

BIO-TOX

Toxicologie, Ecotoxicologie,
Sécurité Produits et Environnement
www.bio-tox.fr

Dr Marine Saint-Denis

Talence, le 29 octobre 2009

A l'attention de M. D. Fournet
SYCTOM Paris
57 Bd Sébastopol
75001 PARIS

Ref : 2009-SYC-39925 Etude2-V2

ETUDE 2
**Synthèse des études réglementaires, d'évaluation des risques et
environnementales de l'usine Ivry Sur Seine**

Selon :

N/Ref : Proposition commerciale n°09-SYC-220409 du 22 avril 2009
V/Ref : Bon de commande DT 090192 du 22/05/09

INDICE	1	2
DATE	17/10/09	24/10/09
EMISSION	Dr Marine Saint-Denis	Dr Marine Saint-Denis
VERIFICATION	Dr Daniel Ribera	SYCTOM

SOMMAIRE

1 -	CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	4
2 -	LES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES.....	4
2.1 -	L'arrêté du 20/09/2002.....	4
2.2 -	L'arrêté préfectoral N°2004/2089 du 16 juin 2004.....	4
3 -	LES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES DE L'USINE D'IVRY SUR SEINE.....	5
3.1 -	Le bilan des émissions annuelles.....	5
3.2 -	Les analyses réglementaires de dioxines et furanes.....	6
3.3 -	Les résultats des prélèvements en continu de dioxines et furanes (cartouches AMESA).....	8
4 -	LES EVALUATIONS DES RISQUES SANITAIRES.....	12
4.1 -	Méthodologie.....	12
4.1.1 -	Inventaire et choix des composés :.....	12
4.1.2 -	Identification des dangers :.....	12
4.1.3 -	Identification des relations dose-réponse :.....	13
4.1.4 -	Evaluation des expositions :.....	13
4.1.5 -	Caractérisation du risque.....	16
4.1.6 -	Incertitudes.....	16
4.2 -	Résultats avant la mise en place du Traitement complémentaire des fumées (TCF).....	17
4.3 -	Résultats après la mise en place du Traitement complémentaire des fumées.....	19
4.4 -	Bilan des évaluations des risques.....	21
5 -	LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE AUTOUR DE L'USINE D'IVRY SUR SEINE.....	23
5.1 -	Méthodologie.....	23
5.2 -	Résultats des analyses de dioxines et furanes.....	29
5.2.1 -	Les référentiels.....	29
5.2.2 -	Concentrations en dioxines et furanes.....	30
5.2.3 -	Etude des profils de congénères.....	31
5.2.4 -	Comparaison des profils à l'émission, des cartouches amesa, et des jauges.....	32
5.3 -	Résultats des analyses de métaux.....	33
5.3.1 -	Le référentiel.....	33
5.3.2 -	Concentrations dans les jauges.....	33
5.4 -	Bilan de la surveillance au moyen de jauges de 2005 à 2008.....	37
6 -	ETUDE DE DIOXINES ET FURANES DANS L'AIR AMBIANT PAR AIRPARIF.....	39
6.1 -	Description de l'étude.....	39
6.2 -	Résultats de l'étude générale.....	39
6.3 -	Résultats des mesures autour d'Ivry sur Seine.....	39
6.4 -	Bilan de l'étude Airparif.....	40
7 -	SYNTHESE ET CONCLUSION.....	41
8 -	BIBLIOGRAPHIE.....	43
	ANNEXES.....	44
	Annexe 1 : Analyse en composante principale de la répartition massique des congénères sur les cartouches AMESA et les contrôles réglementaires à l'émission (en pourcentage) selon les axes F1 et F2.....	45
	Annexe 2 : Synthèse des résultats des risques sanitaires selon les scénarios envisagés.....	46
	Annexe 3 : Pourcentage massique des 17 congénères de dioxines et furanes dans les jauges entre 2005 et 2008.....	52
	Annexe 4 : Résultats des métaux (solubles et insolubles) dans chaque jauge en fonction des années ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$).....	54

Index

AASQA : Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air
 ACP : Analyse en Composante Principale
 ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
 As : Arsenic
 Cd : Cadmium
 CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique
 CO : Monoxyde de carbone
 Co : Cobalt
 COV : Composés Organiques Volatiles
 Cr : Chrome
 Cu : Cuivre
 DJE : Dose journalière d'Exposition
 ERI : Excès de risque individuel
 ERS : Evaluation des risques sanitaires
 ERU : Excès de risque unitaire
 ETM : Eléments trace métalliques
 fg : femtogramme 10^{-15} gramme
 HCl : Acide chlorhydrique
 HF : Acide fluorhydrique
 Hg : Mercure
 INCA : Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires
 INERIS : Institut National de l'Environnement et des Risques Industriels
 INRA : Institut National de Recherche Agronomique
 INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
 InVS : Institut National de Veille Sanitaire
 IR : Indice de risque
 I TEQ ou TEQ : International Toxic Equivalent Quantity
 I TEF ou TEF : International Toxic Equivalent Factor
 OTAN / NATO : Organisation du Traité de l'Atlantique Nord
 Mn : Manganèse
 ng : nanogramme 10^{-9} gramme
 Ni : Nickel
 Nm³ : Normo mètre cube : correspond au contenu d'un volume d'1 mètre cube, pour un gaz se trouvant dans les conditions normales de température et de pression (0°C et 1 atm, soit 101 325 Pa)
 NOx : Oxydes d'azote
 OMS : Organisation Mondiale de la Santé (WHO)
 Pb : Plomb
 PCB : Polychlorobiphényles
 PCDD : polychlorodibenzodioxines (ou dioxines)
 PCDD/PCDFs : dioxines et furanes
 PCDF : polychlorodibenzofuranes (ou furanes)
 pg : picogramme 10^{-12} gramme
 PM10 : particules en suspension dans l'air, d'un diamètre aérodynamique (ou diamètre aéraulique) inférieur à 10 micromètres
 PM2,5 : particules en suspension dans l'air, d'un diamètre aérodynamique (ou diamètre aéraulique) inférieur à 2.5 micromètres (ou particules fines)
 Sb : Antimoine
 Sn : Etain
 SO₂ : Dioxyde de soufre
 STIIIC : Service Technique Interdépartemental de l'Inspection des Installations Classées
 TCF : Traitement complémentaire des fumées
 Tl : Thallium
 UIOM : Usine d'Incinération d'Ordures Ménagères
 US EPA : Agence de Protection Environnementale des Etats-Unis
 UVE : Unité de Valorisation Energétique
 V : Vanadium
 VTR : Valeur toxicologique de référence
 ZEAT : Zone d'Etude et d'Aménagement du Territoire

1 - CONTEXTE ET OBJECTIFS

Le SYCTOM de Paris possède un centre de valorisation énergétique des déchets ménagers situé à Ivry-sur-Seine qui comprend deux fours-chaudière d'une capacité de 730 000 tonnes par an.

Dans le cadre du débat public pour le projet de centre de valorisation biologique et énergétique des déchets à Ivry sur Seine, le SYCTOM a sollicité Bio-Tox afin de réaliser une synthèse des mesures à l'émission, des études d'évaluation des risques sanitaires et des mesures de surveillance de l'impact environnemental de l'installation d'Ivry-sur-Seine.

Plus précisément, cette synthèse a concerné les mesures réglementaires et les résultats des prélèvements en continu (amesa), les évaluations des risques sanitaires (avant et après la mise en place du traitement complémentaire des fumées), et la surveillance environnementale au moyen de jauges (collecteurs de précipitations) ainsi que l'étude d'Airparif (2005).

2 - LES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES

2.1 - L'arrêté du 20/09/2002

L'arrêté du 20 septembre 2002 (relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et aux installations incinérant des déchets d'activités de soins à risques infectieux) prévoit une surveillance sous la responsabilité et aux frais de l'exploitant :

Cette surveillance doit porter sur :

1. les rejets atmosphériques,
2. les rejets aqueux,
3. la qualité des eaux souterraines,
4. la surveillance de l'impact sur l'environnement au voisinage de l'installation.

Les contraintes sur la nature et la fréquence des analyses sont parfaitement fixées pour les trois premiers alinéas. Par contre, pour le point 4, la réglementation n'indique que des idées générales sans imposer de méthodologie particulière.

2.2 - L'arrêté préfectoral N°2004/2089 du 16 juin 2004

Concernant la surveillance de l'impact sur l'environnement au voisinage de l'installation, l'arrêté préfectoral impose la détermination au moins des dioxines et furanes et métaux dans l'environnement :

- Avant la mise en service des installations complémentaires de traitement des fumées, dans un délai de 4 mois à compter de la notification de l'arrêté,
- Dans un délai compris entre 3 et 6 mois après la mise en service des installations complémentaires de traitement des fumées,
- Après la période initiale, selon une fréquence au moins annuelle.

Le programme est déterminé et mise en œuvre sous la responsabilité de l'exploitant et à ses frais. Dans le cas des usines du SYCTOM, ce dernier réalise la surveillance de ces unités à la place de son exploitant.

L'arrêté n°2005/5028 du 26 décembre 2005, modifiant le précédent, ne change rien à la condition 63 de l'arrêté N°2004/2089 du 16 juin 2004 précisant la surveillance de l'impact sur l'environnement.

3 - LES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES DE L'USINE D'IVRY SUR SEINE

Le SYCTOM nous a fourni le bilan des émissions de l'usine d'Ivry depuis 2003, et les analyses réglementaires de 2006 à 2008. Notre synthèse concernera donc cette période.

3.1 - Le bilan des émissions annuelles

Le tableau suivant présente les flux de composés émis par les cheminées de l'usine d'Ivry et mesurées ainsi que l'exige l'arrêté de 2002. Les moyennes de dioxines et furanes émises par mètre cube de fumées sont également précisées pour chaque ligne ou four (L1 et L2). Ces valeurs sont extraites des Dossiers d'Information du Public (DIP) rédigés par l'exploitant.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Concentration						
PCDD/PCDFs (ng TEQ/Nm ³ 11% O ₂)	1.0 (L1)	2.4	1.35	0.059	0.030	0.016
	1.4 (L2)	1.9	1.05	0.069	0.054	0.024
Flux						
PCDD/PCDFs (g)	4.5	7.2	4.2	0.25	0.17	0.06
Poussières (t)	54	54	30	12.1	10.8	10.0
HCl (t)	22	19	19	5.0	5.5	4.5
SO ₂ (t)	199	179	144	60.5	47.2	54.1
CO (t)	90	76	74	46.1	42.7	38.0
NOx (t)	1438	1354	1344	220.9	163.5	162.4
HF (t)	0.84	0.86	0.68	0.60	0.70	0.63
Carbone total (t)	0.6	0.5	0.635	2.4	1.4	1.1
Pb+Cr+Cu+Mn (t)	1.66	1.88	0.954	-	-	-
As+Ni (t)	0.031	0.017	0.048	-	-	-
Hg+Cd (t)	0.11	0.137	0.14	-	-	-
Cd+Tl (t)	-	-	-	*	0.021	0.015
Hg (t)	-	-	-	0.016	0.004	0.006
Total autres métaux* (t)	-	-	-	0.437	0.596	0.630
Tonnage incinéré						
Tonnage incinéré	690 123	699 250	655 423	670 066	669 989	669 030

Tableau 1 : Bilan des émissions annuelles et du tonnage incinéré depuis 2003

(* : Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V). * Concentration inférieure au seuil (flux non calculé).

Suite à la mise en place du traitement complémentaire des fumées (TCF), les émissions de dioxines et furanes, métaux, poussières, HCl, SO₂, NOx (etc) ont fortement baissé. Entre 2003 et 2008, la baisse est de 99% pour les dioxines et furanes, 81% pour les poussières, 79% pour HCl, 73% pour SO₂, et 88% pour les NOx. La diminution n'est pas aussi importante pour l'HF (25%). La comparaison des émissions de métaux n'est pas possible car ce ne sont pas les mêmes mélanges de métaux qui ont été dosés jusqu'en 2005, et à partir de 2006 en raison de la modification de la réglementation.

Le carbone total est en hausse à partir de 2006. Ceci pourrait être lié au fait que les flux de 2003 à 2005 concernent les COV non méthaniques uniquement et sont calculés sur la base des 4 contrôles annuels faits par un organisme extérieur. Depuis 2006, les flux sont calculés sur la base des mesures des analyseurs en continu mis en place dans le cadre de l'autosurveillance et concernent les COV totaux (méthaniques et non méthaniques). (A titre d'information, le flux annuel autorisé s'élève à 27,5 t pour l'année 2008).

Précisions sur l'expression des concentrations de dioxines et furanes :

Les résultats des analyses des 17 congénères d'un mélange de PCDD et PCDF sont généralement exprimés en utilisant le calcul d'une quantité toxique équivalente (I-TEQ pour International Toxic Equivalent Quantity). La toxicité potentielle des 17 congénères est exprimée par rapport au composé le plus toxique (TCDD) en assignant à chaque congénère un coefficient de pondération nommé I-TEF (International Toxic Equivalent Factor). Ainsi la molécule de référence (TCDD) est affectée d'un I-TEF de 1.

La quantité toxique équivalente (I-TEQ) est obtenue en sommant les concentrations de chaque congénère pondérées par leur TEF :

$$I\text{-TEQ} = \sum (C_i \times \text{TEF}_i),$$

où C_i et TEF_i sont la concentration et le TEF du congénère i présent dans le mélange

Deux systèmes d'équivalents toxiques existent : les systèmes de pondération de l'OTAN (ou NATO) (Organisation du Traité Atlantique Nord) et de l'OMS (organisation mondiale de la santé) (ou WHO).

Les résultats de cette synthèse sont exprimés en TEQ NATO.

Dans cette étude, lorsque nous étudierons les profils des congénères, nous exprimerons les résultats en pourcentage massique de chaque congénère par rapport au total des 17 congénères, et non en I-TEQ.

3.2 - Les analyses réglementaires de dioxines et furanes

Les moyennes annuelles des émissions des dioxines et furanes sont présentées dans le tableau 1. Les émissions sont toutes inférieures au seuil de 0.1 ng TEQ/Nm³ depuis la mise en place du TCF.

Le tableau suivant (tableau 2) présente la contribution de chacun des 17 congénères au total en pourcentage massique.

La répartition des 17 congénères est relativement variable suivant les prélèvements, avec toutefois comme habituellement observé pour les processus de combustion une forte contribution des composés les plus chlorés suivants : 1234678HpCDD, OCDD, 1234678HpCDF et OCDF (entre 50 et 84% du total).

L'analyse en Composante Principale (ACP) permet d'étudier et visualiser les corrélations entre des variables dans un espace à 2 dimensions (figure 1). Le graphique est lié à un objet mathématique, les valeurs propres, qui sont elles-mêmes liées à la qualité de la projection lorsque l'on passe de N dimensions (nombre de variables, ici les 17 congénères) à un nombre plus faible de dimensions. A chaque valeur propre correspond un facteur noté F , et les axes les plus représentatifs sont sélectionnées lors de la réalisation des graphiques (d'où les axes $F1$ et $F2$, ou parfois $F1$ et $F3$ – figure 3).

Nous observons dans le tableau 2 deux échantillons présentant des profils différents des autres : L1 et L2 02/07 où l'on retrouve en majorité le 1234789HpCDF au lieu du 1234678HpCDF (il est possible que cela provienne d'une erreur lors de l'impression des rapports d'essai, l'ordre habituel d'apparition de ces 2 congénères ayant été inversé). Néanmoins ces différences de profils ne sont pas mises en évidence par l'analyse ACP, qui ne permet pas d'isoler des échantillons, ou un groupe d'échantillon, parmi les autres, elle met plutôt en évidence la variabilité des profils.

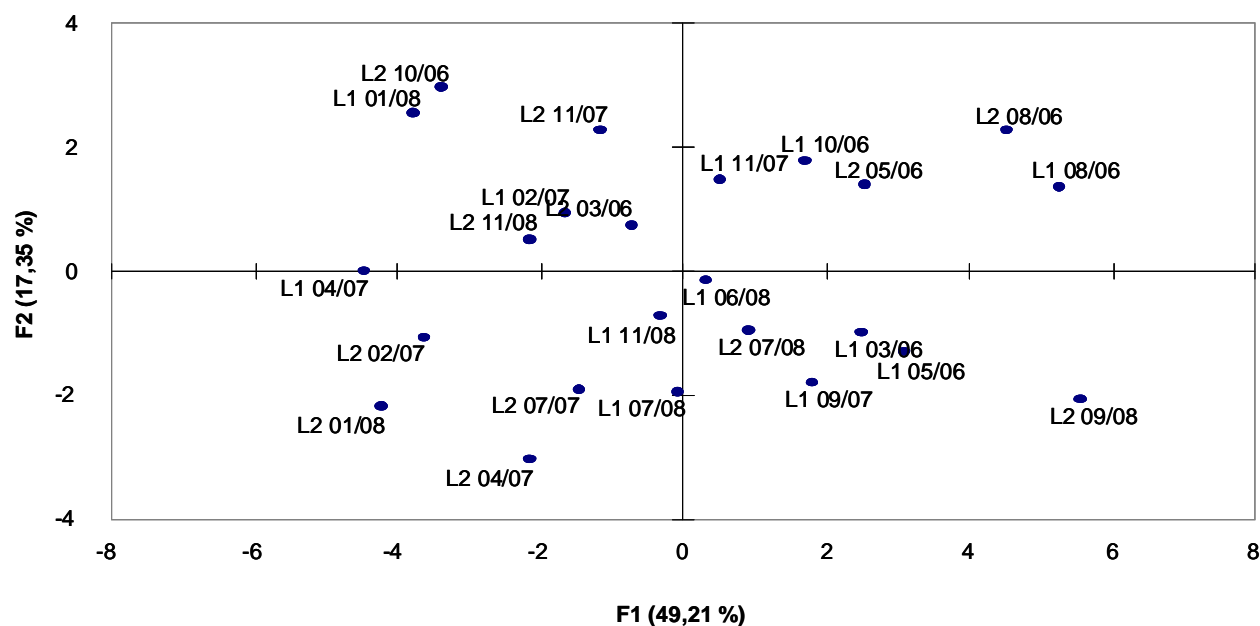


Figure 1 : Analyse en composante principale de la répartition massique des congénères à l'émission (en pourcentage) selon les axes F1 et F2.

2009-SYC-39925 Etude 2

	2008								2007								2006							
	L1 01/08	L2 01/08	L1 06/08	L2 09/08	L1 07/08	L2 07/08	L1 11/08	L2 11/08	L1 09/07	L2 07/07	L1 02/07	L2 02/07	L1 11/07	L2 11/07	L1 04/07	L2 04/07	L1 10/06	L2 10/06	L1 08/06	L2 08/06	L1 05/06	L2 05/06	L1 03/06	L2 03/06
2378TCDD	0,07	0,04	0,23	0,43	0,33	0,17	0,16	0,18	0,24	0,13	0,10	0,07	0,27	0,07	0,14	0,10	0,39	0,14	0,34	0,46	0,38	0,34	0,30	0,29
12378PnCDD	0,52	0,38	0,84	2,23	1,16	1,09	0,93	0,56	1,34	0,70	0,78	0,52	0,91	1,51	0,33	0,28	1,28	0,48	1,79	1,99	1,63	1,38	1,89	1,13
123478HxCDD	0,63	0,63	0,98	1,58	0,66	1,12	1,13	0,78	1,40	0,89	1,08	0,69	1,67	1,51	0,37	0,49	1,28	0,60	1,70	1,57	1,25	1,34	1,17	0,83
123678HxCDD	1,44	1,15	2,14	3,08	0,99	2,46	1,90	1,62	2,49	1,80	2,13	1,36	2,86	2,52	0,75	0,83	2,23	1,29	3,41	2,75	2,22	2,94	2,05	1,76
123789HxCDD	0,98	0,72	1,48	2,43	0,53	1,80	1,40	0,91	1,47	1,12	1,54	1,00	1,85	0,93	0,68	0,53	1,72	0,92	2,13	1,78	1,66	1,88	1,35	1,37
1234678HpCDD (1)	13,67	8,31	12,62	13,77	13,34	14,13	13,78	13,70	11,89	10,89	13,81	9,28	14,17	16,18	10,78	8,04	13,00	13,11	13,72	12,59	10,65	15,38	11,07	11,55
OCDD (2)	45,21	19,53	29,88	13,35	21,38	21,55	21,49	32,60	20,31	21,37	24,66	21,25	34,32	34,87	33,54	22,08	23,87	36,57	20,82	28,45	22,57	28,49	23,84	31,88
2378TCDF	0,44	0,45	1,60	1,91	1,42	1,18	1,10	0,80	1,17	0,83	0,60	0,52	0,47	0,29	0,42	0,83	1,72	0,76	2,39	2,77	2,20	2,09	2,01	1,42
12378PnCDF	0,95	0,84	2,85	3,56	2,29	1,62	1,88	1,19	2,73	1,45	1,34	0,91	1,56	1,37	1,18	2,99	2,89	1,01	4,09	4,46	3,94	2,96	4,07	2,36
23478PnCDF	1,39	1,59	3,14	6,63	3,06	3,20	2,57	2,27	3,96	2,53	2,18	2,08	2,28	1,73	1,56	3,43	4,24	2,05	6,48	6,28	5,94	6,08	6,01	3,60
123478HxCDF	2,36	3,07	4,56	6,71	6,25	5,69	4,52	3,26	6,14	4,41	3,70	3,29	4,32	3,52	3,15	5,32	4,32	2,05	6,17	4,80	5,23	3,56	5,29	3,26
123678HxCDF	2,65	4,24	5,35	8,02	6,44	6,52	5,36	4,43	6,74	5,69	4,28	4,38	4,65	3,38	3,04	6,40	4,32	2,24	6,59	5,68	6,47	4,17	6,10	3,50
234678HxCDF	2,88	5,75	5,35	9,34	3,80	5,46	5,33	5,01	7,41	6,73	5,25	6,66	4,89	3,31	5,11	5,83	1,32	0,76	1,70	0,12	7,91	7,42	6,62	5,49
123789HxCDF	0,13	0,31	0,10	0,58	0,00	0,27	0,30	0,26	0,38	0,00	0,37	0,37	0,37	0,43	0,28	1,12	6,94	5,78	7,44	6,58	1,81	1,27	1,75	1,39
1234678HpCDF (3)	13,11	23,53	18,34	18,82	26,09	21,85	22,74	18,38	20,32	23,60	2,53	5,32	17,79	16,89	13,63	20,49	15,28	13,46	13,94	11,66	15,25	12,79	13,62	13,54
1234789HpCDF	1,72	4,89	1,92	2,82	2,02	2,41	3,69	2,74	4,25	2,97	24,99	23,76	1,85	1,73	4,19	5,21	2,70	2,40	1,75	1,29	2,58	1,82	2,51	2,64
OCDF (4)	11,87	24,56	8,62	4,72	10,24	9,49	11,73	11,30	7,76	14,90	10,68	18,54	5,76	9,78	20,83	16,03	12,49	16,38	5,55	6,77	8,31	6,10	10,34	13,99
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
total 1+2+3+4	83,9	75,9	69,45	50,66	71,05	67,02	69,74	75,98	60,29	70,76	51,68	54,39	72,05	77,71	78,78	66,65	64,65	79,52	54,02	59,47	56,79	62,75	58,88	70,95

Tableau 2 : Pourcentage massique de chaque congénère de PCDD/PCDFs lors des analyses réglementaires sur les lignes 1 et 2.

L1 ou L2 : ligne 1 ou 2, suivie de la date de prélèvement (mois/année)

Les congénères 1234678HpCDD (1), OCDD (2), 1234678HpCDF (3) et OCDF (4) sont les plus importants en masse, la somme de leur contribution (en pourcentage) a été calculée sur la dernière ligne.

3.3 - Les résultats des prélèvements en continu de dioxines et furanes (cartouches AMESA)

Les prélèvements en continu ne sont pas normalisés, et leurs résultats ne sont donc pas soumis au seuil de 0.1 ng PCDD/PCDFs iTEQ/Nm³. Les valeurs dépassant ce seuil ont néanmoins été signalées en gras (tableau 3).

En 2007, les valeurs supérieures au seuil réglementaire (0.1 ng TEQ/Nm³) observées sur le four 1, les mois de janvier, mai et octobre, s'expliquent par une surestimation systématique des mesures issues du préleveur en continu. Ces surestimations ont été constatées lors des contrôles de performance des appareils réalisés en mars et avril 2007 au cours desquels ont été comparés : les résultats obtenus avec les préleveurs en continu et ceux obtenus par une méthode normalisée effectuée en parallèle par un laboratoire extérieur (rapport atteignant 2,5).

La valeur élevée du mois d'avril 2007 au niveau du four 1 fait suite à un incident d'exploitation, suivi d'une phase d'arrêt. Une incertitude forte des mesures a été constatée lors des phases d'allumage et d'arrêt (ADEME, 2008). La moyenne annuelle corrigée (*) exclut la valeur du mois d'avril.

