



Ingénieur du génie sanitaire

Promotion 2007-2008

Date du jury : Septembre 2008

**SUIVI DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES USINES
D'INCINERATION DU GROUPE TIRU : BILAN ET
PROPOSITIONS D'AMÉLIORATION**

**Présentée par :
Yogeshwar Emritloll**

**Lieu du stage :
Groupe TIRU**

**Référent professionnel :
Annie Perrier-Rosset**

**Référent pédagogique :
Jean Carré**

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Madame Annie Perrier-Rosset, chef de service du département SASE, pour m'avoir accueilli et permis de réaliser ce mémoire dans de bonnes conditions ; pour sa disponibilité et ses précieux conseils.

Je voudrais ensuite adresser mes remerciements à M. Jean Carre, enseignant chercheur à l'EHESP, pour son soutien et ses conseils avisés tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent également à tout le service SASE pour son accueil, en particulier :

- Stéphanie Bosq, pour avoir pris le temps de m'aider dans la collecte d'information, indispensable pour la réalisation de ce mémoire.
- Nora Moudres pour sa gentillesse, sa bonne humeur et son aide précieuse pour la mise en page de ce document.

Sommaire

INTRODUCTION	1
1 CONTEXTE GENERAL ET REGLEMENTAIRE	3
1.1 EVOLUTION DES EMISSIONS DE DIOXINES/FURANES PAR LES UIOM EN FRANCE	3
1.2 EVOLUTION DES EMISSIONS DE METAUX LOURDS PAR LES UIOM EN FRANCE.....	4
1.3 CONTEXTE REGLEMENTAIRE	4
2 CADRE DE L'ETUDE	7
2.1 PRESENTATION DU GROUPE TIRU	7
2.2 METHODOLOGIE GLOBALE.....	7
3 DIOXINES ET METAUX LOURDS : EFFETS SUR LA SANTE	9
3.1 DIOXINES	9
3.1.1 <i>Présentation générale</i>	9
3.1.2 <i>Voies d'exposition</i>	9
3.1.3 <i>Effets sur la santé</i>	10
3.1.4 <i>Evolution des connaissances</i>	11
3.2 METAUX LOURDS	11
3.2.1 <i>Présentation générale</i>	11
3.2.2 <i>Voies d'exposition</i>	12
3.2.3 <i>Effets sur la santé</i>	12
3.2.4 <i>Evolution des connaissances</i>	13
4 RAPPEL DES METHODOLOGIES DE SUIVI DE L'INERIS	15
4.1 MATRICES PHYSIQUES.....	15
4.2 MATRICES BIOLOGIQUES	16
5 REGLEMENTATION : DIOXINES ET METAUX LOURDS DANS DIFFERENTES MATRICES	19
5.1 SOL	19
5.2 LAIT.....	20
5.3 AIR	20
5.4 VEGETAUX	21
5.5 OEUFS	22
6 DISCUSSION : SITES SELECTIONNES DU GROUPE TIRU	23
6.1 CALCE (66).....	23
6.2 SAINT OUEN (93)	30
6.3 STRASBOURG (67)	34
6.4 GIEN (45).....	39
6.5 DOUCHY-LES-MINES (59)	44

7	RECOMMANDATIONS	49
8	CONCLUSION	53
	BIBLIOGRAPHIE	55
	LISTE DES ANNEXES	57

Liste des figures et des tableaux

Figures

Figure 1 : Concentrations de PCDD/F dans le sol.....	23
Figure 2 : Concentrations de PCDD/F dans les végétaux.....	24
Figure 3 : Concentrations de métaux (somme totale) dans le sol.....	25
Figure 4 : Concentrations de métaux (somme totale) dans les végétaux.....	25
Figure 5 : Evolution des concentrations de PCDD/F relevées à différents emplacements...	30
Figure 6 : Evolution des dépôts de métaux (Zinc non compris) relevés à différents emplacements	31
Figure 7 : Concentrations de PCDD/F mesurées en 2006 et 2007 (Strasbourg)	34
Figure 8 : Concentrations de métaux (Cd, Cr et Sn) mesurées (Strasbourg).....	37
Figure 9 : Concentrations de métaux (Cu, Pb et Zn) mesurées (Strasbourg)	37
Figure 10 : Concentrations de PCDD/F mesurées à différents emplacements	40
Figure 11 : Concentrations de PCDD/F mesurées dans différents échantillons de sol	41
Figure 12 : Concentrations de PCDD/F mesurées dans des végétaux	42
Figure 13 : Concentrations de PCDD/F mesurées dans le lait	42
Figure 14 : Concentrations de métaux détectés à différents emplacements (2005 et 2006)	45

