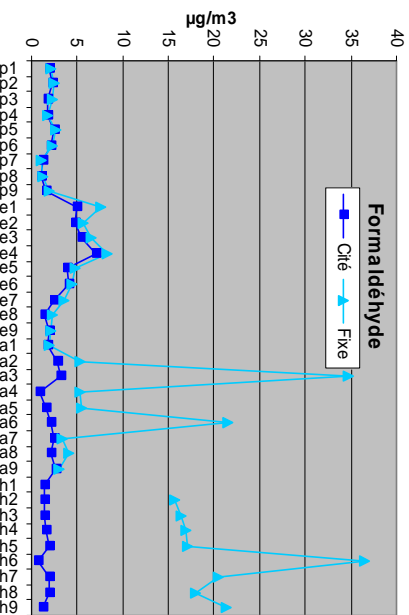
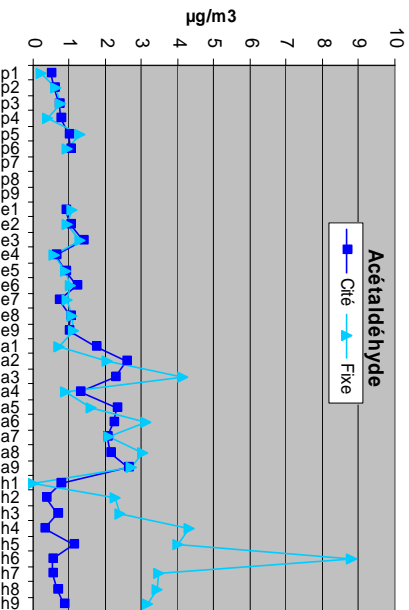
3.1. COV chlorés



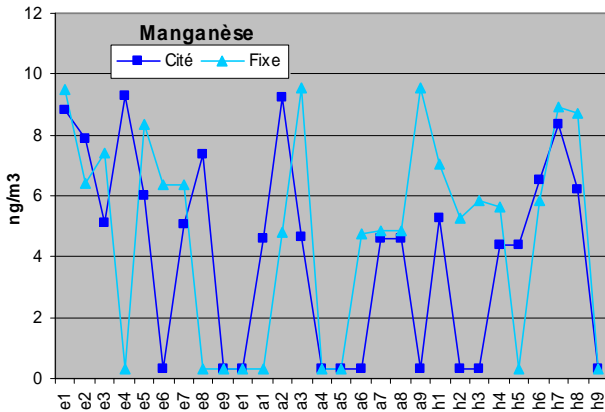
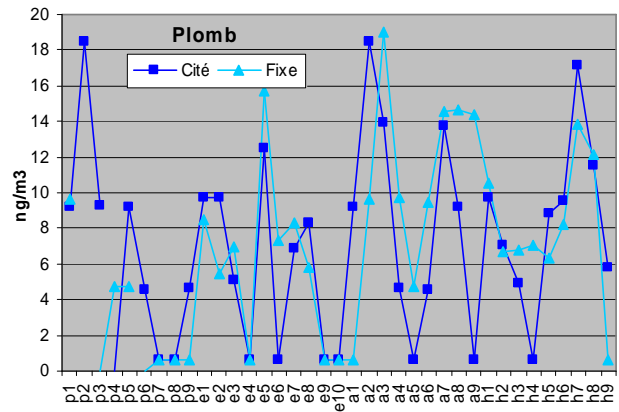
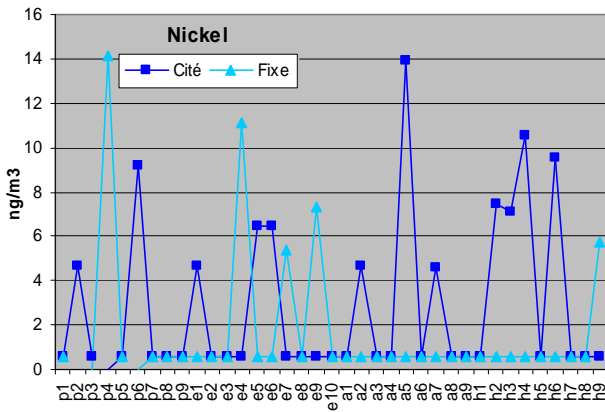
3.2. COV précurseurs de l'ozone



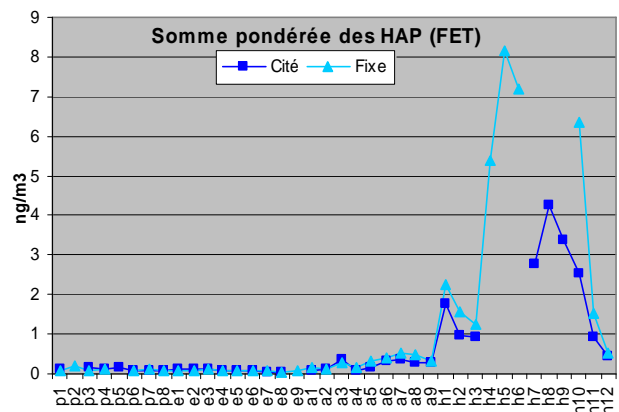
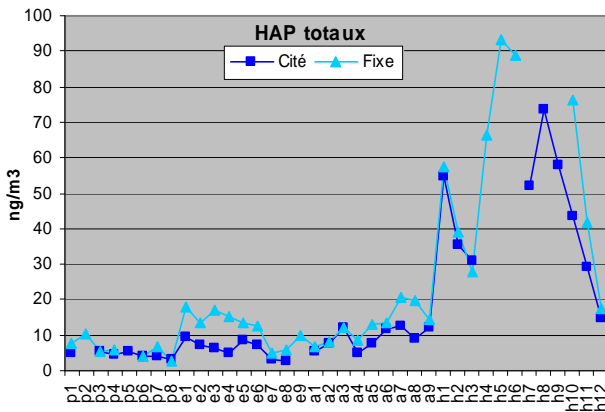
3.3. Aldéhydes



3.4. Métaux lourds



3.5. HAP



Cellule interrégionale d'épidémiologie (Cire) Rhône-Alpes
Drass Rhône-Alpes
107 rue Servient
69418 LYON CEDEX 03
04 72 34 31 15
dr69-cirei@sante.gouv.fr
<http://rhone-alpes.sante.gouv.fr>