Pour les mêmes raisons, des dépassements ont été observés au niveau du four 2 pour les mois d'avril, mai, juillet et août 2007, et la moyenne annuelle corrigée (*) exclut ces valeurs.

Un incident a également eu lieu en janvier 2008 sur le four 2.

L'estimation des flux à partir des cartouches a été réalisée par l'exploitant et transmise au Service Technique Interdépartemental de l'Inspection des Installations Classées (STIIC).

Suite à des questions soulevées lors du Grenelle de l'Environnement sur les préleveurs en continu, le MEDDAT a constitué un groupe de travail pour étudier la gestion des mesures issues des préleveurs en continu par rapport à la réglementation.

	2007		2008	
	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 1	Ligne 2
Janv	0.134	0.008	0.038	0.160
Fev	0.054	0.069	0.021	0.002
Mars	0.094	0.046	0.067	0.054
Avr	0.634	0.155	0.044	0.030
Mai	0.105	0.245	0.023	0.046
Juin	0.065	Four à l'arrêt	0.034	0.047
Juil	0.088	0.629	0.097	0.042
Août	Four à l'arrêt	0.960	Four à l'arrêt	0.048
Sept	0.047	0.068	0.040	0.034
Oct	0.141	0.055	0.016	0.021
Nov	0.076	0.031	0.061	0.069
Dec	0.063	0.098	0.034	0.035
Moyenne annuelle	0.136 (0.087)*	0.215 (0.054)*	0.043	0.049

Tableau 3 : Moyennes mensuelles et annuelles des PCDD/PCDFs en 2007 et 2008 lors des prélèvements en continu (ng TEQ/Nm³ à 11% O₂).

Les résultats des analyses sur les cartouches AMESA de prélèvements en continu sur les lignes 1 et 2 sont présentés dans le tableau 4 en pourcentage massique des différents congénères.

Comme lors des analyses réglementaires, la répartition des 17 congénères est relativement variable suivant les prélèvements, avec une forte contribution pour les composés les plus chlorés suivants : 1234678HpCDD, OCDD, 1234678HpCDF et OCDF (entre 54 et 89% du total).

Nous observons des profils particuliers, notamment :

- L'échantillon A1 04/07 pour lequel les pourcentages de 1234678HpCDD et 1234678HpCDF sont particulièrement élevés (et en contrepartie les pourcentages d'OCDD, OCDF, HxCDF plus faibles),

2009-SYC-39925 Etude 2

congénère	2007																					
	A1 01/07	A2 01/07	A1 02/07	A2 02/07	A1 03/07	A2 03/07	A1 04/07	A2 04/07	A1 05/07	A2 05/07	A1 06/07	A1 07/07	A2 07/07	A2 08/07	A1 09/07	A2 09/07	A1 10/07	A2 10/07	A1 11/07	A2 11/07	A1 12/07	A2 12/07
2,3,7,8-TCDD	0.12	0.06	0.23	0.11	0.12	0.06	0.03	0.07	0.15	0.32	0.20	0.21	0.15	0.15	0.04	0.13	0.43	0.07	0.12	0.01	0.11	0.17
1,2,3,7,8-PnCDD	0.68	0.43	1.05	1.04	0.94	1.06	0.14	0.68	1.01	1.38	1.01	0.95	1.63	1.58	0.51	0.94	0.85	0.92	0.98	0.56	0.96	0.94
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1.28	0.75	1.10	1.19	1.21	1.83	0.22	0.91	0.98	1.07	1.01	1.16	2.23	2.15	0.90	1.35	1.49	1.65	1.26	1.40	1.33	1.23
1,2,3,6,7,8-HxCDD	1.65	1.11	1.93	1.84	3.74	2.04	0.56	2.25	2.08	1.91	1.84	2.68	5.93	4.67	2.19	2.44	5.18	2.32	2.04	2.80	2.75	2.01
1,2,3,7,8,9-HxCDD	1.21	1.06	1.03	0.70	1.47	0.85	0.28	0.95	1.38	1.43	0.64	1.85	1.89	1.84	0.79	1.10	1.79	0.68	1.37	0.88	1.16	1.23
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD (1)	11.85	13.11	10.88	13.80	22.70	10.18	36.67	20.47	12.66	8.07	10.00	15.02	27.65	31.47	11.03	12.80	13.46	13.50	15.65	14.21	14.44	12.30
OCDD (2)	20.05	34.36	24.32	22.57	22.41	17.31	8.01	31.94	21.41	11.94	22.88	22.86	21.39	29.25	23.21	21.79	15.01	28.97	24.19	20.50	20.79	20.70
2,3,7,8-TCDF	0.52	0.40	0.86	0.77	0.34	0.60	0.07	0.34	0.87	1.71	0.46	0.99	0.81	0.34	0.38	0.54	1.12	0.46	0.52	0.05	0.45	0.68
1,2,3,7,8-PnCDF	1.36	0.92	2.20	2.18	1.88	1.64	0.32	1.55	2.06	3.97	2.09	2.91	1.80	1.78	1.52	3.15	2.85	1.46	1.53	0.07	2.87	2.68
2,3,4,7,8-PnCDF	3.07	1.76	2.56	2.73	2.32	2.48	0.52	2.40	3.45	5.19	2.15	2.91	2.50	2.10	1.81	3.28	2.95	1.99	2.55	4.19	3.84	3.52
1,2,3,4,7,8-HxCDF	3.29	2.05	4.90	3.90	3.84	5.58	0.67	2.46	4.18	6.51	3.74	3.55	3.25	2.42	5.04	5.10	6.65	4.43	3.35	5.59	5.31	5.01
1,2,3,6,7,8-HxCDF	4.17	2.77	6.24	5.66	5.26	6.38	0.81	2.47	5.05	7.38	5.45	4.44	3.72	3.13	5.20	6.18	8.86	4.51	4.32	6.51	6.51	5.63
2,3,4,6,7,8-HxCDF	7.95	5.25	6.57	6.08	6.30	7.80	1.62	6.46	6.42	8.78	8.19	7.09	6.40	3.98	5.85	6.73	8.88	7.24	5.12	1.71	7.06	7.21
1,2,3,7,8,9-HxCDF	1.66	1.44	0.64	0.62	0.68	0.81	0.11	0.29	0.59	1.01	0.25	0.76	0.46	0.34	0.43	0.41	0.49	0.37	0.33	0.21	0.38	0.63
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF (3)	21.60	14.43	17.01	16.67	14.73	23.48	36.96	12.21	20.06	22.15	18.59	18.67	12.56	9.75	22.48	20.11	20.13	21.25	21.54	27.96	17.85	16.54
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	3.91	3.66	3.15	3.98	2.67	3.60	8.99	2.52	3.63	4.38	3.65	3.56	2.57	1.47	3.35	3.32	3.70	5.15	4.13	2.71	3.96	5.18
OCDF (4)	15.63	16.43	15.35	16.16	9.41	14.31	4.03	12.04	14.02	12.80	17.85	10.39	5.07	3.58	15.26	10.63	6.15	5.02	11.00	10.64	10.23	14.34
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
total 1+2+3+4	69.14	78.33	67.56	69.20	69.24	65.28	85.67	76.66	68.15	54.97	69.32	66.93	66.66	74.05	71.98	65.34	54.75	68.74	72.39	73.30	63.30	63.88

Tableau 4 : Pourcentage massique de chaque congénère de PCDD/PCDFs lors des analyses des prélèvements en continu sur les lignes 1 et 2 (cartouches AMESA).

A1 ou A2 : Amesa ligne 1 ou 2, suivie de la date de prélèvement (mois et année). Les prélèvements de juin pour la ligne 2 et d'août pour la ligne 1 n'ont pu être effectués en raison de l'arrêt de ces fours ces mois-là.

Les congénères 1234678HpCDD (1), OCDD (2), 1234678HpCDF (3) et OCDF (4) sont les plus importants en masse, la somme de leur contribution (en pourcentage) a été calculée sur la dernière ligne.

2009-SYC-39925 Etude 2

congénère	2008																							
	A1 01/08	A2 01/08	A1 02/08	A1 02/08	A1 03/08	A2 03/08	A1 04/08	A2 04/08	A1 05/08	A2 05/08	A1 06/08	A2 06/08	A1 07/08	A2 07/08	A2 08/08	A1 09/08	A2 09/08	A1 10/08	A2 10/08	A1 11/08	A2 11/08	A1 12/08	A2 12/08	
2,3,7,8-TCDD	0.20	0.15	0.12	0.33	0.09	0.19	0.07	0.11	0.13	0.29	0.11	0.14	0.18	0.12	0.14	0.07	0.04	0.22	0.19	0.30	0.20	0.14	0.13	
1,2,3,7,8-PnCDD	0.98	0.78	1.55	1.33	0.73	0.85	0.45	0.22	0.44	0.58	0.53	1.12	1.20	0.97	0.67	1.08	0.38	0.97	0.80	1.13	0.80	0.72	0.56	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1.13	0.81	1.37	1.12	1.10	0.80	0.87	0.56	0.51	0.63	0.50	1.23	1.83	0.95	1.02	1.29	0.51	1.20	1.10	1.61	1.10	0.95	0.91	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	2.10	1.84	3.63	3.51	1.59	1.51	2.61	1.70	1.09	10.24	1.24	2.77	2.73	2.52	2.01	1.87	1.04	2.29	1.98	3.11	2.71	2.10	1.55	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.99	1.38	4.87	1.24	1.43	1.01	1.21	1.05	0.77	0.89	0.45	1.16	2.07	1.30	1.07	1.18	0.46	1.31	1.09	2.05	1.50	1.31	0.91	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD (1)	10.40	7.99	16.72	17.63	23.55	1.81	19.27	18.72	19.22	14.55	14.26	16.54	12.48	12.69	10.30	12.12	64.28	13.15	14.14	21.60	16.64	13.22	11.33	
OCDD (2)	16.57	9.55	19.10	22.75	24.11	31.81	25.68	23.89	20.37	17.71	20.97	18.36	17.20	21.57	20.07	16.38	10.91	19.69	24.66	27.65	26.09	17.07	22.41	
2,3,7,8-TCDF	0.70	0.53	1.53	1.29	0.39	0.56	0.60	0.25	0.41	0.65	0.55	0.52	0.76	0.48	0.26	0.86	0.18	0.70	0.68	0.68	0.58	0.40	0.37	
1,2,3,7,8-PnCDF	3.01	3.64	4.32	2.84	1.42	1.82	2.35	0.70	1.37	1.74	1.71	3.07	3.52	1.81	1.42	2.85	0.56	2.10	1.89	1.70	1.79	2.58	1.96	
2,3,4,7,8-PnCDF	3.56	3.82	4.53	4.11	1.56	2.12	2.48	0.79	1.60	1.79	1.76	3.76	3.97	3.12	1.94	3.20	0.71	2.60	2.31	1.86	2.31	2.67	2.35	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	4.59	4.92	4.92	4.00	2.13	3.60	2.24	2.82	2.16	2.24	2.66	3.34	5.37	4.19	3.71	6.03	1.78	5.03	4.13	3.36	3.85	4.78	3.90	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	6.40	6.26	6.37	5.16	3.68	4.40	4.20	3.42	3.76	3.06	4.00	4.78	7.34	5.11	4.56	6.71	2.19	5.84	4.83	4.01	5.31	6.99	5.72	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	7.92	9.53	7.48	7.45	4.13	4.92	5.00	5.73	4.00	3.35	4.26	4.72	9.40	6.31	5.06	6.97	2.26	6.25	5.46	4.43	5.56	6.85	6.30	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.56	0.40	1.14	1.02	1.01	0.31	0.96	1.26	1.21	2.55	0.54	0.56	0.73	0.70	0.42	0.94	0.16	0.39	0.43	0.33	0.39	0.69	0.57	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF (3)	28.08	31.10	16.21	17.67	15.40	23.53	18.39	17.24	22.08	22.26	21.77	18.39	14.70	22.43	30.09	25.79	9.09	25.38	21.65	13.13	17.54	23.62	20.83	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	4.10	5.95	3.97	2.88	5.71	3.51	4.95	6.15	6.98	7.06	6.12	6.12	3.94	3.50	5.01	3.56	0.42	3.35	3.45	2.47	2.86	3.72	3.72	
OCDF (4)	8.70	11.35	2.18	5.66	11.95	17.24	8.68	15.39	13.91	10.40	18.59	13.43	12.57	12.24	12.25	9.08	5.03	9.52	11.18	10.58	10.75	12.20	16.47	
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
total 1+2+3+4	63.75	59.99	54.21	63.72	75.02	74.40	72.01	75.24	75.59	64.92	75.59	66.72	56.95	68.92	72.71	63.38	89.31	67.73	71.63	72.98	71.03	66.12	71.05	

Tableau 4 (suite).

A1 ou A2 : Amesa ligne 1 ou 2, suivie de la date de prélèvement (mois et année). Le prélèvement d'août pour la ligne 1 n'a pu être effectué en raison de l'arrêt du four ce mois-là.

Les congénères 1234678HpCDD (1), OCDD (2), 1234678HpCDF (3) et OCDF (4) sont les plus importants en masse, la somme de leur contribution (en pourcentage) a été calculée sur la dernière ligne.

4 - LES EVALUATIONS DES RISQUES SANITAIRES

Trois évaluations des risques sanitaires (ERS) ont été réalisées en 2005 par le CAREPS (Centre Rhône-Alpes d'Epidémiologie et de Prévention Sanitaire, bureau d'étude associatif spécialisé dans le domaine sanitaire et social) après modélisation de la dispersion des composés émis par la société ARIA Technologies :

- Une ERS dans la configuration des émissions de l'usine avant TCF,
- Une ERS dans la configuration des émissions de l'usine après TCF avec des valeurs d'émission correspondant aux nouveaux seuils réglementaires (arrêté de 2002) sauf pour les NOx où une valeur de 80 mg/m³, en dessous du seuil réglementaire de 200 mg/m³ précisé par l'arrêté de 2002, a été exigée par l'arrêté préfectoral de 2004,
- Une ERS dans la configuration des émissions de l'usine après TCF avec les valeurs d'émission attendues par le constructeur.

La démarche d'évaluation des risques sanitaires utilisée est celle préconisée par l'Institut de Veille Sanitaire (InVS) et par l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS) et qui se compose de 4 parties :

- identification des dangers liés aux substances émises ;
- étude des relations dose-réponse pour ces substances ;
- évaluation de l'exposition de l'homme ;
- caractérisation des risques.

4.1 - Méthodologie

4.1.1 - Inventaire et choix des composés :

Le choix des composés à retenir pour l'étude des risques sanitaires doit être basé, selon les recommandations de l'InVS (2000), sur les concentrations à l'émission, le comportement de la substance dans l'environnement, la toxicocinétique (comportement de la substance dans le corps humain), la connaissance de la toxicité de ces substances lors d'exposition chronique (comme le risque cancérogène) voire subchronique et sur l'existence et la valeur d'une relation dose-effet.

Le CAREPS a retenu les substances suivantes pour évaluer les risques sanitaires associés :

- l'acide fluorhydrique (HF),
- l'acide chlorhydrique (HCl),
- le monoxyde de carbone (CO)
- le dioxyde de soufre (SO₂),
- les éléments traces ("métaux lourds") :
 - Arsenic,
 - Cadmium,
 - Chrome,
 - Cuivre,
 - Manganèse,
 - Mercure,
 - Nickel,
 - Plomb,
 - Cobalt
- les dioxines et furanes,
- les poussières (PM10 et PM2,5)
- les NOx assimilés au NO₂,
- les composés organiques volatils (COV) assimilés au benzène.

4.1.2 - Identification des dangers :

Les effets toxiques liés aux composés retenus ont été identifiés à partir de l'analyse de la littérature scientifique. Elle a permis de recenser, pour certains composés étudiés lors d'une exposition chronique, des risques potentiels d'atteintes d'organes (ou atteintes systémiques) chez l'homme ou l'animal. Il s'agit :

- D'irritation des tissus de l'appareil respiratoire pour l'acide chlorhydrique, le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, le cuivre, le nickel, le chrome VI et les poussières,
- De fluorose pour l'acide fluorhydrique,
- De troubles cutanés pour l'arsenic inorganique,
- De troubles neurologiques pour l'arsenic inorganique, le benzène, le mercure, le manganèse et le plomb,
- De troubles rénaux pour le cadmium, le mercure et le plomb,
- D'affections cardiovasculaires pour les poussières,
- D'atteintes sanguines pour le benzène, le plomb, l'arsenic inorganique et le nickel,
- D'affection de la croissance osseuse pour le plomb,
- De troubles gastro-intestinaux pour le cuivre.

Un risque de cancer probable a été établi par inhalation ou par ingestion par les grandes instances internationales pour les composés suivants :

- Risque de cancer pulmonaire pour le cadmium, le chrome VI, le nickel et l'arsenic inorganique (homme),
- Leucémie pour le benzène (homme),
- Risque de cancer de la peau pour l'arsenic inorganique (homme),
- Risque de cancer multisites pour les dioxines et furanes (observé uniquement chez l'animal¹).

4.1.3 - Identification des relations dose-réponse :

Les relations doses-réponse caractérisent le lien entre la dose d'exposition à une substance par une voie d'exposition et la survenue d'un effet indésirable. Ce lien est caractérisé par une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) qui est :

- **Pour les effets « à seuil »** (apparition de l'effet au delà d'une dose d'exposition), la dose en dessous de laquelle l'effet n'apparaît pas,
- **Pour les effets « sans seuil »** (probabilité d'apparition de l'effet existe pour toute exposition et augmente avec la dose), le risque associé à une exposition à une unité de dose : excès de risque unitaire (ERU).

Le choix des VTR est présenté en annexe 2 avec les résultats des indices de risque. Dans certains cas, 2 valeurs ont été retenues :

- pour l'arsenic inorganique par inhalation avec seuil, une valeur tient compte de l'avis du RIVM qui considère le cancer comme un risque à seuil, et l'autre de l'avis de l'OEHHA qui a déterminé une VTR à seuil pour des effets systémiques,
- pour les dioxines et furanes par ingestion avec seuil, la valeur la plus récente est celle de l'OMS (2002) de 70 pg/kg PC/j, mais l'AFSSA n'a pas émis de nouvelles recommandations depuis 1998 et sa Dose Journalière Tolérable (DJT) de 1 à 4 pg/kg PC/j (la valeur de 4 a été retenue pour la DJT)
- pour le benzène par inhalation sans seuil, l'US EPA présente une fourchette de valeurs pour l'effet de la leucémie chez l'homme, les valeurs minimale et maximale de cette fourchette ont été retenues pour le calcul du risque.

4.1.4 - Evaluation des expositions :

Voie et scénario d'exposition

L'exposition des personnes vivant au voisinage d'une installation industrielle émettrice d'effluents dans l'atmosphère, peut se produire soit directement par inhalation, soit de façon indirecte par ingestion par le biais de retombées de poussières responsables de la contamination de la chaîne alimentaire, de l'eau de surface ou d'eau souterraine. La contamination de la chaîne alimentaire par un composé chimique résulte de son caractère bioaccumulatif, c'est à dire de sa possibilité de s'accumuler sans être dégradé dans les végétaux et les animaux. Il s'agit, parmi les composés retenus dans le cadre de cette étude, des dioxines et furanes et de certains éléments traces (arsenic, cadmium, cuivre, manganèse, mercure, nickel, plomb).

¹ Donnée valable à la date de réalisation des études CAREPS et toujours valable en 2009

D'après la carte d'occupation des sols, le domaine d'étude présente un caractère urbain dense, avec peu d'exploitations agricoles et aucun élevage recensé. Toutefois, la présence potentielle de jardins potagers ou d'élevages chez les particuliers implique une exposition possible via la consommation de légumes, fruits, viande, produits laitiers, oeufs et céréales produits localement et donc susceptibles d'être exposés aux émissions de l'installation. La présence de cours d'eau et de points de captage en eau potable dans le domaine d'étude implique également une exposition par ingestion d'eau et de poissons pêchés. Enfin l'ingestion de terre, relativement importante chez les jeunes enfants, est une autre source potentielle d'exposition.

Il est considéré une durée de fonctionnement de l'installation de 30 ans.

Pour les effets à seuil, la durée de résidence sur le domaine d'étude choisie est de 30 ans, ce qui correspond au 90ème percentile des durées de résidence en France (Nedellec, 1998), sans changer d'adresse. Pour les effets sans seuil, il a été considéré, selon le cahier des charges du SYCTOM, une durée de résidence correspondant à la durée de vie d'un individu, fixée à 70 ans.

D'autre part, les personnes sont supposées être exposées 100 % du temps de vie, pour tenir compte de situations extrêmes d'exposition et parce que les données d'occupation du temps ne sont pas connues.

Evaluation de l'exposition par inhalation

L'exposition par inhalation aux composés émis par l'incinérateur est estimée en utilisant les résultats d'un modèle de dispersion atmosphérique qui permet de connaître les concentrations en composés (en moyenne annuelle) dans l'air sur tout le domaine d'étude,

Le domaine d'étude est un carré de 15 km par 15 km centré sur l'unité de valorisation énergétique (UVE) d'Ivry sur Seine (figure 4). Le relief du site (faible) a été pris en compte. Les données météorologiques retenues pour la simulation de la dispersion des composés atmosphériques proviennent de la station Météo-France de Paris-Montsouris pour les mesures de vent (vitesse et direction), de température, de pluviométrie et de nébulosité. Elles couvrent la période du 01/01/1999 au 31/12/2003 (figures 5 et 6).

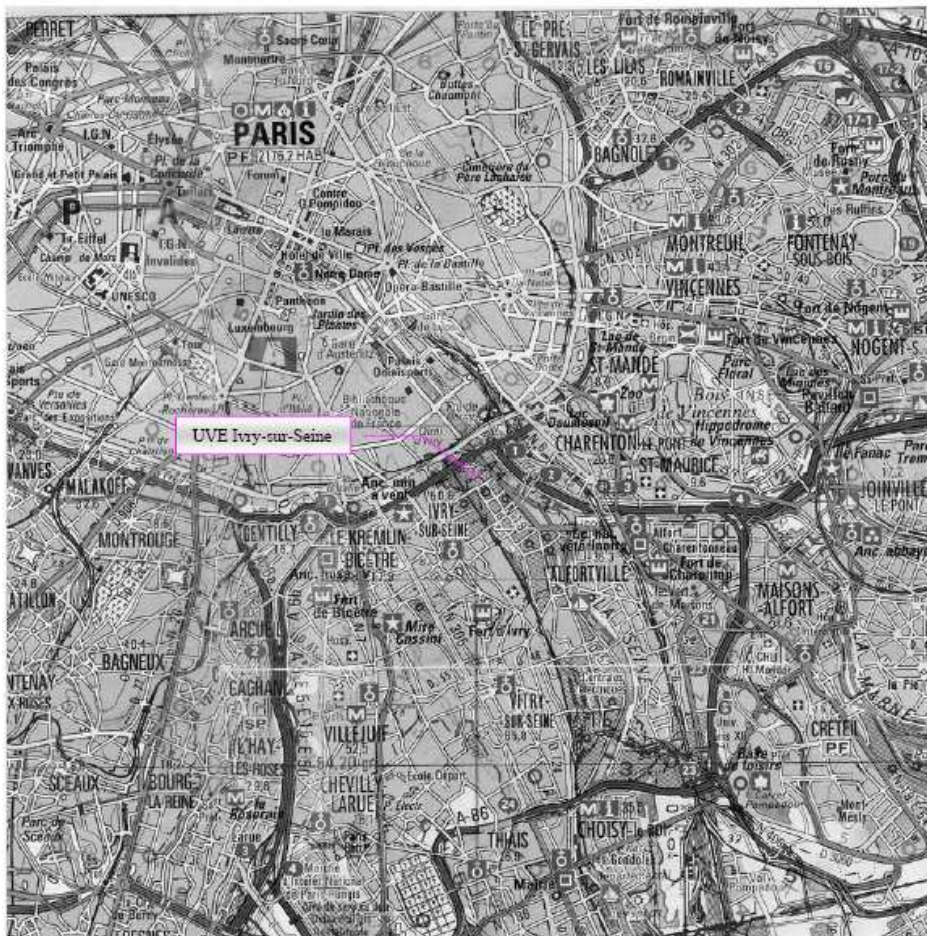


Figure 4 : Carte du domaine d'étude (carré de 15 km x 15 km)

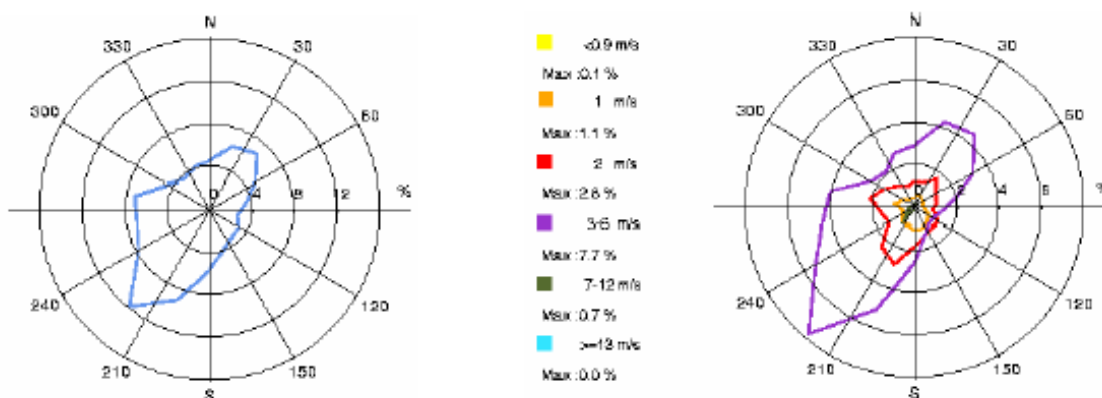


Figure 5 : Rose des vents générale au sol de la station de Paris-Montsouris toutes classes de vents (à gauche) et par classe de vents (à droite)

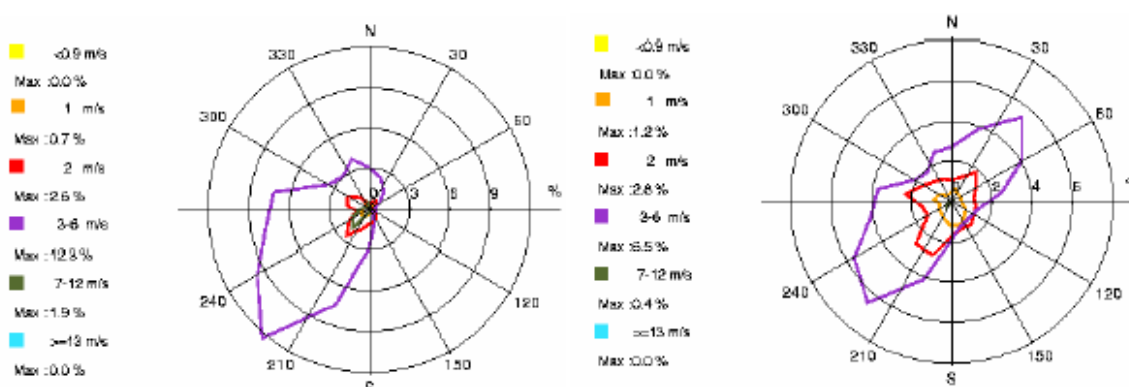


Figure 6 : Rose des vents calculée à partir des échéances de pluie (à gauche) et des échéances sans pluie (à droite)

Les valeurs à l'émission utilisées pour la modélisation sont basées sur des mesures à l'émission réalisées annuellement (dioxines et furanes), semestriellement (acide fluorhydrique, COV et éléments traces) ou en continu (acide chlorhydrique, dioxyde de soufre, monoxyde de carbone, oxydes d'azote, poussières).