Tableaux

Tableau 1 : Emissions de dioxines/furanes en France (2002).....	3
Tableau 2 : Evolution des émissions de dioxines/furanes par les UIOM en France.....	3
Tableau 3 : Paramètres suivis en continu (arrêté du 20 septembre 2002).....	5
Tableau 4 : Paramètres suivis de façon ponctuelle (arrêté du 20 septembre 2002)	5
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des différentes matrices de suivi sur les sites sélectionnés.....	8
Tableau 6 : Effets non cancérogènes des « dioxines » chez l'homme.....	10
Tableau 7 : Métaux émis dans l'air par type d'installation industrielle en France (2001)...	11
Tableau 8 : Métaux : les principales voies d'exposition et les organes cibles	12
Tableau 9 : Valeurs toxicologiques de référence pour les effets chroniques à seuil	12
Tableau 10 : Air ambiant : avantages/inconvénients	15
Tableau 11 : Collecteurs de précipitation : avantages/inconvénients.....	16
Tableau 12 : Sol : avantages/inconvénients	16
Tableau 13 : Végétaux : avantages/inconvénients.....	17
Tableau 14 : Concentrations en dioxines/furanes fixant l'utilisation des sols en Allemagne.....	19

Tableau 15 :	<i>Teneurs maximales de métaux dans le sol (arrêté 08/01/1998)</i>	19
Tableau 16 :	<i>Valeurs de constat d'impact pour les sols à usage sensible (BRGM)</i>	19
Tableau 17 :	<i>Concentrations de dioxines/furanes admises dans le lait</i>	20
Tableau 18 :	<i>Seuils des métaux dans l'air ambiant</i>	21
Tableau 19 :	<i>Teneurs maximales de cadmium et de plomb dans certains végétaux alimentaires</i>	21
Tableau 20 :	<i>concentrations de dioxines/furanes admises dans les œufs</i>	22
Tableau 21 :	<i>Concentrations de métaux au point de référence (2007)</i>	25
Tableau 22 :	<i>Concentrations de métaux à différents points de prélèvement (2007)</i>	26
Tableau 23 :	<i>Concentrations de métaux dans l'air ambiant autour de l'UIOM de Calce</i>	27
Tableau 24 :	<i>Valeurs limites relatives aux métaux dans les retombées- TA luft allemande 2002</i>	31
Tableau 25 :	<i>Résultats des métaux détectés lors de la campagne de suivi (2007)</i>	32
Tableau 26 :	<i>Conditions météorologiques lors des campagnes de suivi (St Ouen)</i>	33
Tableau 27 :	<i>Données météorologiques lors des campagnes de 2004 et 2005</i>	35
Tableau 28 :	<i>Concentrations de PCCD/F dans les jauges (Strasbourg, 2006)</i>	36
Tableau 29 :	<i>Bruit de fond et valeur limite de significativité des métaux (lichens)</i>	36
Tableau 30 :	<i>Concentrations de métaux détectées (Strasbourg, 2006)</i>	38
Tableau 31 :	<i>Concentrations typiques de dioxines/furanes dans les collecteurs de précipitation (H.FIEDLER, INERIS 2001)</i>	40
Tableau 32 :	<i>Valeurs de PCCD/F généralement observées chez certains végétaux (INERIS, 2001)</i>	41
Tableau 33 :	<i>Les émissions d'origine industrielle, zone d'étude de Douchy-les-Mines (2004)</i>	45
Tableau 34 :	<i>Les émissions d'origine domestique dans la zone d'étude de Douchy-les-Mines (INSEE, 1999)</i>	45
Tableau 35 :	<i>Concentrations de PCCD/F dans le lait et les œufs, Douchy-les-Mines (2007)</i>	46
Tableau 36 :	<i>Concentration de PCCD/F dans le sol (Douchy-les-Mines, 2007)</i>	46
Tableau 37 :	<i>Principaux facteurs de risques de contamination des œufs (AFSSA, 2003)</i> ..	47
Tableau 38 :	<i>Comparaison approche passive/ approche active</i>	49

Liste des sigles utilisés

ADEME	: Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
ATSDR	: Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BRGM	: Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CIRC	: Centre International de Recherche sur le Cancer
CITEPA	: Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
DASRI	: Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux
DDAF	: Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt
DDSV	: Direction Départementale des Services Vétérinaires
DGS	: Direction Générale de la Santé
DIB	: Déchets Industriels Banals
DRIRE	: Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
EPER	: European Pollutant Emission Register
(US)EPA	: (US) Environmental Protection Agency
FNADE	: Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l'Environnement
INERIS	: Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
INSERM	: Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale
MEEDDAT	: Ministère de l'Ecologie, de l'Environnement, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire
OEHHA	: Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
RIVM	: National Institute of Public Health and the Environment (<i>Organisme Neerlandais</i>)
SIVERT	: Syndicat Intercommunal de Valorisation et de Recyclage Thermique des déchets
SVDU	: Syndicat national du traitement et de la Valorisation des Déchets Urbains et assimilés
UIOM	: Usine d'Incinération d'Ordures Ménagères
VTR	: Valeur Toxicologique de Référence