Lorsque les données étaient disponibles, la concentration de bruit de fond atmosphérique a été ajoutée aux concentrations liées aux émissions de l'incinérateur, afin d'estimer les risques cumulés par inhalation. Ces données ont été recueillies auprès du réseau local de surveillance de la qualité de l'air, AIRPARIF, ou à défaut dans la littérature (OMS, Air Quality Guidelines, 2000).

Evaluation de l'exposition par ingestion

Pour pouvoir estimer les doses journalières auxquelles sont soumises les populations par ingestion, il est nécessaire de connaître les concentrations en chaque composé dans le sol et dans les diverses matrices alimentaires.

Les données issues de la modélisation réalisée par ARIA Technologies permettent d'estimer les concentrations dans l'air au niveau du sol et les débits de dépôts liés aux émissions de l'installation pour chaque composé sur le domaine d'étude.

Le calcul du transfert des dioxines et furanes dans les différents milieux à partir des données modélisées a ensuite été réalisé grâce au logiciel CalTOX.

Le logiciel CalTOX n'étant pas directement adapté pour les éléments traces, l'exposition par ingestion pour ces composés a été évaluée par le biais d'équations de transfert de polluants à travers la chaîne alimentaire proposées par l'US-EPA (HHRAP, 1998). Ces équations ne prennent pas en compte l'ingestion d'eau et de poissons.

Les habitudes de consommation sont issues d'études réalisées à l'échelle nationale. La part d'autoconsommation (consommation de produits locaux situés sous le panache de l'installation) prise en compte correspond à la moyenne de la ZEAT Région parisienne (Zone d'Etude et d'Aménagement du Territoire), en l'absence de données à l'échelle locale. Pour les dioxines et furanes, il est également considéré un scénario agriculteur, correspondant à de fortes habitudes d'autoconsommation.

L'apport par l'alimentation d'origine nationale (produits hors de la zone d'étude), ainsi que le bruit de fond dans les sols en éléments traces et en dioxines et furanes, ont également été pris en compte lorsque les données étaient disponibles pour évaluer les risques cumulés par ingestion. Les données de bruit de fond dans les sols sont issues de l'étude INRA-ASPITET (2002) et de la collecte INRA-ADEME (1998) pour les éléments traces et d'études françaises rapportées par l'Inserm (2000) pour les dioxines et furanes.

4.1.5 - Caractérisation du risque

Le risque est caractérisé comme suit :

Pour les composés à effet systémique (atteinte d'organes) qui présentent un risque à seuil, il s'agit de comparer l'exposition attribuable à l'installation à des valeurs toxicologiques de référence (VTR) publiées dans la littérature. Il est ainsi calculé des indices de risque (IR) qui sont le rapport entre les concentrations (C) attendues dans l'environnement ou les doses journalières d'exposition (DJE) estimées à partir de la modélisation et la VTR. En termes d'interprétation, lorsque cet indice est inférieur à 1, la survenue d'effet toxique apparaît peu probable même pour les populations sensibles. Au delà de 1, la possibilité d'apparition d'effets ne peut être exclue.

Pour les composés à effet cancérigène (effet sans seuil), le risque représente la probabilité de survenue d'effets nocifs chez un individu. Un excès de risque individuel (ERI) est calculé en multipliant l'excès unitaire de risque (ERU) vie entière (conventionnellement 70 ans) à la dose journalière d'exposition (DJE) pour la voie orale ou la concentration atmosphérique calculée dans la maille (C) considérée pour l'inhalation.

En termes d'interprétation, un excès de risque individuel de 10^{-5} correspond à une probabilité supplémentaire de 1 sur 100 000 de développer un cancer au cours de sa vie. Le niveau de risque cancérigène est à apprécier par rapport à un risque de 1 pour 100 000 (ou 10^{-5}), niveau repère retenu par différentes instances internationales pour la gestion des risques environnementaux. Il s'agit d'une valeur indicative, d'autres sont possibles.

Les risques globaux sont calculés de la manière suivante selon que les substances présentent un danger à seuil ou sans seuil :

- Pour les composés à effet systémique : la somme doit être réalisée pour ceux dont la toxicité est identique en termes de mécanisme d'action et d'organe cible. Pour le mercure qui ne présente pas les mêmes effets selon la forme chimique considérée, les risques obtenus pour chacune des espèces ont été étudiés séparément.
- Pour les composés à effet sans seuil : la somme de tous les ERI doit être réalisée, quel que soit le type de cancer et l'organe touché, de façon à apprécier le risque cancérigène global.

4.1.6 - Incertitudes

Les principales hypothèses de travail et incertitudes portent sur les points suivants :

- L'exposition des personnes est considérée comme permanente dans le domaine d'étude, soit 24 H/24, 7 jours/7, 365 jours/an, pendant une durée hypothétique d'exposition de 30 ans (70 ans pour les composés à effet sans seuil),
- Le benzène a été retenu pour représenter les composés organiques volatils, en l'absence de spéciation pour ces émissions. Les émissions d'arsenic total ont été assimilées à de l'arsenic inorganique en l'absence de spéciation sur la part relative des formes organique et inorganique. Ces hypothèses sont majorantes,
- les oxydes d'azote (NOx) ont été assimilés au dioxyde d'azote (NO₂), et les poussières totales ont été assimilées d'une part à des particules PM10, et d'autre part à des particules PM2,5
- Le calcul des concentrations en éléments traces dans les produits végétaux et animaux a été réalisé grâce des équations de transfert simplifiées de l'EPA, qui majorent très largement les résultats obtenus,
- Selon des informations récentes obtenues auprès d'Aria Technologie, la méthode d'estimation des dépôts humides de poussières et de PCDD/PCDFs utilisée en 2005 dans le logiciel Aria impact

surestimait ces derniers d'un facteur 10. Ceci est une surestimation du risque à ajouter à celles déjà listées,

- L'exposition par ingestion au cuivre et au manganèse n'a pu être évaluée que partiellement, faute de données sur les facteurs de biotransfert dans les diverses matrices alimentaires.

Les études réalisées et synthétisées ci-après comportent des incertitudes et des limites, dont l'influence sur les résultats est difficilement quantifiable. Un grand nombre d'entre elles résulte de lacunes dans les connaissances scientifiques en 2005. Certaines données locales pourraient néanmoins être précisées, telles que la spéciation de certains composés à l'émission (As, Cr, COV) et les valeurs de bruit de fond atmosphérique et de sols non disponibles au moment de la réalisation de ces études.

4.2 - Résultats avant la mise en place du Traitement complémentaire des fumées (TCF)

La modélisation de la dispersion a été réalisée avec les caractéristiques de l'usine avant la mise en place du TCF, fournies par le SYCTOM, dont :

- les caractéristiques des cheminées,
- la moyenne des résultats des mesures obtenue entre 2001 et 2004 par l'IRH pour les paramètres suivants : la température des rejets, la vitesse d'éjection, les concentrations en acide fluorhydrique, en COV et en éléments traces (ETM) (au total 7 mesures), et pour les dioxines et furanes une moyenne de 4 mesures effectuées entre 2001 et 2004,
- Toutes les autres données sont issues des instruments et analyseurs en continu sur site et correspondent à la moyenne des mesures journalières réalisées de janvier 2003 à octobre 2004.

Les figures 7 et 8 représentent les résultats de la modélisation de la concentration moyenne annuelle dans l'air d'un composé gazeux (les oxydes d'azote, NOx), et les dépôts totaux moyens annuels d'un composé adsorbé sur les poussières (dioxines et furanes).

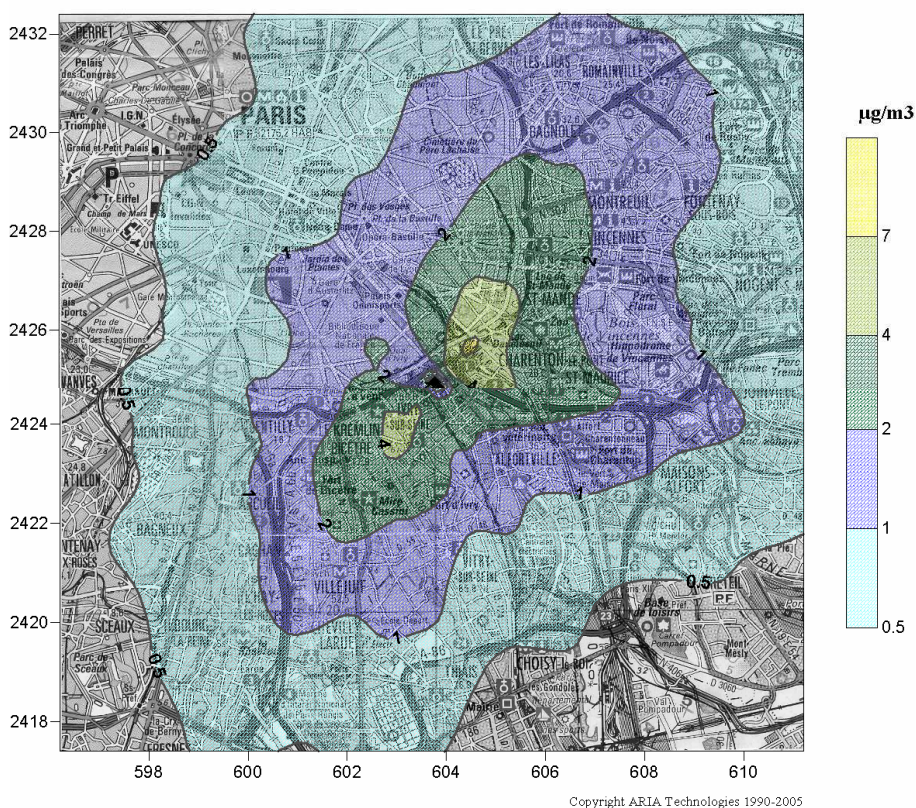
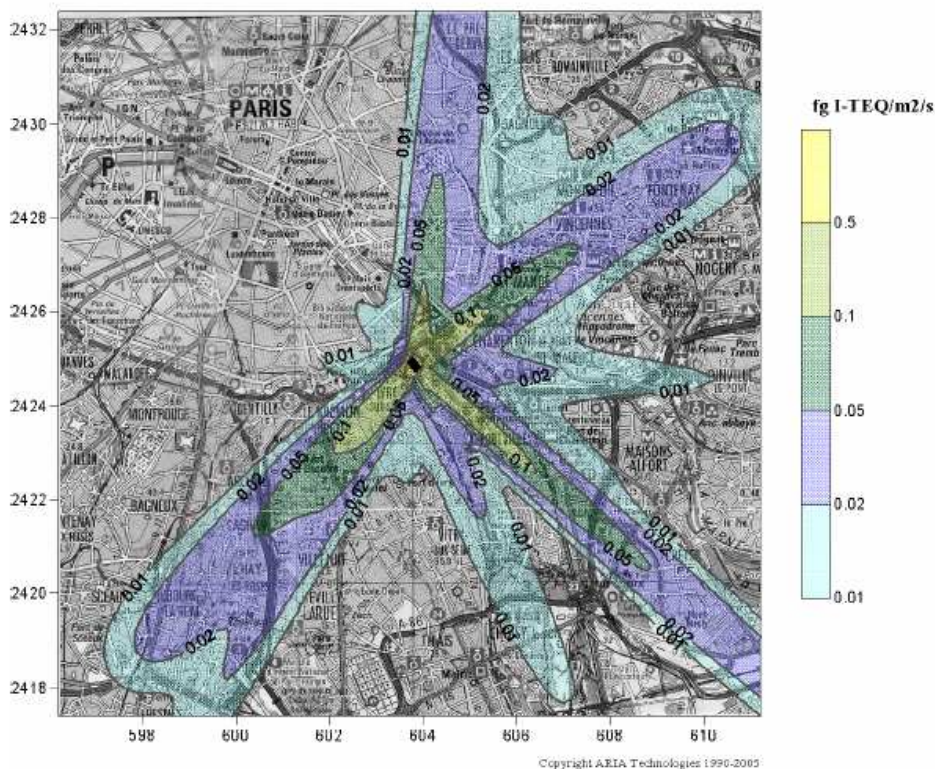


Figure 7 : Carte des concentrations moyennes annuelles en NOx avant TCF (µg/m³).



Dépôts max. : 2.24 fg I-TEQ/m²/s

Figure 8 : Carte des dépôts totaux (sec et humide) au sol de dioxines et furanes avant TCF (fg TEQ/m²/s).

La caractérisation des risques de l'usine avant mise en place du TCF pour l'ensemble des composés étudiés amène aux résultats suivants :

➤ Risques liés aux émissions de l'installation :

Le risque systémique (atteinte d'organes) lié à l'exposition par inhalation ou par ingestion aux composés émis par l'installation, calculée à partir de la modélisation de la dispersion des composés dans l'environnement et pour un scénario de consommation moyen de la ZEAT Région parisienne, apparaît peu probable (indice de risque < 1), même pour les populations sensibles du domaine d'étude.

Pour un scénario prenant en compte de fortes habitudes d'autoconsommation, le risque systémique lié à l'exposition par ingestion aux dioxines et furanes ne peut être exclu au regard de la dose mensuelle tolérable provisoire de l'OMS (2002). Toutefois la présence de personnes susceptibles d'avoir de fortes habitudes d'autoconsommation de produits animaux élevés dans la zone concernée, située à la périphérie de Paris, est peu probable.

Le risque cancérigène lié aux émissions de l'installation est inférieur à la valeur considérée comme limite de risque acceptable par de nombreux organismes internationaux (10^{-5}), pour chacun des toxiques sans seuil étudiés. Le risque cancérigène global, prenant en compte l'ensemble des composés sans seuil émis par l'installation toutes voies d'exposition confondues, reste acceptable.

➤ Risques liés à l'ensemble des sources d'exposition :

La prise en compte de l'ensemble des sources d'exposition (c'est-à-dire en ajoutant aux contributions de l'usine, le bruit de fond atmosphérique, le bruit de fond des substances dans les sols et l'apport par l'alimentation nationale) amène à des risques potentiels d'effets sur l'appareil respiratoire et le système nerveux, qui sont essentiellement imputables :

- au bruit de fond atmosphérique local en dioxyde d'azote et en PM_{2,5} (le bruit de fond atmosphérique de chacun de ces éléments dépasse la valeur toxique de référence)
- aux apports en mercure par l'alimentation nationale

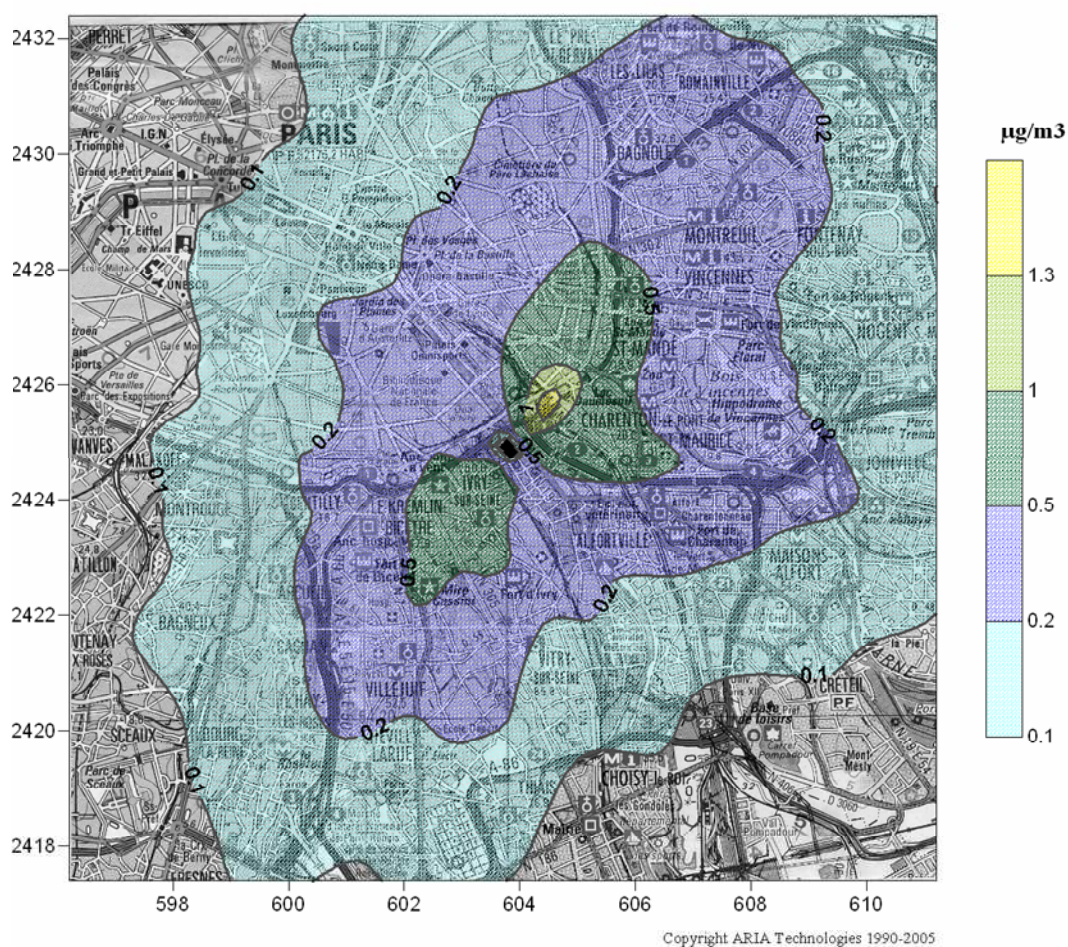
De même, le risque cancérigène cumulé, prenant en compte l'ensemble des sources d'exposition en plus de ceux de l'usine, dépasse la valeur limite de risque acceptable (de 10^{-5}), ce dépassement étant principalement imputable aux apports en arsenic inorganique par l'alimentation nationale.

La contribution de l'usine à ces risques cumulés est présentée dans les tableaux 5 et 6 (page 22, colonne « avant TCF ») et se situe entre 1.3% et 27.2%.

4.3 - Résultats après la mise en place du Traitement complémentaire des fumées

La modélisation de la dispersion a été réalisée avec les caractéristiques de l'usine après la mise en place du TCF, fournies par le SYCTOM, dont les caractéristiques des cheminées, et les émissions futures de l'usine avec 2 hypothèses : les émissions en se basant sur les seuils réglementaires (excepté pour les NOx où la valeur retenue est de 70 mg/Nm^3 et non de 200 mg/Nm^3), et les émissions futures attendues (qui sont inférieures aux émissions basées sur les seuils réglementaires).

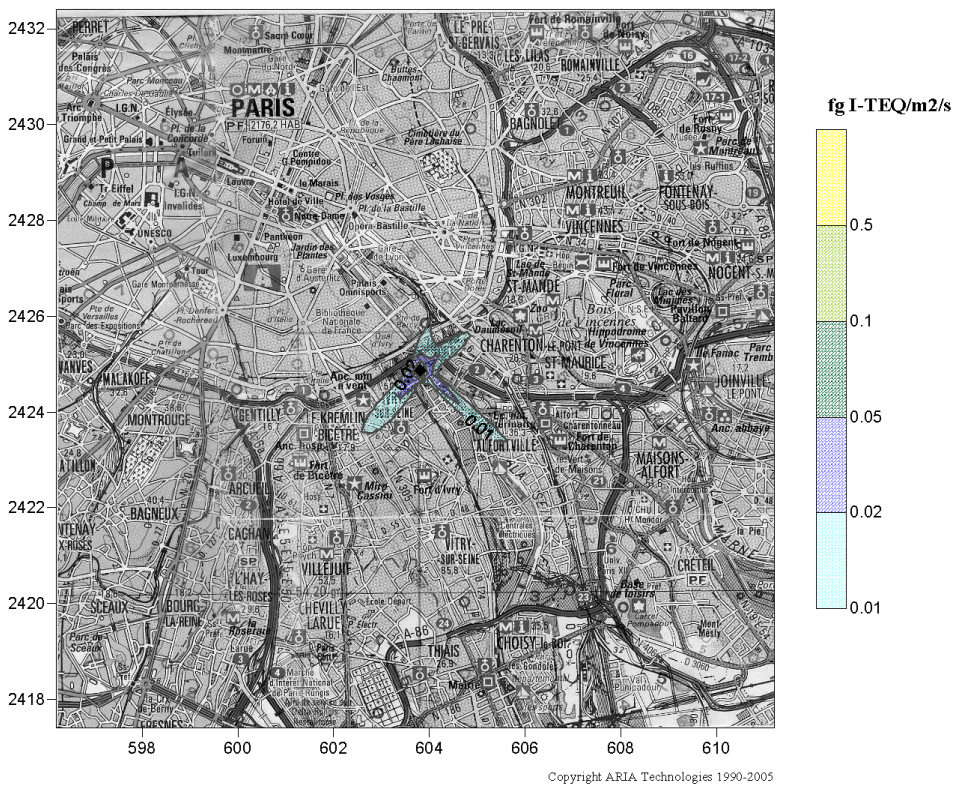
Les résultats de la modélisation pour les NOx après TCF scénario « seuils réglementaires » et valeurs attendues sont donc identiques (figure 9).



Concentration max. : $1.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$

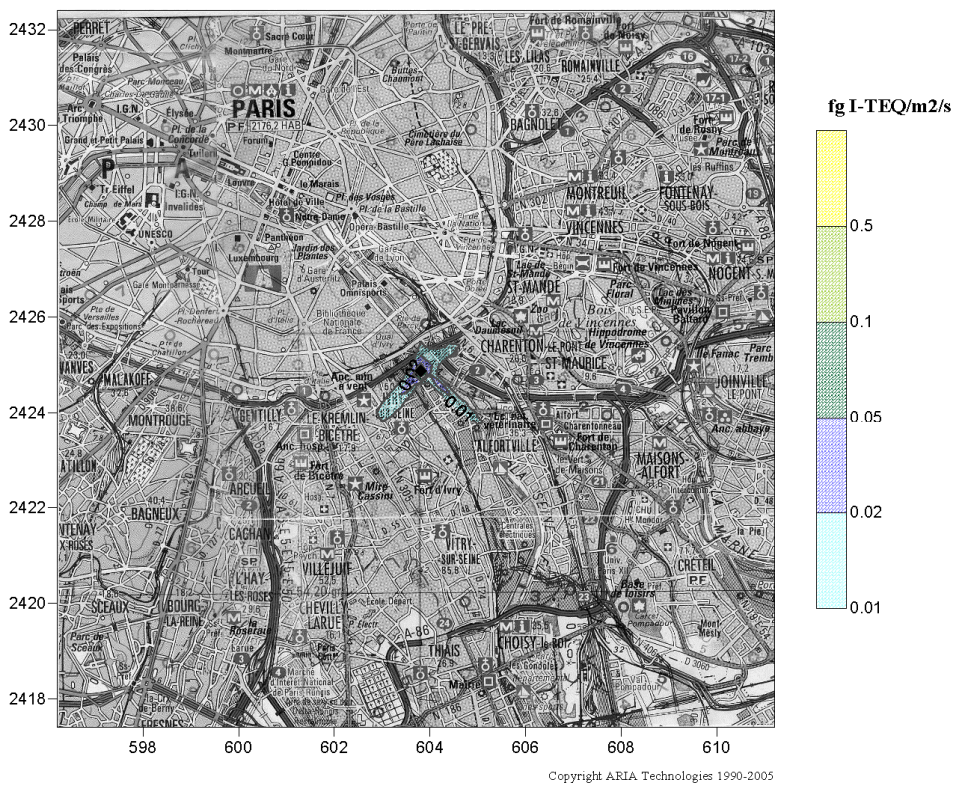
Figure 9 : Carte des concentrations moyennes annuelles en NOx après TCF scénario valeurs réglementaires et valeurs attendues ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Remarque : En cas de comparaison des cartographies des modélisations avant et après TCF, il faut bien noter que le code couleur n'est pas comparable (la couleur jaune représente les concentrations supérieures à $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avant TCF, et supérieures à $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ après TCF).



Dépôt max. : 0,16 fg I-TEQ/m²/s

Figure 10 : Carte des dépôts totaux (sec et humide) au sol de dioxines et furanes et furanes après TCF « seuils réglementaires » (fg TEQ/m²/s).



Dépôt max. : 0,13 fg I-TEQ/m²/s

Figure 11 : Carte des dépôts totaux (sec et humide) au sol de dioxines et furanes et furanes après TCF scénario attendu (fg TEQ/m²/s).

Remarque : Dans le cas des modélisations de dépôts de dioxines, le code couleur des cartographies est identique avant et après TCF.

La caractérisation des risques de l'usine après mise en place du TCF et sur les valeurs d'émissions « seuils réglementaires » et attendues par le constructeur pour l'ensemble des composés étudiés aboutissent à des résultats qualitatifs similaires :

➤ Concernant les émissions de l'usine seule :

Le risque systémique (atteinte d'organes) lié à l'exposition par inhalation ou par ingestion aux composés émis par l'installation, calculée à partir de la modélisation de la dispersion des composés dans l'environnement, apparaît peu probable, même pour les populations sensibles du domaine d'étude.

Le risque cancérigène lié aux émissions de l'installation est inférieur à la valeur considérée comme limite de risque acceptable par de nombreux organismes internationaux (10^{-5}), pour chacun des toxiques sans seuil étudiés. Le risque cancérigène global, prenant en compte l'ensemble des composés sans seuil émis par l'installation toutes voies d'exposition confondues, reste inférieur à la valeur repère de 10^{-5} .

➤ Concernant les émissions de l'usine et le bruit de fond (risques cumulés) :

La prise en compte de l'ensemble des sources d'exposition (c'est-à-dire en ajoutant aux contributions de l'usine, le bruit de fond atmosphérique, le bruit de fond des substances dans les sols, et l'apport par l'alimentation nationale) amène à des risques potentiels d'effets sur l'appareil respiratoire et le système nerveux, qui sont essentiellement imputables :

- au bruit de fond atmosphérique local en dioxyde d'azote et en PM_{2,5}
- aux apports en mercure par l'alimentation nationale.

De même, le risque cancérigène cumulé, prenant en compte l'ensemble des sources d'exposition en plus de celles de l'usine, dépasse la valeur limite de risque acceptable (de 10^{-5}), ce dépassement étant principalement imputable aux apports en arsenic inorganique par l'alimentation nationale.

La contribution de l'usine à ces risques cumulés est présentée dans les tableaux 5 et 6 (page 22, colonnes après TCF valeurs « seuils réglementaires » et après TCF valeurs attendues), et se situe entre 1.5% et 12.5% après TCF valeurs « seuils réglementaires » et entre 0.7% et 6.5% après TCF valeurs attendues.

4.4 - Bilan des évaluations des risques

Au bilan, et quel que soit le scénario considéré (avant mise en place du système de traitement complémentaire des fumées, et après mise en place du TCF avec les valeurs d'émissions basées sur les seuils réglementaires ou avec les valeurs d'émissions attendues) les évaluations des risques liés aux émissions atmosphériques de l'usine seule ne mettent pas en évidence de risque pour les populations, même pour les populations sensibles.

Seul le scénario avant TCF (avant 2006), pour des personnes avec de fortes habitudes d'autoconsommation, peut présenter un risque systémique lié à l'exposition par ingestion aux dioxines et furanes. Toutefois la présence de personnes susceptibles d'avoir de fortes habitudes d'autoconsommation de produits animaux dans la zone concernée, située à la périphérie de Paris, est peu probable.

En revanche, si l'on cumule les émissions de l'usine avec le bruit de fond, afin d'évaluer les risques liés à l'ensemble des sources d'exposition, des risques potentiels d'effets sur l'appareil respiratoire et le système nerveux sont mis en évidence. Ces risques sont principalement imputables au bruit de fond atmosphérique local en dioxyde d'azote et en PM_{2.5} et aux apports de mercure par l'alimentation nationale. Il est précisé que le risque lié au bruit de fond dépasse à lui seul la valeur limite acceptable dans tous les scénarios et pour toutes les voies d'exposition.

Le risque cancérigène cumulé dépasse la valeur limite acceptable (de 10^{-5}), principalement en raison de l'apport en arsenic inorganique par l'alimentation nationale. De même, il est précisé pour le risque cancérigène, que le risque lié au bruit de fond dépasse à lui seul la valeur limite acceptable dans tous les scénarios et pour toutes les voies d'exposition.

La contribution de l'usine à ces risques cumulés est présentée dans les tableaux 5 et 6, elle se situe :

- entre 1.3% et 27.2% pour le scénario « avant TCF »
- entre 1.5% et 12.5% pour le scénario « après TCF valeurs seuils réglementaires »
- entre 0.7% et 6.5% pour le scénario « après TCF valeurs attendues »

Le tableau 5 présente les valeurs minimales, et le tableau 6 les valeurs maximales de risque. En effet, différentes hypothèses ont été retenues :

- Il existe 2 choix de VTR pour l'arsenic inorganique par inhalation avec seuil, les dioxines et furanes par ingestion avec seuil, et le benzène par inhalation sans seuil,
- Deux concentrations en manganèse dans l'air ont été utilisées (la valeur minimale et maximale de la fourchette fournie par l'OMS),
- 2 scénarios concernant l'exposition aux dioxines et furanes par ingestion ont été étudiés : un scénario ZEAT et un scénario agriculteur (avec de fortes habitudes d'autoconsommation)

Voie d'exposition	avant TCF			après TCF valeurs seuils réglementaires			après TCF attendu		
	usine seule	cumulé	% usine	usine seule	cumulé	% usine	usine seule	cumulé	% usine
inhalation à seuil	0.4	3.3	12.1%	0.4	3.2	12.5%	0.2	3.1	6.5%
ingestion à seuil	0.051	3.8	1.3%	0.059	3.9	1.5%	0.029	3.9	0.7%
sans seuil	2.9E-06	1.9E-04	1.5%	5.2 ^E -06	2.0E-04	2.6%	2.0E-06	1.3E-04	1.6%

Tableau 5 : Résultats des risques à seuil et sans seuil selon les 3 scénarios d'émissions considérés, et contribution de l'usine au risque total (valeurs minimales retenues pour les indices de risques).

Voie d'exposition	avant TCF			après TCF valeurs seuils réglementaires			après TCF attendu		
	usine seule	cumulé	% usine	usine seule	cumulé	% usine	usine seule	cumulé	% usine
inhalation à seuil	0.4	4.8	8.3%	0.4	4.7	8.5%	0.2	4.6	4.3%
ingestion à seuil	1.5	5.51	27.2%	0.15	4.2	3.6%	0.097	4.2	2.3%
sans seuil	3.0E-06	2.0E-04	1.5%	5.7E-06	2.0E-04	2.9%	2.1E-06	1.3E-04	1.6%

Tableau 6 : Résultats des risques à seuil et sans seuil selon les 3 scénarios d'émissions considérés, et contribution de l'usine au risque total (valeurs maximales retenues pour les indices de risques).

Remarque :

L'apport provenant du bruit de fond dans les sols n'est pas le même pour les scénarios avant et après TCF :

- avant TCF, en l'absence de données locales dans les sols, ce sont les valeurs des bases de données de l'Etude INRA-ASPITET (2002), de la collecte INRA-ADEME (1998), et de l'INSERM (2000)
- après TCF, les résultats des analyses de sols qu'a fait réaliser le SYCTOM en mai 2005 ont pu être utilisés.

Pour ces raisons, les indices de risques cumulés liés à l'ingestion à seuil ne sont pas similaires dans les scénarios avant et après TCF. Ils sont plus faibles pour le scénario avant TCF, car les teneurs issues des bases de données étaient pour la plupart des composés inférieures à celles mesurées en mai 2005.

5 - LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE AUTOUR DE L'USINE D'IVRY SUR SEINE

5.1 - Méthodologie

En 2005, le SYCTOM a chargé ARIA Technologie de réaliser une proposition de plan de surveillance des retombées atmosphériques des UIOM de Saint-Ouen, Ivry-sur-Seine, Issy-les-Moulineaux (ancienne usine et nouvelle usine ISSEANE).

La méthode choisie est celle des jauges Owen, ou collecteurs de précipitation, ainsi que la recommandait l'INERIS en 2001 dans son guide méthodologique « Méthode de surveillance des retombées des dioxines et furanes autour d'une UIOM ».

L'échantillonnage passif à l'aide de collecteurs de retombées (de type jauges Owen) consiste en un entonnoir surmontant un récipient de collecte monté sur un trépied. Ces mesures sont assez représentatives de ce qui est déposé sur le sol, cependant la fraction gazeuse et les particules fines seront faiblement captées par ce type de système passif. Cette méthode est utilisée pour le suivi de nombreuses UIOM et installations, des référentiels existent pour l'interprétation des résultats de dioxines et furanes, et métaux.

Le temps d'exposition doit être d'au moins 1 mois, et peut aller jusqu'à 2 mois (durée d'exposition retenue pour le SYCTOM). Cela permet d'avoir un suivi sur un temps relativement long. En revanche, le matériel doit être protégé de la population générale (actes de malveillance, dégradations possibles), et la manipulation comme les dosages doivent être réalisés par des personnes compétentes.

La localisation des jauges a été déterminée en tenant compte de la cartographie de la dispersion atmosphérique des substances émises par l'usine d'Ivry-sur-Seine, réalisée par ARIA, et après avoir également étudié les zones de retombées des 2 autres usines de Saint-Ouen et d'Issy-les-Moulineaux, car les périmètres limites de ces 3 usines se chevauchent. Les émissions de dioxines et furanes des UIOM de Rungis (0.08 g TEQ/an) et de Créteil (0.51 g TEQ/an), usines de plus petites capacités que celles du SYCTOM, sont plus de 10 fois plus faibles que celles d'Ivry-sur-Seine, et ont été négligées. **En revanche, les autres sources émettrices de dioxines et furanes hors incinération, notamment industrielles, n'ont pas été considérées.**

Selon la méthodologie définie par l'INERIS, les jauges sont disposées dans un rayon délimité par un périmètre au-delà duquel les concentrations modélisées au niveau du sol ne sont plus significatives, dit "périmètre limite". Cette concentration sera déterminée à partir de l'étude de dispersion. La zone d'implantation des blancs doit être délimitée aux points où la concentration en dioxines et furanes au sol est égale à 10 % de la valeur des concentrations maximum.

Les points témoins (2 points) seront localisés sur le "périmètre limite". Trois points seront placés dans l'axe des vents dominants de direction 1 entre le point d'émission et le "périmètre limite". Trois autres points seront placés dans l'axe des vents dominants de direction 2 entre le point d'émission et le "périmètre limite". Les points témoins seront positionnés perpendiculairement à l'axe des vents dominants (figures 12 et 13).

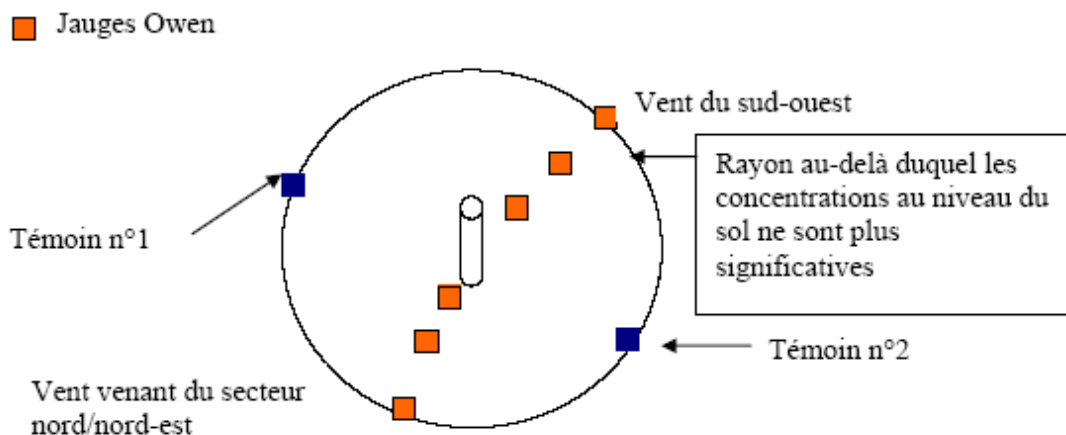


Figure 12 : Schéma de répartition des points de prélèvements des jauges Owen autour d'Ivry.

Dans le cas où une ou plusieurs autres sources de dioxines et furanes seraient présentes à proximité de l'installation étudiée, l'INERIS préconise de définir 2 sites de prélèvements supplémentaires.

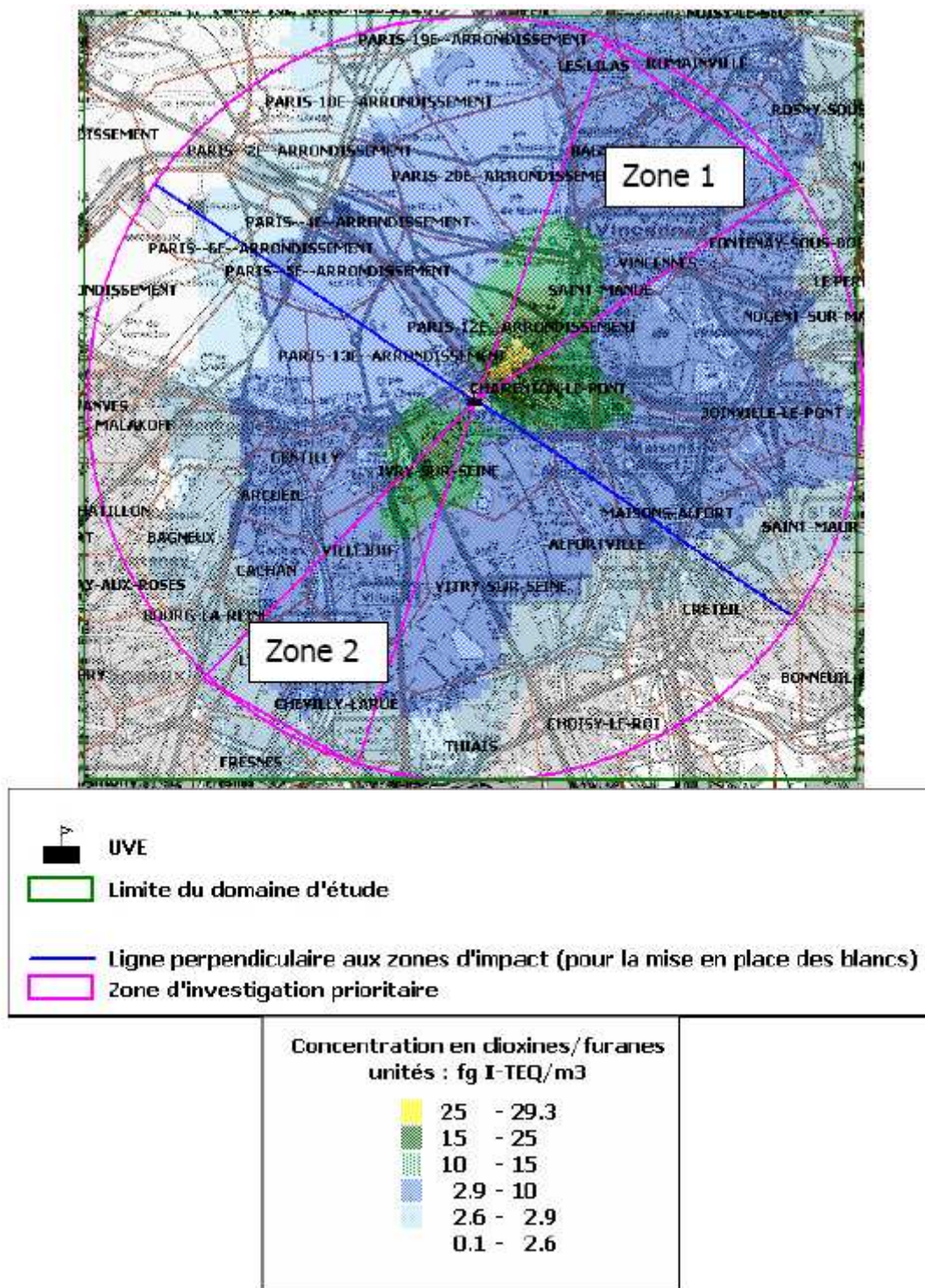


Figure 13 : Zones d'implantation intéressantes pour la localisation des jauges Owen – UVE d'Ivry-sur-Seine.

Dans chaque zone de prélèvement défini, trois points pourraient être analysés (figure 13): un dans la zone jaune ; un dans la zone verte claire ; et un dans la zone bleue.

La figure 14 permet de visualiser les points de prélèvements de 2005 situés dans les zones d'influence de l'UVE d'Ivry-sur-Seine, et d'identifier les points communs à 2 installations.

Sur cette figure, sont présentés les points de prélèvements mis en place en 2005, et non les points prévus initialement. En effet, lors de l'établissement du plan de surveillance en 2005, le SYCTOM a rencontré des difficultés pour trouver des sites d'accueil des jauges dans les axes des vents dominants et dans des endroits clos et dégagés. De plus, certaines communes n'avaient pas répondu à temps à la demande du SYCTOM. Dans l'objectif de respecter les délais de mise en œuvre, 2 points ont été réalisés dans l'axe des vents du sud-ouest, au lieu de 3.

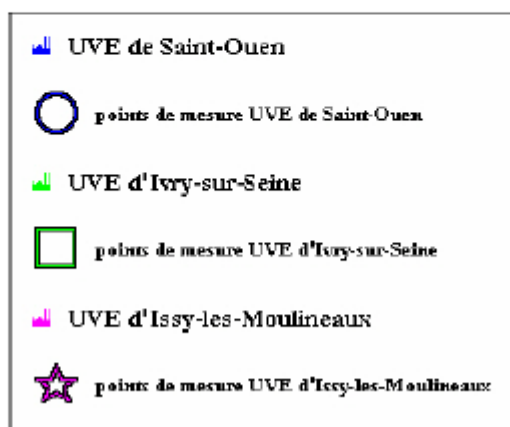
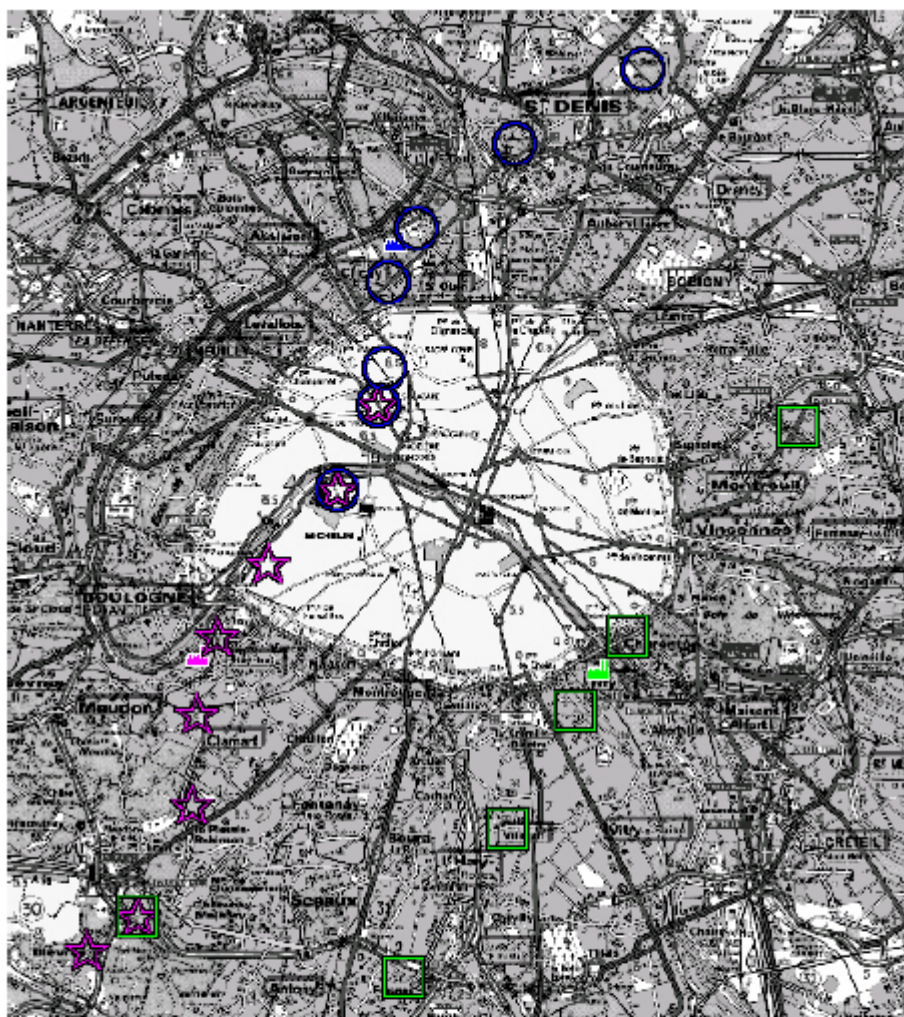


Figure 14 : Positionnement des jauges Owen pour les 3 UVE en fonctionnement.

La figure 15 présente l'ensemble des points de prélèvements des 3 UVE en 2005, ainsi que les points témoins dont certains ont été déplacés : deux témoins se situaient sur des communes ayant un incinérateur (Argenteuil et Créteil), ils ont donc été localisés sur les communes de Maisons-Laffitte et de Mandres-les-Roses.

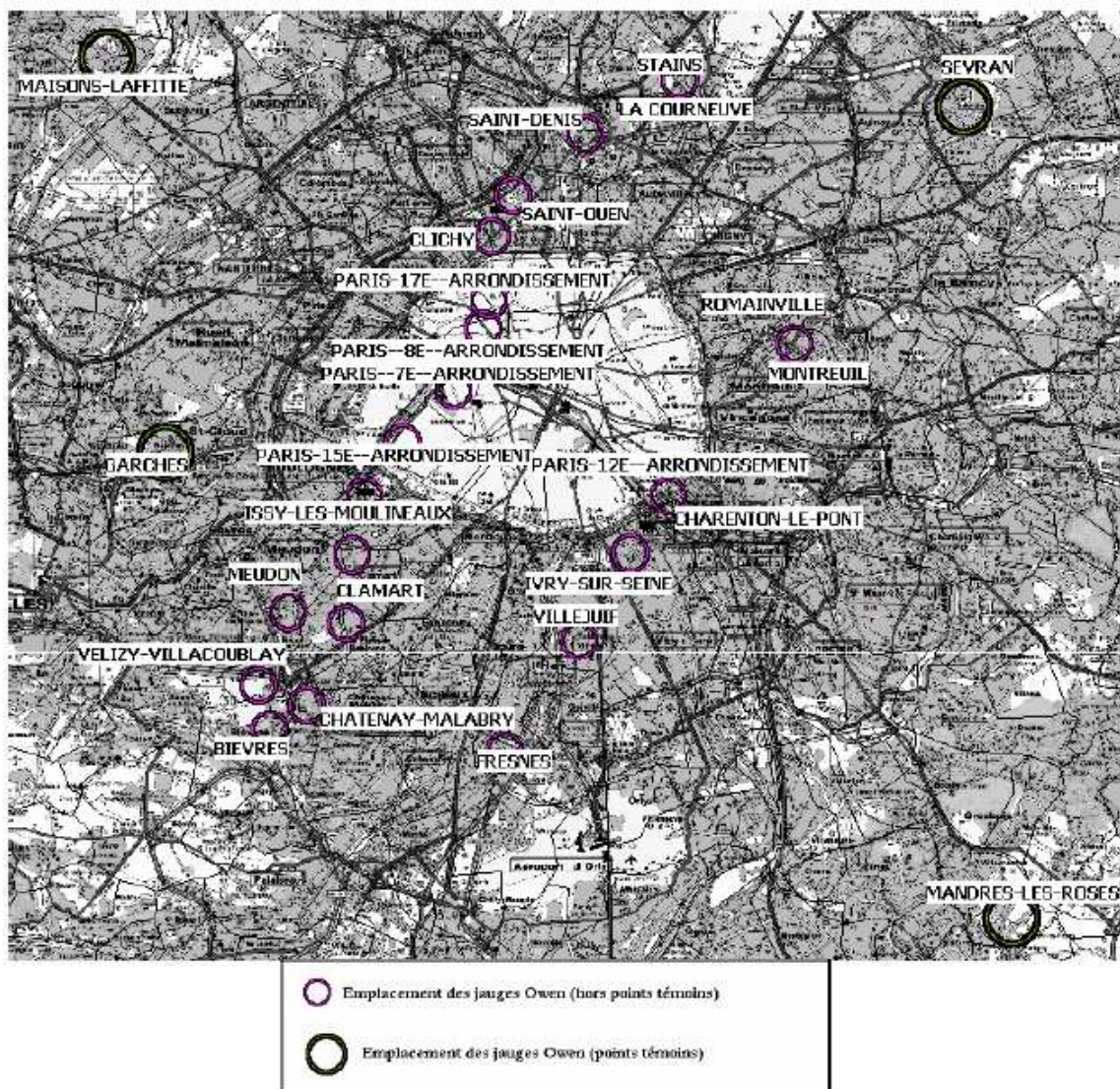


Figure 15 : Plan de prélèvement des 3 UVE en 2005 avec la localisation des jauges témoins

Les jauges de mesures pour Ivry-sur-Seine déterminées en 2005 sont les suivantes :

Exposition SO	Exposition NE
J25 à 10 400 m	J27 à 1 200 m
J28 à 9 300 m	J2 à 8 700 m
J7 à 3 800 m	
J6 à 1 900 m	

Les jauges témoins sont :

- J5 à 22 000 m (axe sud-est)
- J26 à 17 450 m (axe nord-ouest)

En 2007, 2 points de mesure ont été ajoutés sur l'axe nord-est, situés entre J2 et J27 :

- J30 à 2 800 m
- J29 à 6 500 m

Le point J29 permettait de dédoubler le point J2 car les résultats élevés obtenus en 2005 et 2006 sur ce point suggéraient l'existence d'une autre source (conformément au guide INERIS). Le point J30 est le 3^{ème} point dans l'axe des vents du sud-ouest, qui n'avait pu être mis en place auparavant.

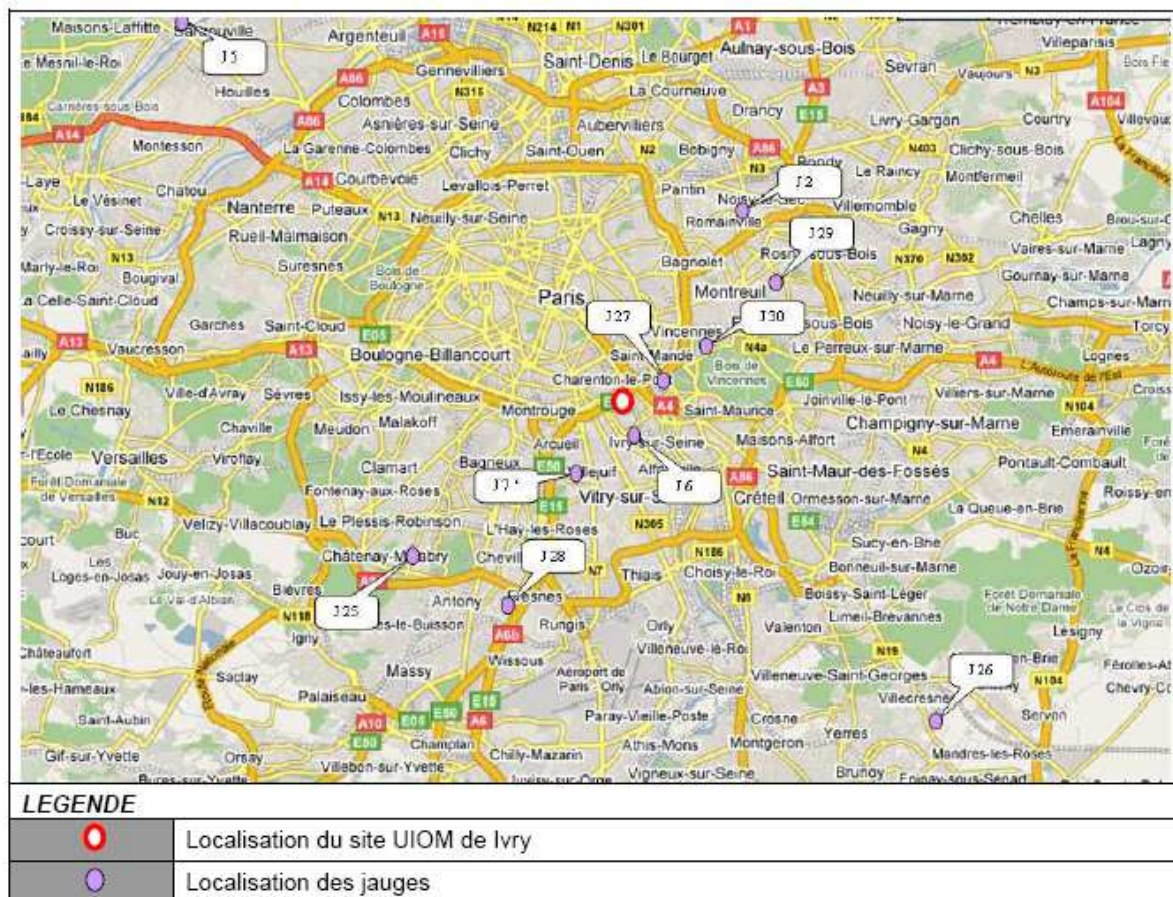


Figure 16 : Localisation des jauges implantées autour de l'UVE d'Ivry-sur-Seine.

La figure 17 (page suivante) localise les points (hormis les jauges témoins, hors échelle) et représente les zones de retombées maximales de l'usine d'Ivry.

Le tableau 7 précise les périodes de mise en œuvre des jauges, et les prestataires responsables des expositions et des dosages :

année	Période d'exposition	Mise en œuvre	Laboratoire d'analyse
2005	04/04 au 09/06	Ascal (SMC2)	Micropolluants technologie (dioxines et furanes) ASCAL (métaux)
2006	15/05 au 17/07	Ascal (SMC2)	
2007	15/09 au 15/11	Norisko	Dioxlab (dioxines et furanes) SGS (métaux)
2008	24/09 au 20/11	Ascal (SMC2)	Micropolluants technologie (dioxines et furanes) ASCAL (métaux)

Tableau 7 : Période d'exposition et nom des sociétés ayant mis en œuvre les jauges, et réalisés les dosages.

Notons que les deux 1^{ères} années, les expositions ont été réalisées entre avril et juillet, et les 2 dernières années entre septembre et novembre. Il est probable qu'il existe des variations saisonnières entre ces 2 périodes. En effet, lors des périodes hivernales les émissions des chauffages collectifs et individuels sont présentes. Certaines études ont également montré des émissions de poussières moindres en hiver (rapport Piren Seine, 2002).

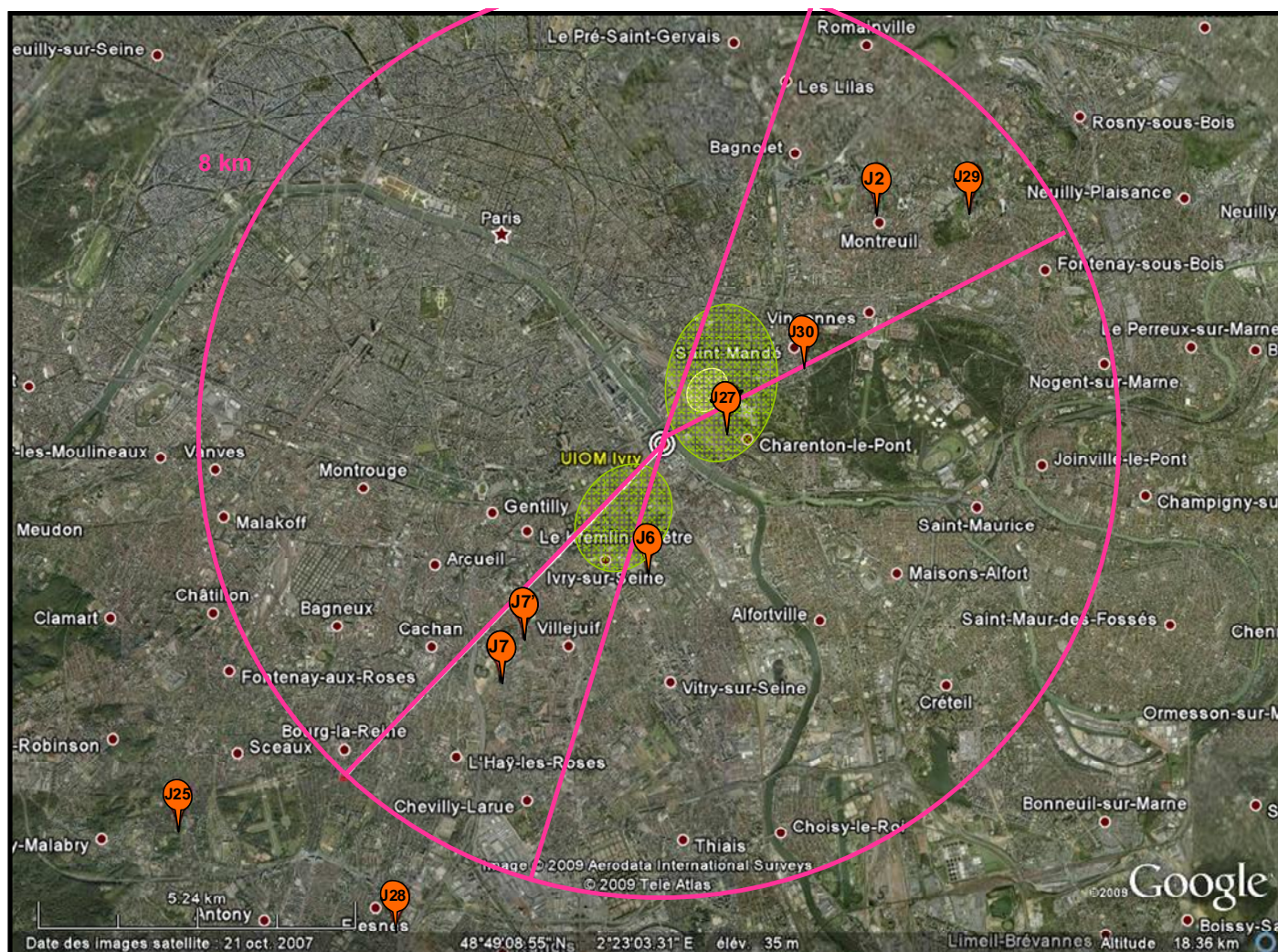


Figure 17 : Localisation des jauges (hormis les témoins, hors échelle), avec la représentation schématique des résultats de l'étude de dispersion d'Aria (2005) : zone jaune claire : 25-29.3 fg TEQ/m³, zone vert claire : 15-25 fg TEQ/m³.

(la localisation de la jauge J29 est exacte sur la figure 17 et inexacte sur la figure 16. La jauge J7 a dû être déplacé en 2007 car en 2006 le matériel a été dégradé et n'a pu être analysé. Un nouvel emplacement plus sûr a été choisi et la jauge renommée J7'.

Le tableau suivant présente la distance des points où sont placées les jauges par rapport à l'usine d'Ivry :

Point	Distance par rapport à l'usine (m) et axe	Altitude NGN (m)
J27	1 200 NE	54
J30	2 800 NE	56
J29	6 500 NE	110
J2	8 700 NE	60
J6	1 900 SO	63
J7'	3 800 SO	111
J7	3 800 SO	
J28	9 300 SO	65
J25	10 400 SO	102
J5	22 000 SE	23
J26	17 450 NO	92

Tableau 8 : Emplacement des jauges autour de l'UVE d'Ivry-sur-Seine et distance par rapport à l'usine. (La jauge J7 a dû être déplacée en 2007 car en 2006 le matériel a été dégradé et n'a pu être analysé. Un nouvel emplacement plus sûr a été choisi et la jauge renommée J7')

Lors de chaque exposition, les données météorologiques ont été analysées afin de pouvoir préciser pour chaque point le pourcentage d'exposition au vent ainsi que la vitesse des vents, et la pluviométrie associée à ce pourcentage d'exposition.

Les collecteurs utilisés pour la détermination des dioxines et furanes sont en verre, et pour les métaux en plastique. Les préparations des échantillons sont spécifiques pour les analyses de métaux, et de dioxines et furanes. Les résultats sont exprimés en gramme par m² et par jour (pg TEQ/m²/j pour les dioxines et furanes, et µg/m²/j pour les métaux).

5.2 - Résultats des analyses de dioxines et furanes

5.2.1 - Les référentiels

Il n'existe pas de niveau réglementaire en France ou en Europe, mais des valeurs typiques peuvent servir de référence à l'interprétation des résultats.

Le rapport de l'INERIS de 2001 propose des concentrations typiques en fonction du type de zones étudiées (rurale, urbaine ou industrielle).

Dans le cadre de la présente étude, il est également proposé de recourir à des données provenant d'associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) suite à des mesures réalisées entre 2000 et 2006.

source	Configuration des sites	Concentrations pg ITEQ/m ² /j
INERIS (Durif 2001) avant mise en conformité des UIOM	rural	5 à 20
	urbain	10 à 85
	Proche d'une source	jusqu'à 1000
Données AASQA* depuis la mise aux normes des usines d'incinération	Rural non influencé	<2
	Urbain non influencé	<5
	Proche d'une source	<16

Tableau 9 : Concentrations en PCDD/PCDFs dans les jauges suivant les sites, et les sources (INERIS ou AASQA).

* sources : Air Normand (2006), Air Pays de la Loire (2006), Air Pays de la Loire (2007), Atmo Poitou Charentes (2005), Atmo Poitou Charentes (2006), Atmo Poitou Charentes (2007), Lig'Air (2005), Lig'Air (2006).

5.2.2 - Concentrations en dioxines et furanes

Les concentrations en PCDD/PCDFs entre 2005 et 2008 sont présentées dans le tableau 11.

Les concentrations sont exprimées en Lod (« upperbound »), c'est-à-dire que lorsqu'un congénère est inférieur au seuil de détection, on lui attribue la valeur de ce seuil comme concentration.

Tableau 10 : Concentrations en PCDD/PCDFs dans les jauges entre 2005 et 2008 en pg TEQ/m²/j (en gras, les points dont le pourcentage de vents impactants avec des précipitations est supérieur à 10%, nm : non mesuré).

index jauge et localisation	distance UIOM et axe	2005	2006	2007	2008
		4/4 au 10/6	15/5 au 17/7	15/9 au 15/11	24/9 au 20/11
J27	1200 NE	3,61	2,46	0,65	3,50
J30	2800 NE	nm	nm	3,08	2,32
J29	6500 NE	nm	nm	1,44	2,74
J2	8700 NE	8,31	8,91	1,12	5,31
J6	1900 SO	4,38	2,07	1,32	0,78
J7/J7'	3800 SO	4,53	nm	3,01	3,00
J28	9300 SO	1,06	1,16	0,99	3,00
J25	10400 SO	1,47	0,34	1,70	2,38
J5	Témoïn SE	4,53	1,97	1,96	1,94
J26	Témoïn NO	1,36	1,81	2,86	1,82
moyenne jauges exposées		3,9	3,0	1,5	3,0
moyenne toutes jauges		3,7	2,7	1,8	2,7
minimum		1,1	0,3	0,7	0,8
maximum		8,3	8,9	3,1	5,3

L'ensemble des concentrations sont faibles, par rapport au référentiel AASQA, et représentatives d'une zone urbaine non influencée.

Seules 3 concentrations sont supérieures à 5 pg TEQ/m²/j, et en dessous de 16 pg ITEQ/m²/j, et donc représentatives de zones proches d'une source : il s'agit du point J2 situé à 8700 m au Nord Est de l'usine en 2005, 2006 et 2008. Etant donné qu'on ne retrouve pas de valeurs comparables (ou plus élevées) au niveau des points J27, J30 et J29, qui sont davantage soumis à l'influence des retombées de l'usine, ces résultats ne peuvent pas provenir des émissions de l'UVE d'Ivry.

Nous n'observons pas une diminution des teneurs sur les 2 axes des vents au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'usine d'Ivry comme cela devrait être le cas si l'on mettait en évidence l'impact de l'installation.

Les concentrations dans les témoins sont comprises entre 1.36 et 2.86, avec une exception à 4.53 pg TEQ/m²/j pour le point J5 en 2005. Les teneurs minimales ne sont jamais mesurées au niveau de ces 2 points témoins, ce qui démontre l'existence d'autres sources d'émissions de dioxines et furanes non négligeables que les incinérateurs dans la zone d'étude.

Les valeurs les plus fortes sont retrouvées au niveau du point J2 (2005, 2006 et 2008) et des point J7' et J30 (2007).

La localisation des valeurs les plus faibles est variable, celles-ci sont mesurées au niveau des points J28 en 2005, J25 en 2006, J27 en 2007 et J6 en 2008. Ces deux derniers points sont situés dans les zones de plus fortes retombées de l'usine d'Ivry d'après la simulation réalisée, de plus le point J6 est soumis en 2008 à des vents impactants avec pluie provenant de l'usine d'Ivry pendant la période d'exposition.

Pour chaque campagne, le tableau 11 précise les moyennes annuelles des jauges exposées et de l'ensemble des jauges (témoins inclus).

Une légère baisse des moyennes (avec ou sans les jauges témoins) est notée entre 2005 et 2006 (environ 25%). Entre 2006 et 2007, une nouvelle baisse est mise en évidence, plus importante (d'environ 50% pour les jauges exposées, et 33% pour l'ensemble des jauges), puis en 2008 les moyennes remontent à leur niveau de 2006.

5.2.3 - Etude des profils de congénères

La répartition des 17 congénères est relativement variable suivant les prélèvements, avec toutefois une forte contribution des composés les plus chlorés suivants : 1234678HpCDD, OCDD, 1234678HpCDF et OCDF (entre 75 et 96% du total, avec une exception à 24.5% pour l'échantillon J26 07).

Nous observons des profils très particuliers, notamment :

- Celui de la jauge J26 07, qui présente un profil très particulier, (ceci provient sans doute d'une erreur lors de la manipulation ou de l'analyse de l'échantillon, une répartition similaire de la plupart des congénères est observée),
- Les jauges de 2007 : J5, J6, J7', J25, J29 et J30 présentent des pourcentages élevés en 1234678HpCDD (23 à 28%), en 1234678HpCDF (10 à 16%), OCDF (13.6 à 49% pour J7', excepté J25), et faibles en OCDD (7.8 à 39%).

Le tableau présentant le pourcentage des 17 congénères pour chacune des jauges entre 2005 et 2008 est présenté en annexe 3.

A noter que les échantillons de 2006 : J5, J6, J25, J26, J27, J28 ; et de 2005 : J25 présentent de nombreux congénères inférieurs aux seuils de détection, ce qui limite l'intérêt de l'étude de la répartition de leurs profils.

L'analyse en composante principale suivante permet de visualiser la variabilité de ces profils, et les points particuliers (figures 18 et 19).

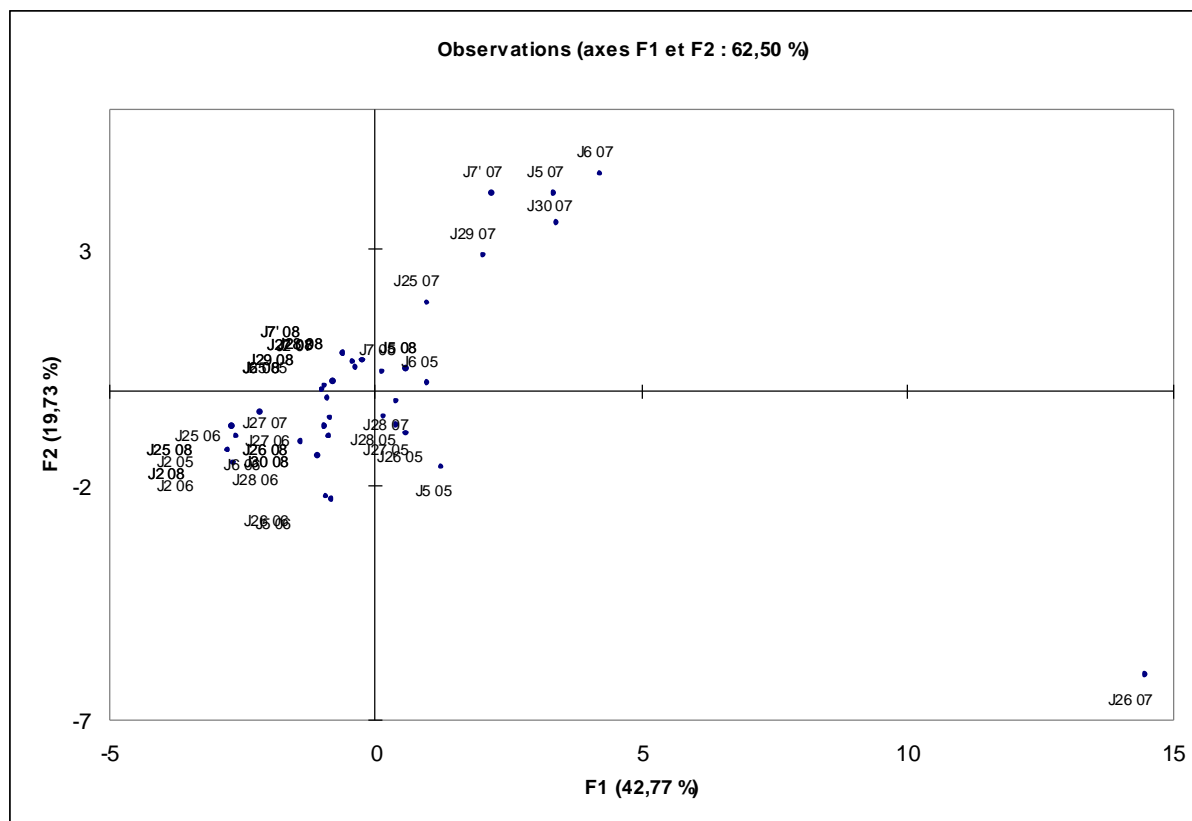


Figure 18 : Analyse en composante principale de la répartition massique des congénères dans les jauges (en pourcentage) selon les axes F1 et F2 (avec le point J26 07).

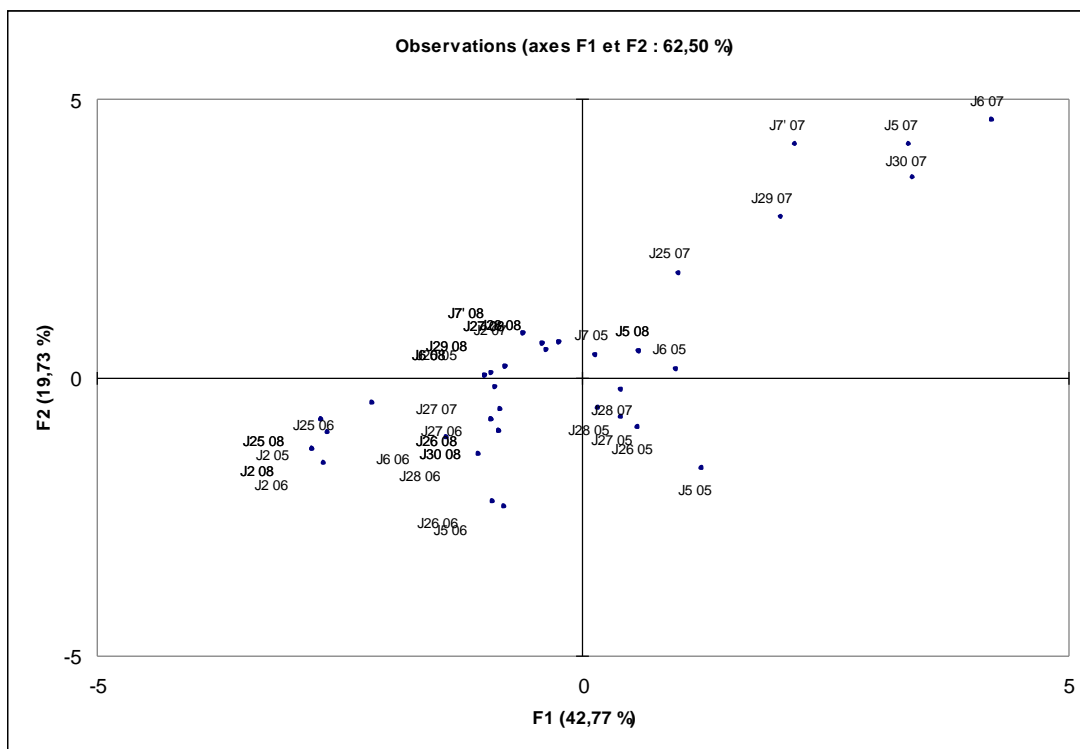


Figure 19 : Analyse en composante principale de la répartition massique des congénères dans les jauges (en pourcentage) selon les axes F1 et F2 (J26 07 hors échelle)

5.2.4 - Comparaison des profils à l'émission, des cartouches amesa, et des jauges

Si l'on compare les profils des congénères à l'émission, des cartouches AMESA et des jauges, nous pouvons noter quelques différences (analyse ACP figure 20). D'une façon générale, les pourcentages d'OCDD et d'OCDF dans les jauges sont plus élevés que dans les 2 autres matrices, et ceux de 1234678HdPCDD et 1234678HdPCDF sont légèrement plus faibles.

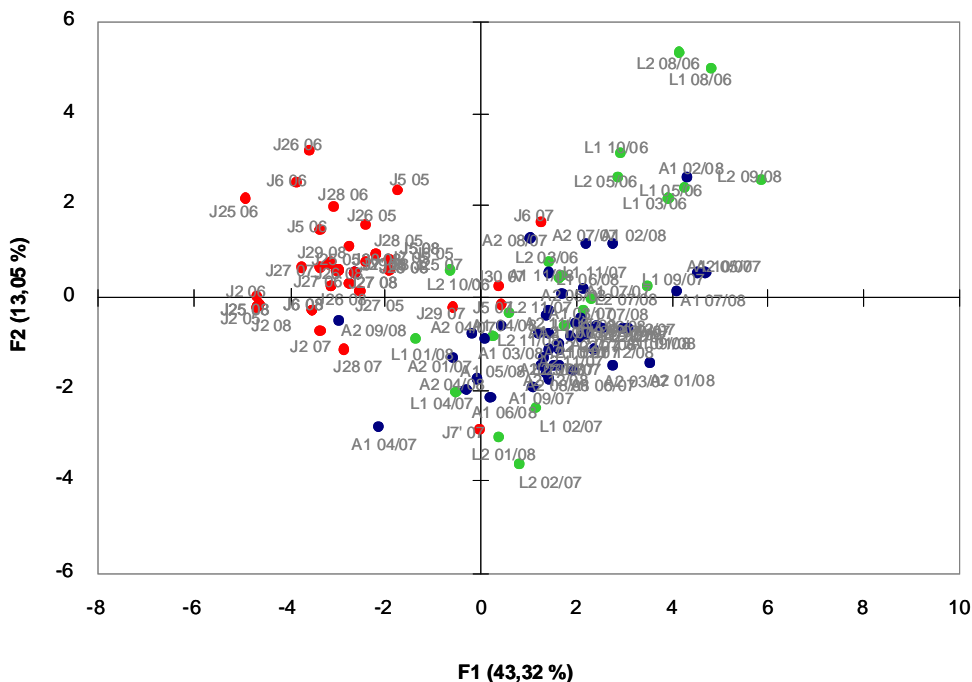


Figure 20 : Analyse en composante principale de la répartition massique des congénères dans les jauges (en rouge), les cartouches amesa (en bleu) et à l'émission (en vert) (en pourcentage) selon les axes F1 et F2 (J26 07 hors échelle).

Une raison de ces différences de profils vient du fait qu'à l'émission et dans les cartouches AMESA, ce sont les dioxines et furanes particulaires et gazeuses qui sont mesurées, alors que dans les jauges ce sont essentiellement les PCDD/PCDFs particulaires. Il faut bien entendu ajouter à cette raison que les dioxines et furanes déposées dans les jauges ne proviennent pas exclusivement des émissions de l'UIOM d'Ivry mais de multiples sources.

5.3 - Résultats des analyses de métaux

5.3.1 - Le référentiel

Il n'existe pas de valeurs limites européennes ou françaises relatives aux métaux lourds dans les retombées atmosphériques, mais des valeurs allemandes (norme TA luft 2002) (tableau 11).

Tableau 11 : Valeurs limites allemandes et résultats autour de sites français de métaux dans des jauges.

$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$	Valeur limite Allemande (TA Luft 2002)
Cd	2
Hg	1
As	4
Pb	100
Ni	15
Tl	2
Mn	-
Cr	-

Les valeurs limites allemandes proviennent du TA luft 2002 (Technical Instruction on Air Quality, loi sur l'air), ce sont des valeurs à ne pas dépasser (objectif sanitaire).

5.3.2 - Concentrations dans les jauges

Pour chaque échantillon, et à la demande du SYCTOM, les fractions solubles et non solubles de chaque métal ont été mesurées. Afin de simplifier la présentation des résultats, et en l'absence d'informations sur la forme des métaux émis par les incinérateurs, nous avons effectué la somme de ces 2 fractions et exprimé la concentration totale en métaux.

Les métaux analysés en 2005 et 2006 sont les suivants : As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sn, Tl et Zn. Ont été ajoutés à cette liste à partir de 2007, les métaux suivants : Co, Hg, V, ainsi que Sb à la place de Sn afin de reprendre la liste des métaux mesurés au niveau des rejets atmosphériques de l'usine.

Le tableau suivant présente la somme des métaux totaux, communs à toutes les années (Tl, As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb), dans les différentes jauges :

	distance UIOM et axe	2005	2006	2007	2008
J27	1200 NE	33,61	39,63	54,29	43,88
J30	2800 NE			34,59	90,97
J29	6500 NE			43,93	21,38
J2	8700 NE	78,35	190,92	237,86	87,37
J6	1900 SO	22,7	59,46	21,67	24,60
J7/J7'	3800 SO	13,26		27,80	27,66
J28	9300 SO	14,09	21,6	31,60	18,44
J25	10400 SO	15,71	26,29	42,69	7,73
J5	Témoïn SE	12,48	97,57	30,27	14,90
J26	Témoïn NO	10,51	27,71	36,49	8,11

Tableau 12 : Concentrations en métaux totaux (solubles et insolubles) dans les jauges entre 2005 et 2008 en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ (métaux sommés : Tl, As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb) (en gras, points dont le pourcentage de vents impactants avec précipitations est supérieur à 10%).

Nous pouvons noter que le point J2 se distingue des autres par une concentration en métaux totaux beaucoup plus importante qu'ailleurs en 2005, 2006 et 2007 (de 2 à 11 fois plus que pour les autres points). En 2008, la concentration en métaux totaux la plus élevée est mesurée au point J30, suivie de près par le point J2. Les secondes concentrations les plus élevées sont notées au point J27 en 2005 et 2007, et J5 en 2006 (point témoin).

L'impact des retombées de l'usine n'est pas clairement visible à partir de ces résultats : nous n'observons pas des concentrations maximales aux points où les retombées sont supposées être les plus importantes (les points J27 et J30 au nord-est, et les points J6 et J7 au sud ouest de l'usine) et pas de diminution de ces concentrations au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'usine. Le point J6 présente même la valeur la plus faible en 2007.

Nous pouvons également noter que les points témoins ne présentent pas les valeurs les plus faibles, ce qui montre qu'ils sont eux aussi soumis à des émissions de métaux (en particulier le point J5 en 2006).

Une tendance se dégage en fonction des années : une augmentation des concentrations en 2006 pour tous les points ; en 2007 pour les points J27, J2, J28, J25 et J26 ; et une diminution en 2008 pour les points J27, J2, J28, J25, J5 et J26.

Le tableau 13 présente le détail des concentrations totales pour chaque métal (solubles et insolubles) dans les jauges entre 2005 et 2008.

Si l'on utilise comme référentiel les valeurs limites allemandes de 2002, on constate des valeurs en mercure égales ou légèrement au dessus du seuil pour les points J27, J30, J29, J2 et J7 en 2007 ; et des teneurs en arsenic proches du seuil pour les points J30, J29, J2 et J7 en 2007 ; ainsi qu'un dépassement pour le cadmium en 2008 au point J27.

Si l'on compare aux concentrations provenant d'autres sites français (UIOM), nous pouvons noter les teneurs élevées suivantes :

- en arsenic aux points J27, J30, J29, J2, J7, et J28 en 2007 ; et au point J5 en 2006 ;
- en plomb au point J2 en 2006, 2007 et 2008 ;
- en nickel au point J30 en 2008, J2 en 2006 et 2007, et J25 en 2007.

2008	J27	J30	J29	J2	J6	J7'	J28	J25	J5	J26	MOY	MIN	MAX
Hg	0,21	0,40	0,17	0,81	0,31	0,40	0,54	0,20	0,15	0,14	0,33	0,14	0,81
Tl	0,07	0,14	0,08	0,11	0,07	0,12	0,10	0,03	0,05	0,04	0,08	0,03	0,14
As	0,64	1,00	0,61	0,72	0,59	0,88	0,72	0,35	0,47	0,40	0,64	0,35	1,00
Cd	4,50	0,81	0,22	0,36	0,31	0,37	0,26	0,23	0,26	0,11	0,74	0,11	4,50
Cr	2,15	4,54	0,94	3,50	1,03	0,82	0,60	0,28	0,71	0,32	1,49	0,28	4,54
Co	0,80	0,81	0,20	0,63	0,32	0,36	0,14	0,05	0,10	0,06	0,35	0,05	0,81
Cu	26,01	35,07	8,02	32,46	9,65	11,81	9,95	3,38	6,03	5,82	14,82	3,38	35,07
Mn	3,83	25,26	6,15	22,04	6,61	8,85	2,49	0,92	2,95	0,50	7,96	0,50	25,26
Ni	2,61	5,06	2,26	3,38	2,31	2,35	0,84	0,82	1,11	0,68	2,14	0,68	5,06
Pb	4,08	19,09	3,11	24,80	4,03	2,46	3,49	1,72	3,32	0,25	6,64	0,25	24,80
Sb	1,15	1,55	0,71	2,49	0,69	0,79	0,90	0,40	0,51	0,41	0,96	0,40	2,49
V	1,41	1,10	0,65	0,95	0,96	0,79	0,75	0,37	0,50	0,52	0,80	0,37	1,41
Zn	61,00	127,58	55,36	81,52	37,28	124,58	77,60	56,09	33,05	30,43	68,45	30,43	127,58

2007	J27	J30	J29	J2	J6	J7'	J28	J25	J5	J26	MOY	MIN	MAX
Hg	1,00	1,14	1,22	1,19	0,66	1,22	0,84	0,52	0,97	1,02	0,98	0,52	1,22
Tl	1,10	1,27	1,34	1,17	0,73	1,39	0,92	0,58	1,03	1,12	1,06	0,58	1,39
As	2,96	3,26	3,06	3,89	1,58	3,35	2,14	1,64	1,15	2,66	2,57	1,15	3,89
Cd	0,28	0,30	0,33	1,47	0,19	0,30	0,23	0,18	0,26	0,26	0,38	0,18	1,47
Cr	6,91	6,16	6,23	21,01	3,16	5,68	4,43	7,21	4,20	5,51	7,05	3,16	21,01
Co	1,60	1,62	1,72	2,40	0,93	1,39	0,92	1,01	1,16	1,43	1,42	0,92	2,40
Cu	19,11	7,93	8,09	76,74	6,88	5,22	6,48	11,98	8,86	6,53	15,78	5,22	76,74
Mn	10,79	9,26	12,98	57,07	5,03	7,22	9,23	10,86	8,95	15,09	14,65	5,03	57,07
Ni	2,90	2,70	2,47	8,69	1,39	2,03	2,38	5,92	2,13	2,06	3,27	1,39	8,69
Pb	10,24	3,71	9,42	67,83	2,72	2,62	5,78	4,32	3,68	3,26	11,36	2,62	67,83
Sb	1,40	0,61	1,02	6,41	1,36	0,88	0,94	1,58	0,82	0,70	1,57	0,61	6,41
V	4,69	4,61	4,93	7,47	2,47	4,49	2,59	2,83	2,80	4,56	4,14	2,47	7,47

2006	J27	J30	J29	J2	J6	J7	J28	J25	J5	J26	MOY	MIN	MAX
Tl	0,14			0,26	0,34	nm	0,14	0,14	0,69	0,2	0,27	0,14	0,69
As	0,48			1,61	1,26	nm	0,58	0,57	2,94	2,31	1,39	0,48	2,94
Cd	0,06			0,61	0,06	nm	0,04	0,08	0,25	0,04	0,16	0,04	0,61
Cr	0,92			7,04	2,24	nm	0,52	1,22	2,07	0,2	2,03	0,20	7,04
Cu	22,08			54,82	19,36	nm	8,4	7,49	23,5	13,23	21,27	7,49	54,82
Mn	8,25			51,59	20,61	nm	8,17	9,48	32,92	10,29	20,19	8,17	51,59
Ni	0,98			4,36	2,29	nm	0,77	0,99	3,3	0,2	1,84	0,20	4,36
Pb	6,72			70,63	13,3	nm	2,98	6,32	31,9	1,24	19,01	1,24	70,63
Sn	0,7			1,94	1,49	nm	0,34	0,57	0,79	0,2	0,86	0,20	1,94
Zn	22,55			175,53	49,63	nm	11,58	29,67	57,04	10,55	50,94	10,55	175,53

2005	J27	J30	J29	J2	J6	J7	J28	J25	J5	J26	MOY	MIN	MAX
Tl	0,548			1	0,855	0,766	0,323	0,516	0,672	0,518	0,65	0,32	1,00
As	0,377			0,815	0,267	0,287	0,318	0,231	0,447	0,277	0,38	0,23	0,82
Cd	0,059			0,161	0,081	0,025	0,037	0,06	0,054	0,054	0,07	0,03	0,16
Cr	0,922			1,882	0,632	0,591	0,693	0,724	0,361	0,518	0,79	0,36	1,88
Cu	23,05			42,702	12,22	8,826	8,451	11,26	6,71	6,803	15,00	6,71	42,70
Mn	4,637			15,143	5,997	1,005	2,201	1,391	3,197	0,875	4,31	0,88	15,14
Ni	1,445			2,104	1,148	0,65	0,676	0,502	0,571	1,069	1,02	0,50	2,10
Pb	2,574			14,547	1,492	1,114	1,393	1,028	0,468	0,399	2,88	0,40	14,55
Sn	0,378			0,813	0,227	0,188	0,227	0,141	0,073	0,081	0,27	0,07	0,81
Zn	21,98			53,374	22,89	15,97	9,061	11,69	6,196	2,597	17,97	2,60	53,37

Tableau 13 : Concentrations en métaux (soluble et insoluble) dans les jauges de 2005 à 2008 ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$) (en gras, points dont le pourcentage de vents impactants avec précipitations est supérieur à 10%).

Nous n'observons pas de concentrations plus élevées au niveau des jauges situées dans les zones d'influence de l'usine (jauges J27, J30, J6 et J7) par rapport aux autres jauges, même lorsque les vents impactants avec pluie sont significativement élevés dans ces jauges (J29 en 2007, ou J27 en 2006 par exemple).

Concernant la jauge J2, les métaux pour lesquels les concentrations sont beaucoup plus élevées que dans les autres jauges quelle que soit l'année sont le cuivre, le manganèse et le plomb.

On peut noter également la présence importante de chrome en 2005, 2006 et 2007 ; de nickel en 2006 ; de zinc en 2005 et 2006, et d'antimoine (Sb) en 2007.

En 2008, les concentrations sont nettement plus faibles qu'en 2006 et 2007, mais restent malgré tout élevées par rapport aux autres points, exception faite de la jauge J30 où certains teneurs en métaux sont également importantes.

Les concentrations très variables en manganèse peuvent provenir d'apports terrigènes, cet élément étant lui-même en concentrations importantes et très variables dans les sols.

Il existe beaucoup de sources d'émissions de métaux lourds en milieu urbain. L'importance relative du zinc, du cuivre et de l'antimoine marqueraient l'influence du trafic automobile sur l'ensemble de la région parisienne (rapport Piren Seine 2002).

Les concentrations en métaux pour chaque point en fonction de l'année sont présentées en annexe 4.

D'une façon globale, nous pouvons noter pour l'ensemble des jauges :

- une diminution des teneurs en mercure entre 2007 et 2008,
- des concentrations en thallium qui diminuent en 2006, augmentent en 2007 puis baissent de nouveau en 2008,
- une augmentation de l'arsenic en 2006 et/ou 2007 suivie d'une baisse très nette en 2008,
- une hausse de la teneur en zinc avec le temps (excepté les points J2 et J5).

Il est possible que certaines de ses variations (notamment Tl, As, Cr) proviennent du changement de laboratoire d'analyse en 2007 (un même laboratoire ayant réalisé les dosages en 2005, 2006 et 2008, mais pas en 2007).

Des variations ponctuelles sont également observées pour certains points et certains métaux.

Ces résultats ne mettent pas en évidence une diminution des concentrations en métaux dans les jauges, suite à la mise en conformité de l'usine fin 2005. Une tendance à la hausse est même montrée en 2006 et 2007, suivie d'une diminution en 2008.

La diminution des émissions de métaux de l'UVE d'Ivry est pourtant acquise, ceux-ci étant adsorbés sur les particules qui sont captées (seul le mercure est essentiellement sous forme gazeuse, les autres métaux sont principalement adsorbés sur les poussières).

Le secteur « autre transformation d'énergie » dans lequel se situe l'incinération des déchets avec récupération d'énergie contribue aux émissions de métaux lourds de la façon suivante au niveau national (CITEPA, 2009) : 1.6% des émissions de zinc, moins de 5% du plomb, environ 4% de l'arsenic, 7.5% du mercure et 13.9% du cadmium (cf étude 1 référence 2009-SYC-39925 Etude 1).

Un inventaire local des émissions de métaux lourds au niveau de l'Île de France, ou plus local encore au niveau de la zone autour de l'usine d'Ivry, serait souhaitable, afin de pouvoir interpréter au plus juste les variations des concentrations en métaux. Le dernier inventaire concernant l'Île de France a été réalisé par la CITEPA sur les données de l'année 2000, il n'est plus d'actualité.

5.4 - Bilan de la surveillance au moyen de jauges de 2005 à 2008

Les concentrations en dioxines et furanes sont faibles par rapport au référentiel AASQA, et représentatives d'une zone urbaine non influencée. Seul le point J2 (8 700 m, axe NE) présente des teneurs au dessus de 5 pg TEQ/m²/j, en 2005, 2006 et 2008, représentatives de zones proches de sources selon le référentiel AASQA. Il ressort néanmoins que **ces résultats ne peuvent s'expliquer par les émissions de l'UVE d'Ivry-sur-Seine**, étant donné que l'on ne retrouve pas de valeurs comparables ou plus élevées au niveau des points J27 (1 200 m, axe NE) et J30 (2 800 m, axe NE) qui sont davantage soumis à l'influence des retombées de l'incinérateur.

La répartition des congénères de dioxines et furanes est relativement variable, avec un profil très particulier pour la jauge J26 de 2007 (qui provient sans doute d'une erreur lors de l'analyse), et certaines jauges de 2007 qui présentent des pourcentages élevés en 1234678HpCDD, 1234678HpCDF, et OCDF. **Ceci suggère l'existence de sources variables.**

Les teneurs en métaux sont plus variables suivant les points et les années, et parfois proches ou au dessus des valeurs limites allemandes pour le mercure, l'arsenic et le cadmium.

Les valeurs les plus élevées en métaux totaux sont mesurées au point J2 (8 700 m, axe NE) entre 2005 et 2008, avec également le point J30 (2 800 m, axe NE) en 2008. **Ces résultats ne peuvent s'expliquer par les émissions de l'UVE d'Ivry-sur-Seine**, dont l'influence est probablement négligeable par rapport aux autres sources d'émissions de métaux existant en zone urbaine et industrielle (en se référant aux données nationales d'émissions de métaux existant en France, ainsi qu'aux résultats des mesures de dioxines et furanes autour de l'usine d'Ivry).

En effet :

- Nous n'observons pas de concentrations plus élevées au niveau des jauges situées sous l'influence des émissions de l'usine d'Ivry, à savoir les jauges J27 (1 200 m, axe NE), J30 (2 800 m, axe NE), J6 (1 900 m, axe SO) et J7(3 800 m, axe SO), même lorsque les vents impactants avec pluie sont significativement élevés dans ces jauges.
- Les résultats ne mettent pas non plus en évidence une diminution des concentrations en métaux dans les jauges, suite à la mise en conformité de l'usine fin 2005, qui a pourtant permis de réduire les émissions de métaux.

Un inventaire local des émissions de métaux serait souhaitable si l'on souhaite aller plus loin dans l'interprétation des résultats (en particulier pour le point J2).

Il convient de noter par exemple la présence (sur la base d'une 1^{ère} étude rapide à partir des pages jaunes et de Google Earth) de fonderies proches des jauges qui pourraient avoir une influence sur ces résultats (figures 21 et 22 page suivante) :

- 3 fonderies proches de la jauge J2 (et dans une moindre mesure de la jauge J29), à l'ouest et au nord/nord ouest, à des distances entre 0.9 et 3 km des 2 points
- 1 fonderie proche de la jauge J27 (au nord ouest à 1.1 km) et de la jauge J30 (2 km au sud ouest).

D'après l'étude des roses des vents pour les échéances pluvieuses de 2006, 2007 et 2008, l'influence des émissions de ces fonderies sur les jauges J2, J29 et J27 est possible.

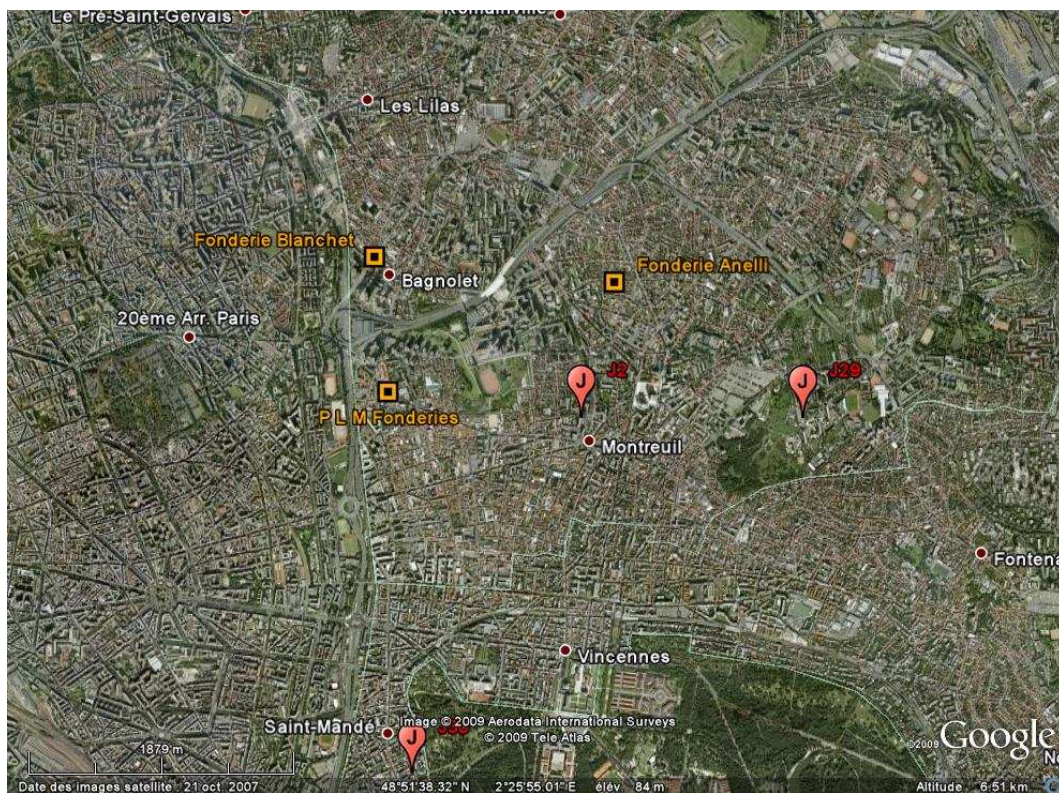


Figure 21 : Localisation de 3 fonderies proches des localisations des jauges J2 et J29.

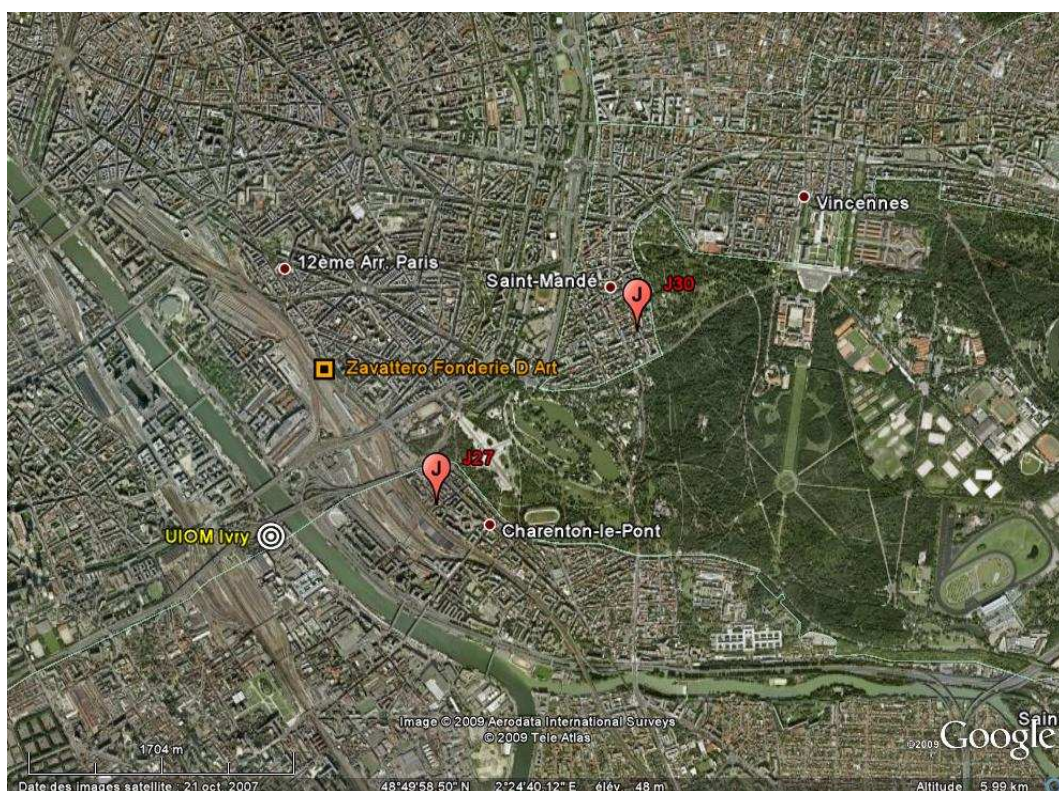


Figure 22 : Localisation d'une fonderie proche de la localisation de la jauge J27.

6 - Etude de dioxines et furanes dans l'air ambiant par AirParif

6.1 - Description de l'étude

En 2004, Airparif a mis en œuvre une campagne de mesure de dioxines et furanes dans l'air ambiant francilien (rapport de septembre 2005). Une première étude exploratoire avait été menée en 1997 par l'INERIS pour Airparif.

Les points de mesure ont été placés préférentiellement au voisinage des installations les plus émettrices, soit des UIOM et aciéries (8 sites), dans les zones de retombées maximales. Deux sites de références ont été ajoutés : la station urbaine de Paris 1^{er} les Halles, et la station rurale de la forêt de Fontainebleau. Deux campagnes ont été effectuées, l'une estivale (juin) et l'autre hivernale (novembre/décembre). Les conditions météorologiques ont été relevées pendant ces périodes.

A la demande du SYCTOM, des mesures complémentaires ont été ajoutées au voisinage de l'UIOM d'Ivry-sur-Seine du 2 au 16 mars 2005 (où les conditions météorologiques ont entraîné des problèmes techniques), puis du 22 au 29 mars 2005.

Quatre sites de mesure ont été retenus : 2 sites sur la commune d'Ivry (au sud ouest et au sud est de l'usine), 1 site sur la commune de Charenton le Pont (au nord est), et un site dans le 13^{ème} arrondissement (au nord ouest). Les sites de Paris 1^{er} les Halles et de la forêt de Fontainebleau ont de nouveau servi de référence.

Les prélèvements ont été effectués par Airparif à l'aide de préleveurs de type DA80, à un débit de 15 m³/h. le dispositif est constitué d'un filtre en fibre de quartz qui piège préférentiellement la phase particulaire et d'une cartouche de mousse polyuréthane qui piège essentiellement la phase gazeuse. La durée de prélèvement est de 7 jours.

En parallèle, des mesures de retombées atmosphériques au moyen d'une jauge Owen sur le site de Paris 1^{er} les Halles ont été mise en place à titre exploratoire en juin et novembre 2005.

6.2 - Résultats de l'étude générale

Les résultats de la campagne estivale sont dans l'ensemble assez homogènes, avec des teneurs faibles (10 à 40 fg TEQ/m³) à moyennes (100 à 200 fg TEQ/m³) comparables aux teneurs mesurées dans la région en 1997, et dans de nombreuses agglomérations étrangères. Quatre résultats sont plus élevés et atypiques, entre 810 et 3 410 fg TEQ/m³ (dont Paris 1^{er} les Halles, le plus élevé).

Les résultats hivernaux sont très homogènes, plutôt faibles (en dessous de 100 fg TEQ/m³), et aucun impact ponctuel n'a été identifié.

Le site de la forêt de Fontainebleau présente bien les résultats les plus faibles, avec des valeurs légèrement plus élevées en hiver, contrairement aux autres sites.

Les profils des congénères des séries estivales sont très variés, avec une nette prédominance de furanes pour la majorité des sites. Cela suggère la présence de sources de combustion diffuses, ayant influencé le niveau de fond de l'agglomération parisienne. Sur les 4 sites présentant des résultats élevés en été, celui de Paris 1^{er} les Halles présente des pourcentages très importants de furanes, témoignant de combustions non maîtrisées, et plusieurs interventions des sapeurs pompiers pour des incendies dans le stockage d'ordures ont été rapportés. Les origines des émissions des 3 autres sites n'ont pas été identifiées.

Les résultats obtenus dans la jauge placée aux Halles n'ont pas été exprimés en pg/m²/j, et ne sont donc pas comparables avec ceux mesurés autour de l'usine d'Ivry.

6.3 - Résultats des mesures autour d'Ivry sur Seine

Les concentrations mesurées sont dans l'ensemble faibles et homogènes. Les teneurs les plus faibles (40 à 50 fg TEQ/m³) sont observées au cours de la 1^{ère} semaine de mesure, qui a bénéficié des conditions météorologiques les plus favorables à la dispersion des composés. Au cours des 2 semaines suivantes, les valeurs sont comprises entre 70 et 90 fg TEQ/m³. Trois sites sont un peu au dessus (100 à 150 fg TEQ/m³), Ivry sud est, Charenton et Paris 13^{ème}, qui ont pu être soumis aux influences de l'usine. Néanmoins aucune particularité n'est observée au niveau des profils.

6.4 - Bilan de l'étude Airparif

La campagne de mesure des dioxines et furanes a mis en évidence des concentrations relativement homogènes, très comparables à celles mesurées lors d'une précédente campagne de mesure en 1997 ou dans d'autres capitales européennes. Quelques impacts émergents largement du niveau du bruit de fond ont été enregistrés ponctuellement, certains d'origine vraisemblablement industrielle, d'autres provenant de sources plus aléatoires (comme par exemple les feux de stockage d'ordures du site de Paris 1^{er} les Halles) ou difficiles à identifier. En comparaison avec les résultats globaux, les concentrations mesurées autour d'Ivry sont plutôt faibles et homogènes.

Cette étude confirme que parallèlement aux grandes sources industrielles connues, des combustions non maîtrisées peuvent générer localement des concentrations importantes de dioxines et furanes. Les phases de mesure hivernales n'ayant pas bénéficié de conditions météorologiques froides, l'influence du chauffage individuel n'a pu être mise en évidence.

7 - Synthèse et conclusion

L'objectif de ce travail était de réaliser une synthèse des études concernant les émissions atmosphériques et les impacts sanitaires et environnementaux du centre de valorisation énergétique des déchets ménagers d'Ivry-sur-Seine depuis 2005.

Ce bilan a concerné les mesures réglementaires et les prélèvements en continu (AMESA), les évaluations des risques sanitaires avant et après la mise en place du traitement complémentaire des fumées (mis en place fin 2005), la surveillance environnementale au moyen de jauges (collecteurs de précipitations) ainsi que la mesure de dioxines et furanes dans l'air ambiant (Airparif, 2005).

Le bilan des émissions atmosphériques annuelles depuis 2003 montre une forte baisse des flux de dioxines et furanes (99%), poussières (81%), acide chlorhydrique (79%), dioxyde de soufre (73%), et dioxyde d'azote (88%).

Les analyses réglementaires de dioxines et furanes à l'émission sont inférieures au seuil réglementaire de 0.1 ng TEQ/Nm³. Les profils des congénères de dioxines et furanes à l'émission et dans les prélèvements en continu (AMESA) présentent des caractéristiques communes habituellement retrouvées lors de processus de combustion (forte contribution des composés les plus chlorés), et ne sont pas similaires lorsqu'on les compare pour une période précise. Ceci n'est pas surprenant, puisque dans un cas on a une mesure ponctuelle et dans l'autre une mesure sur un prélèvement de 1 mois. En revanche, la comparaison de l'ensemble des profils des mesures à l'émission et des prélèvements en continu ne permet pas de distinguer clairement 2 groupes (analyse ACP), et met en évidence une certaine homogénéité de ces profils dans les 2 types de mesure.

Les évaluations des risques sanitaires (ERS) des émissions atmosphériques de l'usine ont été réalisées par le CAREPS en 2005. Les études ont été menées pour les retombées liées à l'installation seule (un scénario agriculteur avec de fortes habitudes d'autoconsommation a été considéré), et en tenant compte du bruit de fond environnemental (air, sols et alimentation nationale). L'ERS a été réalisée selon 3 cas de figures différents : 1/ avec les émissions de l'usine avant la mise en place du traitement complémentaire des fumées (TCF) (avant fin 2005), 2/ après la mise en place du TCF en se basant pour les émissions sur les valeurs des seuils réglementaires (excepté pour les NOx où la valeur retenue est de 70 et non de 200 mg/Nm³), et 3/ après la mise en place du TCF avec les valeurs attendues par le constructeur (qui sont inférieures aux seuils réglementaires).

Quelque soit le scénario considéré, les émissions de l'usine seule n'entraînent aucun risque pour les populations, même pour les populations sensibles. Seul le scénario avant TCF pour les personnes ayant de fortes habitudes d'autoconsommation de graisses animales montre un risque systémique lié à l'exposition par ingestion aux dioxines et furanes. Toutefois la présence de personnes susceptibles d'avoir ces habitudes dans la zone concernée, située à la périphérie de Paris, est peu probable.

En revanche, si l'on cumule les émissions de l'usine avec le bruit de fond, des risques potentiels d'effets sur l'appareil respiratoire et le système nerveux sont mis en évidence. Ces risques sont essentiellement imputables au bruit de fond atmosphérique en dioxyde d'azote et en poussières et aux apports de mercure par l'alimentation nationale. Le risque cancérigène cumulé dépasse la valeur limite acceptable principalement en raison de l'apport en arsenic inorganique par l'alimentation nationale.

La contribution des émissions de l'usine à la totalité des risques se situe entre 0.7 et 6.5% suivant le scénario considéré, les risques les plus faibles provenant comme il se doit du scénario après TCF « valeurs attendues » pour lequel les émissions sont les plus faibles des 3 scénarios envisagés.

En 2005, le SYCTOM a chargé ARIA Technologie de proposer un plan de surveillance de retombées atmosphériques de l'usine d'Ivry, ainsi que des UIOM de Saint-Ouen, Issy-les-Moulineaux et ISSEANE, au moyen de jauges Owen et selon la méthode INERIS (2001). La localisation des jauges a été déterminée en tenant compte de la dispersion atmosphérique des émissions de l'usine, ainsi que des zones de retombées des autres usines d'incinération proches, mais sans tenir compte des autres sources potentielles de dioxines et furanes, notamment industrielles. Au total 6 puis 8 points ont été sélectionnés sur les axes nord est et sud ouest entre 1200 et 9300 m de l'usine, et deux points témoins. Les dioxines et furanes et les métaux sont analysés depuis 2005 dans ces points. Les données météorologiques sont analysées lors de chaque période d'exposition. Dans le présent document, les résultats des dioxines et furanes ont été interprétés avec le référentiel issu des

données des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA), et ceux des métaux à l'aide des valeurs limites allemandes (TA Luft 2002).

Les concentrations en dioxines et furanes dans les jauges sont faibles et représentatives d'une zone urbaine non influencée. Seul le point J2 présente des teneurs au dessus de 5 pg TEQ/m²/j, et en dessous de 16 pg TEQ/m²/j en 2005, 2006 et 2008, représentatives de zones proches de sources. Etant donné que l'on ne retrouve pas de valeurs comparables ou plus élevées au niveau des points J27, J30 et J29 qui sont davantage soumis à l'influence des retombées de l'incinérateur, ces résultats ne peuvent provenir de l'UIOM d'Ivry-sur-Seine.

La répartition des congénères de dioxines et furanes est relativement variable, avec certaines jauges qui présentent des profils particuliers. Ceci suggère l'existence de sources multiples et dans certains cas ponctuelles.

Les teneurs en métaux sont plus variables, et parfois proches ou au dessus des valeurs limites allemandes pour le mercure, l'arsenic et le cadmium. Les valeurs les plus fortes sont mesurées au niveau du point J2 de 2005 à 2008 (avec le point J30 en 2008). Nous n'observons pas de concentrations en métaux plus élevées au niveau des jauges situées sous l'influence des émissions de l'usine d'Ivry (jauges J27, J30, J6 et J7) même lorsque les vents impactants avec pluie sont significativement élevés dans ces jauges. L'évolution des concentrations avec le temps ne met pas en évidence une diminution des teneurs suite à la mise en conformité de l'usine fin 2005.

Au vu de ces résultats, il est probable que l'influence de l'usine soit négligeable par rapport aux autres sources d'émissions de dioxines et furanes et de métaux existant dans cette zone urbaine et industrielle. Un inventaire local de ces émissions serait souhaitable si l'on souhaite aller plus loin dans l'interprétation.

En mars 2005, à la demande du SYCTOM, Airparif a complété sa campagne de mesures de dioxines et furanes dans l'air ambiant francilien (étude de 2004) en ajoutant 4 points de mesure autour de l'usine d'Ivry.

Lors de l'étude initiale de 2004, des prélèvements d'air ont été réalisés en été et en hiver. Les résultats hivernaux sont homogènes et plutôt faibles, en dessous de 100 fg TEQ/m³, et aucun impact ponctuel n'a été identifié. Les résultats estivaux sont plus variables, avec des teneurs entre 10 à 200 fg TEQ/m³, comparables aux valeurs mesurées en 1997 dans la région, et dans de nombreuses agglomérations étrangères. Quatre résultats sont plus élevés et atypiques, entre 810 et 3 410 fg TEQ/m³ (dont Paris 1^{er} les Halles, le plus élevé, hors influence d'un incinérateur, et considéré comme un témoin). Les profils des congénères sont très variés, en particulier ceux des 4 résultats élevés. Concernant le cas de Paris 1^{er} les Halles, plusieurs feux dans le stockage d'ordures ont été identifiés pendant la période de prélèvements.

Les concentrations dans l'air mesurées autour d'Ivry sont plutôt faibles et homogènes, entre 40 et 150 fg TEQ/m³. Trois sites où les concentrations sont les plus élevées (entre 100 et 150 fg TEQ/m³) ont pu être soumis aux influences de l'usine d'Ivry (rappelons que celle-ci n'avait alors pas mis en place le traitement complémentaire des fumées). Les résultats ne permettent pas d'identifier de source spécifique, et de faire la part de l'influence de l'usine et des autres sources locales.

Les conclusions d'Airparif de l'étude globale sont les suivantes : d'une part les concentrations sont relativement homogènes et comparables aux résultats d'études précédentes, et d'autre part parallèlement aux grandes sources industrielles connues, des combustions non maîtrisées peuvent générer localement des concentrations importantes de dioxines et furanes.

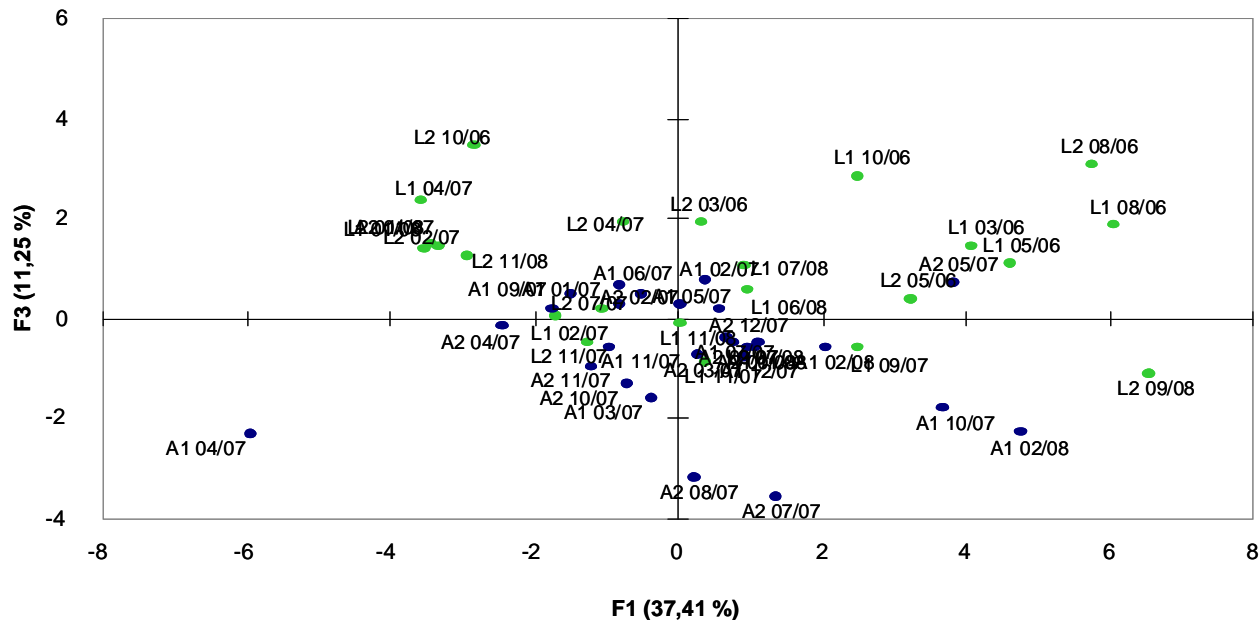
Au bilan, les résultats de la surveillance environnementale d'Ivry au moyen de jauges (et ponctuellement de prélèvements d'air) confirment les conclusions des études d'évaluation des risques sanitaires. Les concentrations dans les jauges ne permettent pas de mettre en évidence un impact de l'usine sur la qualité de l'air, cependant les nombreuses variations des métaux et les résultats de l'étude d'Airparif mettent en évidence de nombreuses autres sources potentielles ponctuelles de métaux et de dioxines et furanes. La contribution des émissions de l'usine au bruit de fond environnemental est sans doute trop faible et diffuse pour être discernable.

8 - BIBLIOGRAPHIE

- Ademe (2008) Synthèse. Mesure en semi-continu de dioxines et furanes à l'émission des UIOM. Situation en France en 2007.
- Airparif (2005) Campagne de mesure des dioxines dans l'air ambiant francilien.
- Azimi et al. (2002) Rapport Piren Seine 2002. Axe 4: Micropolluants. Action 4.1.3.
- CITEPA (juin 2009) Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France. Séries sectorielles et analyses étendues. Format SECTEN.
- Durif (2001) Méthode de surveillance des retombées des dioxines et furanes autour d'une UIOM Rapport final MATE/SEI. INERIS- DRC - 01- 25585.
- EPA, 1998, Human Health Risk Assessment Protocol (HHRAP) for Hazardous Waste Combustion facilities. EPA530-D-98-001A.
- EPA, 1998, Human Health Risk Assessment Protocol (HHRAP) for Hazardous Waste Combustion facilities. EPA530-D-98-001A.
- INRA ADEME (2007) Teneurs en huit éléments en traces (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) dans les sols agricoles en France résultats d'une collecte de données à l'échelon national. Baize D, Saby N, Deslais W. http://www.gissol.fr/programme/bdetm/_rapport_anademe/rapport/contents.php
- INRA-ASPITET (2002) Teneurs totales en éléments traces métalliques dans des sols français. <http://etm.orleans.inra.fr/webetm2.htm>
- INSERM (2000) Expertise collective, Dioxines et furanes dans l'environnement, Quels risques pour la santé ? Les éditions INSERM, PARIS, 406 p.
- Institut de Veille Sanitaire (InVS), 2000, Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact, 49 p.
- Institut de Veille Sanitaire (InVS), 2002, Valeurs toxicologiques de référence : méthodes d'élaboration, 84 p.
- Nedellec V, Courgeau D, Empereur-Bissonnet p (1998). La durée de résidence des français et l'évaluation des risques liés aux sols pollués, Energie Santé, 9, 503-515.
- OMS (2000). Air Quality Guidelines.
- TA Luft (German Technical Instructions on Air Quality Control) 2002

ANNEXES

Annexe 1 : Analyse en composante principale de la répartition massique des congénères sur les cartouches AMESA et les contrôles réglementaires à l'émission (en pourcentage) selon les axes F1 et F2.



AMESA : A1 ou A2 : ligne 1 ou 2, suivie de la date de prélèvement (mois et année), contrôle réglementaire : L1 ou L2 : ligne 1 ou 2, suivie de la date de prélèvement (mois et année).

Annexe 2 : Synthèse des résultats des risques sanitaires selon les scénarios envisagés

Composé	VTR	Bruit de fond	SCENARIO D'EXPOSITION														
			EMISSIONS AVANT TCF					EMISSIONS APRES TCF ATTENDUES					EMISSIONS APRES TCF « seuil réglementaire »				
			C émission	Flux émission	C max model	IR usine seule	IR cumul	C émission	Flux émission	C max model	IR usine seule	IR cumul	C émission	Flux émission	C max model	IR usine seule	IR cumul
(µg/m ³)	(µg/m ³)	(mg/Nm ³)	(kg/h)	(µg/m ³)			(mg/Nm ³)	(kg/h)	(µg/m ³)			(mg/Nm ³)	(kg/h)	(µg/m ³)			
HCl	20	nd	6,5	3,0	0,1	0,006	nc	2,0E+00	9,4E-01	3,6E-02	1,8E-03	nc	10	5,2	0,2	0,01	nc
HF	14	nd	0,3	0,1	0,005	3,00E-04	nc	2,6E-01	1,2E-01	4,7E-03	3,3E-04	nc	1	0,5	0,02	0,0014	nc
As inorganique	1	nd	3,1E-04	1,4E-04	8,2E-06	8,00E-06	nc	2,0E-04	9,3E-05	3,6E-06	3,6E-06	nc	1,0E-02	5,2E-03	2,0E-04	2,0E-04	nc
	0,03					3,00E-04					1,2E-04				2,0E-04	0,007	nc
Benzène	30	1,7	2,0	0,9	0,04	0,001	0,06	2,0E+00	9,2E-01	3,9E-02	1,3E-03	5,8E-02	10	5,2	0,2	0,007	0,06
Cd	0,005	5,00E-04	2,2E-02	1,0E-02	4,8E-04	0,1	0,19	2,2E-02	1,0E-02	4,0E-04	8,1E-02	1,8E-01	5,0E-02	2,6E-02	0,001	0,2	0,3
Cr VI	0,2	nd	6,1E-03	2,8E-03	1,1E-04	6,00E-04	nc	3,9E-03	1,8E-03	7,2E-05	3,6E-04	nc	3,0E-03	1,6E-03	6,10E-05	3,0E-04	nc
Co	0,1	2,00E-03	nd	nd	nd	nc	nc	2,0E-02	9,5E-03	6,5E-05	6,5E-04	2,1E-02	2,0E-02	1,1E-02	4,09E-04	4,1E-03	0,02
Cu	1	nd	9,2E-02	4,2E-02	1,7E-03	0,002	nc	5,9E-02	2,8E-02	1,1E-03	1,1E-03	nc	5,0E-01	0,3	0,01	0,01	nc
NO2	40	44	411,3	189,5	7,4	0,2	1,3	7,0E+01	3,3E+01	1,3E+00	3,2E-02	1,1E+00	70	36,6	1,4	0,035	1,14
SO2	50	9	56,1	25,8	1,0	0,02	0,2	4,0E+01	1,9E+01	7,3E-01	1,5E-02	1,9E-01	50	26,1	1,0	0,02	0,2
Mn	0,04	0,01	2,5E-02	1,1E-02	4,5E-04	0,01	0,3	1,6E-02	7,4E-03	2,9E-04	7,2E-03	2,6E-01	2,0E-02	1,0E-02	4,1E-04	0,01	0,26
		0,07					1,8					1,8E+00					1,76
Hg	0,09	0,01	1,9E-02	8,7E-03	4,0E-04	0,004	0,12	1,9E-02	8,7E-03	3,4E-04	3,7E-03	1,1E-01	5,0E-02	2,6E-02	1,0E-03	0,01	0,12
CO	10000	2150	25,0	11,6	13,3	0,001	0,22	2,5E+01	1,2E+01	4,7E+00	4,7E-04	2,2E-01	50	26,1	10,7	0,001	0,22
Ni	0,05	0,003	1,6E-02	7,1E-03	4,1E-04	0,008	0,07	9,9E-03	4,7E-03	1,8E-04	3,6E-03	6,4E-02	5,0E-02	2,6E-02	1,0E-03	0,02	0,08
Pb	0,5	0,02	4,9E-01	2,3E-01	8,9E-03	0,02	0,06	3,1E-01	1,5E-01	5,7E-03	1,1E-02	5,1E-02	2,5E-01	1,3E-01	5,1E-03	0,01	0,05
PM10	30	23	16,1	7,4	0,3	0,01	0,78	3,0E+00	1,4E+00	5,5E-02	1,8E-03	7,7E-01	10	5,2	0,2	0,007	0,77
PM2,5	15	15			0,3	0,02	1,02			5,5E-02	3,6E-03	1,0E+00			0,2	0,014	1,01
IR global min						0,4	3,3				0,2	3,1				0,4	3,2
IR global max						0,4	4,8				0,2	4,6				0,4	4,7

Synthèse des données et du résultat de la caractérisation des risques par voie respiratoire à seuil de l'usine d'Ivry avant TCF, après TCF valeurs d'émissions basées sur les seuils réglementaires et valeurs attendues. (C : Concentration, max : maximum, model : modélisé, IR : indice de risque, cumul : cumulé, nd : non disponible, nc : non calculé).

IR global min et max :

- 2 indices de risques liés aux émissions d'arsenic par voie respiratoire sont calculés à partir de 2 VTR : 1 µg/m³ : VTR du RIVM (2001) qui considère le risque cancérigène de l'arsenic comme un risque à seuil, et 0,03 µg/m³ : VTR de l'OEHHA (2003) pour le risque systémique de l'arsenic.

- 2 concentrations en Mn dans l'air ont été retenus pour le bruit de fond : les valeurs minimale et maximale de la fourchette de l'OMS (2000).

Composé	VTR ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$)	EMISSIONS ACTUELLES								
		C émission (mg/Nm^3)	Flux émission (kg/h)	Dépôt max model ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)	Apport max dépôts usine ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$)	Apport max cumul ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$)	IR usine	IR cumul		
As	0,3	3,1E-04	1,4E-04	6,8E-07	5,3E-05	1,9E-01	2,0E-04	0,62		
Cd	0,2	2,2E-02	1,0E-02	4,0E-05	3,3E-03	1,0E-01	0,02	0,48		
Cu	140	9,2E-02	4,2E-02	1,4E-04	1,0E-02	3,0E+01	7,0E-05	0,2		
Dioxines scénario ZEAT	4 $\text{pg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$	1,59	7,5E-07	29,29*	0,04 pg/kg/j	1,97 pg/kg/j	0,01	0,49		
	70 $\text{pg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{mois}^{-1}$					2,04 pg/kg/j	0,02	0,85		
	Dioxines scénario agriculteurs					4 $\text{pg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$	3	1,48 pg/kg/j	0,8	1,19
						70 $\text{pg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{mois}^{-1}$		1,67 pg/kg/j	1,44	2,07
		ng/Nm3		fg/m3	pg/kg/j			2,2		
Mn	140	2,5E-02	1,1E-02	3,7E-05	2,7E-03	6,4E+01	2,0E-05	0,5		
Hg inorganique	2	1,9E-02	8,7E-03	1,6E-05	1,3E-03	2,8E-01	6,0E-04	1,2		
Hg organique	0,23				1,0E-04		4,0E-04			
Ni	50	1,6E-02	7,1E-03	3,4E-05	3,0E-03	3,4E+00	6,0E-05	0,07		
Pb	3,57	4,9E-01	2,3E-01	7,4E-04	7,0E-02	8,7E-01	0,02	0,24		
IR global min							5,1E-02	4,16		
IR global max							1,5E+00	4,19		

Synthèse des données et du résultat de la caractérisation des risques par **ingestion à seuil** de l'usine d'Ivry avant TCF.

C : Concentration, max : maximum, min : minimum, model : modélisé, IR : indice de risque, cumul : cumulé.

IR global min et max :

2 indices de risques liés aux émissions de dioxines et furanes par voie digestive sont calculés à partir de 2 VTR de l'OMS : 4 $\text{pg}/\text{kg}/\text{j}$: DJT (dose journalière tolérable) de l'OMS (1998), et 70 $\text{pg}/\text{kg}/\text{mois}$: DMTP (dose mensuelle tolérable provisoire) de l'OMS (2002), avis le plus récent.

Au-delà des VTR, deux indices de risques sont calculés, pour le scénario ZEAT et le scénario agriculteur.

Composé	VTR ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$)	EMISSIONS FUTURES ATTENDUES							EMISSIONS FUTURES GARANTIES						
		C émission (mg/Nm^3)	Flux émission (kg/h)	Dépôt max model ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)	Apport max dépôts usine ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$)	Apport max cumul ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$)	IR usine	IR cumul	C émission (mg/Nm^3)	Flux émission (kg/h)	Dépôt max model ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)	Apport max dépôts usine ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$)	Apport max cumul ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$)	IR usine	IR cumul
As	0,3	2,0E-04	9,3E-05	3,0E-07	2,3E-05	0,2	7,7E-05	0,6	0,01	5,2E-03	1,7E-05	1,3E-03	1,9E-01	4,00E-03	0,62
Cd	0,2	2,2E-02	1,0E-02	3,4E-05	2,8E-03	0,1	1,4E-02	0,6	0,05	2,6E-02	8,5E-05	7,1E-03	1,2E-01	0,04	0,58
Cu	140	5,9E-02	2,8E-02	9,0E-05	6,7E-03	30,9	4,8E-05	0,2	0,5	2,6E-01	8,5E-04	6,3E-02	3,1E+01	4,00E-04	0,22
Dioxines scénario ZEAT	4 $\text{pg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$	8,0E-02	3,7E-08	1,45*	3,0E-03 pg/kg/j	2,0 pg/kg/j	7,4E-04	0,5	0,1	5,2E-08	2,0*	4,0E-03 pg/kg/j	2,0 pg/kg/j	0,001	0,49
	1,3E-03						0,9	0,002						0,86	
Dioxines scénario agriculteurs	4 $\text{pg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$	ng/Nm3	fg/m3	0,2	pg/kg/j	1,8 pg/kg/j	3,9E-02	0,4	ng/Nm3	ng/Nm3	fg/m3	0,2 pg/kg/j	1,64 pg/kg/j	0,05	0,46
	70 $\text{pg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{mois}^{-1}$						6,8E-02	0,8						0,09	0,8
Mn	140	1,6E-02	7,4E-03	2,4E-05	1,8E-03	6,3E+01	1,3E-05	0,45	0,02	1,0E-02	3,4E-05	2,5E-03	6,3E+01	2,0E-05	0,45
Hg inorganique	2	1,9E-02	8,7E-03	1,4E-05	1,1E-03	2,9E-01	5,3E-04	1,25	0,05	2,6E-02	4,1E-05	3,2E-03	2,9E-01	2,0E-03	1,25
Hg organique	0,23				8,6E-05		3,8E-04					2,60E-04		1,0E-03	
Ni	50	9,9E-03	4,7E-03	1,5E-05	1,3E-03	3,4E+00	2,7E-05	0,07	0,05	2,6E-02	8,5E-05	7,5E-03	3,4E+00	2,0E-04	0,07
Pb	3,57	3,1E-01	1,5E-01	4,8E-04	4,7E-02	8,5E-01	1,3E-02	0,24	0,25	1,3E-01	4,2E-04	4,2E-02	8,4E-01	0,01	0,23
IR global min							2,9E-02	3,9						5,9E-02	3,9
IR global max							9,7E-02	4,2						1,5E-01	4,2

Synthèse des données et du résultat de la caractérisation des risques par ingestion à seuil de l'usine d'Ivry après TCF valeurs d'émissions basées sur les seuils réglementaires et valeurs attendues.

C : Concentration, max : maximum, model : modélisé, IR : indice de risque, cumul : cumulé.

composé	voie expo	VTR ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)-1 sauf As ingestion ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{jour}^{-1}$)-1)	BF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	EMISSIONS AVANT TCF					EMISSIONS APRES TCF ATTENDUES							
				C émission (mg/Nm^3)	Flux émission (kg/h)	C max model usine ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ou dépôt max model pour As par ingestion ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)	ERI max usine	ERI max cumul	C émission (mg/Nm^3)	Flux émission (kg/h)	C max model usine ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ou dépôt max model pour As par ingestion ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)	Apport max usine ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$)	Apport max autres sources ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$)	Apport max cumul ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$)	ERI max usine	ERI max cumul
As	Inhalation	3,30E-03	nd	3,1E-04	1,4E-04	8,2E-06	1,2E-08	nd	2,0E-04	9,31E-05	3,6E-06	nd	nd	nd	5,1E-09	nc
	Ingestion	1,50	nd			6,8E-07	6,9E-08	1,9E-04			3,0E-07	2,3E-05	1,9E-01	1,9E-01	1,5E-08	1,2E-04
Benzène	Inhalation	2,20E-06	1,7	2,01	0,92	3,9E-02	3,7E-08	1,6E-06	2,0E+00	9,18E-01	3,9E-02	nd	nd	nd	3,6E-08	1,6E-06
		7,80E-06	1,7				1,3E-07	6,0E-06			3,9E-02	nd	nd	nd	1,3E-07	5,8E-06
Cd	Inhalation	4,20E-03	5,0E-04	2,2E-02	1,0E-02	4,8E-04	8,6E-07	1,8E-06	2,2E-02	1,04E-02	4,0E-04	nd	nd	nd	7,3E-07	1,6E-06
Cr VI	Inhalation	4,00E-02	nd	6,1E-03	2,8E-03	1,1E-04	1,9E-06	nd	3,9E-03	1,84E-03	7,2E-05	nd	nd	nd	1,2E-06	nc
Ni	Inhalation	3,80E-04	0,003	1,6E-02	7,1E-03	4,1E-04	6,9E-08	6,0E-07	9,9E-03	4,66E-03	1,8E-04	nd	nd	nd	2,9E-08	5,2E-07
ERI global min							2,9E-06	1,9E-04							2,0E-06	1,3E-04
ERI global max							3,0E-06	2,0E-04							2,1E-06	1,3E-04

Synthèse des données et du résultat de la caractérisation des risques **sans seuil de l'usine d'Ivry avant TCF et après TCF valeurs attendues.**

C : Concentration, expo : exposition, max : maximum, min : minimum, BF : bruit de fond, model : modélisé, ERI : excès de risque unitaire, cumul : cumulé.

IR global min et max :

2 indices de risques liés à 2 VTR retenues pour le benzène par inhalation sans seuil (l'US EPA (1998) propose une VTR allant de 2,2 à $7,8\cdot 10^{-6}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹).

composé	voie expo	VTR ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)-1 sauf As ingestion ($(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{jour}^{-1})^{-1}$)	BF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	EMISSIONS APRES TCF « seuils réglementaires »						
				C émission (mg/Nm^3)	Flux émission (kg/h)	C max model usine ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ou dépôt max model pour As par ingestion ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)	Apport max usine ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$)	Apport max cumul ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$)	ERI max usine	ERI max cumul
As	Inhalation	3,30E-03	nd	0,01	0,01	2,0E-04	nd	nd	2,9E-07	nc
	Ingestion	1,50	nd			1,7E-05	1,3E-03	1,9E-01	1,7E-06	1,9E-04
Benzène	Inhalation	2,20E-06	1,7	10,00	5,22	2,2E-01	nd	nd	2,1E-07	1,8E-06
		7,80E-06	1,7			2,2E-01	nd	nd	7,3E-07	6,4E-06
Cd	Inhalation	4,20E-03	5,0E-04	0,05	0,03	1,0E-03	nd	nd	1,8E-06	2,7E-06
Cr VI	Inhalation	4,00E-02	nd	0,00	0,00	6,1E-05	nd	nd	1,0E-06	nc
Ni	Inhalation	3,80E-04	0,003	0,05	0,03	1,0E-03	nd	nd	1,6E-07	6,9E-07
ERI global min									5,2E-06	2,0E-04
ERI global max									5,7E-06	2,0E-04

Synthèse des données et du résultat de la caractérisation des risques **sans seuil de l'usine d'Ivry après TCF valeurs d'émissions basées sur les seuils réglementaires.**

C : Concentration, expo : exposition, max : maximum, min : minimum, BF : bruit de fond, model : modélisé, ERI : excès de risque unitaire, cumul : cumulé.

IR global min et max :

2 indices de risques liés à 2 VTR retenues pour le benzène par inhalation sans seuil (l'US EPA (1998) propose une VTR allant de 2,2 à $7,8\cdot 10^{-6}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹).

Annexe 3 : Pourcentage massique des 17 congénères de dioxines et furanes dans les jauges entre 2005 et 2008.

congénère	2008										2007									
	J25 08	J28 08	J7' 08	J6 08	J27 08	J30 08	J29 08	J2 08	J26 08	J5 08	J25 07	J28 07	J7' 07	J6 07	J27 07	J30 07	J29 07	J2 07	J26 07	J5 07
2,3,7,8-TCDD	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,30	0,03	0,15	0,61	0,05	0,42	0,20	0,03	0,22	0,46
1,2,3,7,8-PnCDD	0,2	0,7	0,8	0,1	0,8	0,1	0,7	0,2	0,1	0,1	0,20	0,05	1,29	1,20	0,06	1,39	0,80	0,04	0,25	0,60
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,2	0,7	0,5	0,1	0,6	0,7	0,5	0,3	1,2	1,3	0,35	0,06	0,51	1,26	0,07	1,04	1,00	0,07	7,78	1,83
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,7	2,2	2,5	2,3	1,7	1,5	1,6	0,6	1,7	2,7	2,29	2,37	2,32	3,40	1,84	2,95	2,20	3,17	7,41	5,49
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,5	1,9	1,6	1,1	0,9	1,4	1,0	0,3	1,2	1,7	1,35	1,53	1,42	1,29	1,10	0,69	2,99	0,07	8,15	0,67
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD (1)	17,1	20,9	20,3	20,2	17,0	18,8	18,1	13,1	17,6	21,3	28,66	19,83	16,99	27,20	20,95	14,40	23,55	19,01	6,05	25,08
OCDD (2)	74,6	56,3	57,9	59,0	59,5	60,9	62,8	78,5	60,6	52,8	39,50	49,15	7,85	20,02	59,18	35,91	26,94	51,28	6,05	22,47
2,3,7,8-TCDF	0,2	0,5	0,9	0,5	0,8	1,4	0,8	0,3	1,2	1,1	1,25	0,51	0,26	1,89	1,84	1,21	0,60	0,86	5,19	0,78
1,2,3,7,8-PnCDF	<0,1	0,3	<0,1	0,1	0,4	0,7	0,5	0,1	0,1	0,8	0,15	0,85	0,51	1,13	0,06	0,50	0,57	0,04	9,76	0,48
2,3,4,7,8-PnCDF	0,4	1,1	1,0	0,5	1,2	1,5	1,3	0,4	1,0	1,5	1,56	0,85	1,54	3,02	1,47	1,56	1,20	1,73	9,08	0,47
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,3	0,9	0,6	1,6	1,0	1,2	1,2	0,3	1,1	1,3	2,81	1,02	0,77	1,89	0,37	0,83	1,00	0,03	8,58	1,31
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,4	1,0	0,8	0,7	1,0	0,9	0,8	0,3	0,8	1,3	0,21	1,36	1,03	2,27	1,10	2,26	2,40	1,44	6,55	2,09
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,4	1,7	1,1	1,2	1,6	1,0	1,1	0,4	1,1	1,7	3,86	1,53	2,06	3,40	2,21	5,38	0,57	2,02	7,66	3,66
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1	0,5	0,4	0,1	0,6	0,1	0,5	0,1	0,1	1,2	0,19	0,04	0,13	0,86	0,37	0,75	0,67	0,03	0,29	0,45
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF (3)	2,2	4,9	4,4	4,0	6,9	5,2	3,8	2,2	4,3	4,7	10,94	0,68	10,81	14,73	4,41	16,48	8,58	10,66	6,42	16,46
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,2	0,8	0,7	0,8	0,6	0,5	0,5	0,2	0,6	1,2	0,22	9,83	2,83	2,23	0,51	2,95	2,79	2,30	4,63	0,47
OCDF (4)	2,4	5,7	6,4	7,7	5,3	4,1	4,6	2,6	7,4	5,3	6,15	10,34	49,54	13,60	4,41	11,28	23,95	7,20	5,93	17,24
total 1+2+3+4	96,3	87,7	89,0	90,8	88,7	89,0	89,3	96,4	90,0	84,2	85,2	80,0	85,2	75,5	89,0	78,1	83,0	88,2	24,5	81,3

Valeurs en rouge : congénères non détectés (valeur du seuil de détection)

Annexe 3 (suite).

congénère	2006							2005							min	max	
	J25 06	J28 06	J6 06	J27 06	J2 06	J26 06	J5 06	J25 05	J28 05	J7 05	J6 05	J27 05	J2 05	J26 05			J5 05
2,3,7,8-TCDD	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	<0.1	0.6
1,2,3,7,8-PnCDD	0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	0,2	0,1	0,4	0,5	0,1	0,2	0,1	0,1	<0.1	1.4
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	0,2	0,2	0,8	0,6	0,1	0,1	0,2	0,9	<0.1	7.8
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,1	2,1	0,7	0,1	<0,1	2,7	1,9	2,3	2,3	0,1	0,8	2,5	1,8	<0.1	7.4
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	0,1	0,1	1,5	0,4	0,1	<0,1	0,2	1,8	1,8	1,3	1,5	0,4	1,8	1,7	<0.1	8.2
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD (1)	22,0	15,6	20,1	20,9	12,6	16,7	13,7	19,5	19,0	24,0	17,9	17,5	14,9	20,0	17,1	6.1	28.7
OCDD (2)	62,0	60,1	51,3	55,3	76,7	61,9	64,6	53,0	51,9	50,1	50,0	49,9	74,2	50,9	48,1	6.1	78.5
2,3,7,8-TCDF	6,0	2,8	5,6	1,4	1,0	5,4	3,5	2,0	2,9	1,2	2,0	2,0	0,6	3,0	4,7	0.2	6.0
1,2,3,7,8-PnCDF	0,1	2,9	0,1	0,8	0,2	0,1	2,8	2,1	0,7	0,7	1,0	1,0	0,3	1,4	1,9	<0.1	9.8
2,3,4,7,8-PnCDF	0,1	4,8	5,8	2,1	0,7	7,3	2,6	2,2	1,5	1,6	2,0	1,9	0,4	2,2	3,0	0.1	9.1
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1	0,8	0,4	0,1	0,8	<0,1	1,4	1,2	1,4	2,2	0,3	1,9	1,9	<0.1	8.6
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1	1,5	0,3	0,1	1,7	<0,1	1,7	1,3	2,0	2,0	0,3	1,6	1,9	<0.1	6.5
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1	<0,1	0,4	3,1	1,8	<0,1	1,9	1,8	2,6	2,6	0,3	2,0	2,6	<0.1	7.7
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,0	<0,1	<0,1	0,3	0,4	0,1	<0,1	0,1	0,1	<0.1	1.2
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF (3)	7,4	12,0	8,1	5,0	2,2	3,9	4,3	9,7	7,2	6,6	8,8	9,4	3,4	5,2	8,5	0.7	16.5
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,6	0,5	0,3	0,1	0,0	0,4	0,2	0,3	0,2	0,5	1,1	1,7	0,3	0,2	0,3	<0.1	9.8
OCDF (4)	0,6	0,5	8,0	8,2	4,0	0,4	3,9	7,7	7,4	5,4	6,1	7,8	3,5	6,9	5,6	0.4	49.5
total 1+2+3+4	92,0	88,2	87,6	89,5	95,6	83,1	86,5	89,9	85,5	86,0	82,8	84,6	96,0	83,0	79,3		

Valeurs en rouge : congénères non détectés (valeur du seuil de détection)

Minimum (min) et maximum (max) calculés sur les valeurs de 2005 à 2008.

Annexe 4 : Résultats des métaux (solubles et insolubles) dans chaque jauge en fonction des années ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$).

	J27				J30		J29		J26			
	2005	2006	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2005	2006	2007	2008
Hg			1,00	0,21	1,14	0,40	1,22	0,17			1,02	0,14
Tl	0,55	0,14	1,10	0,07	1,27	0,14	1,34	0,08	0,52	0,20	1,12	0,04
As	0,38	0,48	2,96	0,64	3,26	1,00	3,06	0,61	0,28	2,31	2,66	0,40
Cd	0,06	0,06	0,28	4,50	0,30	0,81	0,33	0,22	0,05	0,04	0,26	0,11
Cr	0,92	0,92	6,91	2,15	6,16	4,54	6,23	0,94	0,52	0,20	5,51	0,32
Co			1,60	0,80	1,62	0,81	1,72	0,20			1,43	0,06
Cu	23,05	22,08	19,11	26,01	7,93	35,07	8,09	8,02	6,80	13,23	6,53	5,82
Mn	4,64	8,25	10,79	3,83	9,26	25,26	12,98	6,15	0,88	10,29	15,09	0,50
Ni	1,45	0,98	2,90	2,61	2,70	5,06	2,47	2,26	1,07	0,20	2,06	0,68
Pb	2,57	6,72	10,24	4,08	3,71	19,09	9,42	3,11	0,40	1,24	3,26	0,25
Sb			1,40	1,15	0,61	1,55	1,02	0,71			0,70	0,41
V			4,69	1,41	4,61	1,10	4,93	0,65			4,56	0,52
Sn	0,38	0,70							0,08	0,20		
Zn	21,98	22,55		61,00		127,6		55,36	2,60	10,55		30,43

	J2				J6				J7		J7'	
	2005	2006	2007	2008	2005	2006	2007	2008	2005	2006	2007	2008
Hg			1,19	0,81			0,66	0,31			1,22	0,40
Tl	1,00	0,26	1,17	0,11	0,86	0,34	0,73	0,07	0,77	nm	1,39	0,12
As	0,82	1,61	3,89	0,72	0,27	1,26	1,58	0,59	0,29	nm	3,35	0,88
Cd	0,16	0,61	1,47	0,36	0,08	0,06	0,19	0,31	0,03	nm	0,30	0,37
Cr	1,88	7,04	21,01	3,50	0,63	2,24	3,16	1,03	0,59	nm	5,68	0,82
Co			2,40	0,63			0,93	0,32			1,39	0,36
Cu	42,70	54,82	76,74	32,46	12,22	19,36	6,88	9,65	8,83	nm	5,22	11,81
Mn	15,14	51,59	57,07	22,04	6,00	20,61	5,03	6,61	1,01	nm	7,22	8,85
Ni	2,10	4,36	8,69	3,38	1,15	2,29	1,39	2,31	0,65	nm	2,03	2,35
Pb	14,55	70,63	67,83	24,80	1,49	13,30	2,72	4,03	1,11	nm	2,62	2,46
Sb			6,41	2,49			1,36	0,69			0,88	0,79
V			7,47	0,95			2,47	0,96			4,49	0,79
Sn	0,81	1,94			0,23	1,49			0,19	nm		
Zn	53,37	175,53		81,52	22,89	49,63		37,28	15,97	nm		124,58

	J28				J25				J5			
	2005	2006	2007	2008	2005	2006	2007	2008	2005	2006	2007	2008
Hg			0,84	0,54			0,52	0,20			0,97	0,15
Tl	0,32	0,14	0,92	0,10	0,52	0,14	0,58	0,03	0,67	0,69	1,03	0,05
As	0,32	0,58	2,14	0,72	0,23	0,57	1,64	0,35	0,45	2,94	1,15	0,47
Cd	0,04	0,04	0,23	0,26	0,06	0,08	0,18	0,23	0,05	0,25	0,26	0,26
Cr	0,69	0,52	4,43	0,60	0,72	1,22	7,21	0,28	0,36	2,07	4,20	0,71
Co			0,92	0,14			1,01	0,05			1,16	0,10
Cu	8,45	8,40	6,48	9,95	11,26	7,49	11,98	3,38	6,71	23,50	8,86	6,03
Mn	2,20	8,17	9,23	2,49	1,39	9,48	10,86	0,92	3,20	32,92	8,95	2,95
Ni	0,68	0,77	2,38	0,84	0,50	0,99	5,92	0,82	0,57	3,30	2,13	1,11
Pb	1,39	2,98	5,78	3,49	1,03	6,32	4,32	1,72	0,47	31,90	3,68	3,32
Sb			0,94	0,90			1,58	0,40			0,82	0,51
V			2,59	0,75			2,83	0,37			2,80	0,50
Sn	0,23	0,34			0,14	0,57			0,07	0,79		
Zn	9,06	11,58		77,60	11,69	29,67		56,09	6,20	57,04		33,05