INTRODUCTION

La France possède le parc d'usines d'incinération d'ordures ménagères (UIOM) le plus important d'Europe [1]. Toutefois, leur nombre est en diminution constante (292 en 1985, 213 en 2000, 134 en 2004 et 128 en 2006) ; cette réduction est due à la fermeture d'un grand nombre d'installations anciennes, à la mise en conformité des installations existantes et à la construction de nouvelles usines de plus grande capacité.

Une enquête visant à caractériser le traitement des ordures ménagères est régulièrement menée par l'ADEME. Elle concerne toutes les Installations de Traitement des Ordures Ménagères (enquête ITOM) [2] accueillant des déchets collectés dans le cadre du service public d'élimination des déchets (tri, traitements thermique et biologique et stockage de classe 2). Les résultats de 2006 montrent que sur les 47,5 Mt d'ordures ménagères entrant dans ce circuit, les quantités mises en stockage de classe 2 sont en hausse par rapport à 2004. Cela s'explique notamment par des travaux de mise en conformité sur quelques UIOM en 2006 ayant détourné un tonnage assez important vers le stockage. Cette tendance devrait s'inverser lors de la prochaine enquête et on devrait observer une baisse du stockage au profit de l'incinération avec valorisation d'énergie. Concernant les autres modes de traitement, il y a une poursuite de la hausse des quantités traitées par compostage et un début de stabilisation de celles destinées au tri. L'incinération sans valorisation énergétique (0,6 Mt d'ordures en 2006) continue de baisser au profit de la valorisation énergétique (12,4 Mt d'ordures en 2006).

Ces dernières années, la question du risque des UIOM pour la santé des riverains a occupé une place importante dans les médias et dans l'esprit du public notamment par rapport aux émissions de dioxines et furanes. En parallèle, le contexte réglementaire est devenu très strict avec des valeurs limites d'émission sévères dans les rejets gazeux mais impose également aux exploitants des UIOM de mettre en place une surveillance de l'impact environnemental de leur installation. A cela s'ajoutent des pistes de réflexion issues de débats auxquels ont participé des associations de défense de l'environnement lors du récent Grenelle de l'environnement [3]. Certaines associations avaient notamment émis le souhait d'un moratoire, c'est-à-dire l'arrêt de construction de nouvelles usines. Cette proposition n'a pas été retenue. Par contre, d'autres mesures telles que le renforcement de la surveillance environnementale et l'amélioration de la valorisation énergétique des déchets sont en discussion.

Ce mémoire vise à recenser les campagnes de suivi de l'impact environnemental déjà en place sur la plupart des sites du GROUPE TIRU et à proposer d'éventuelles améliorations à mettre en œuvre afin d'accroître leur efficacité. Il traitera aussi de l'évolution des connaissances en ce qui concerne les dioxines/furanes et les métaux lourds. En plus de la présentation des méthodologies proposées en 2001 par l'INERIS, il introduira la méthodologie de la biosurveillance, outil efficace et en parfaite adéquation avec l'ère actuelle, où la protection de l'environnement est devenue une préoccupation majeure.

1 CONTEXTE GENERAL ET REGLEMENTAIRE

1.1 Evolution des émissions de dioxines/furanes par les UIOM en France

Avant de voir l'évolution des émissions de dioxines/furanes par les UIOM en France, nous allons tout d'abord nous intéresser aux principaux secteurs émetteurs de ces polluants en 2002 (cf. tableau 1). Ces données proviennent du CITEPA et n'incluent pas les émissions de sources diffuses (feux de forêts, barbecues, brûlage de pneus...) qui sont difficiles à caractériser.

Tableau 1 : Emissions de dioxines/furanes en France (2002)

Activités	Emissions en g I-TEQ (2002)
UIOM	212,2
Combustion résidentielle du bois	28,7
Brûlage de câbles	40
Agglomération du minéral	55,7
Aciéries électriques	13,6
Aluminium de seconde fusion	6
Incinération de boues de STEP	5,8
Sources diverses	14,5
Total	380

Selon les études menées en Europe et aux Etats-Unis, il y aurait eu une baisse d'environ 80% des émissions de dioxines toutes sources confondues entre 1970 et le milieu des années 90. En France, la quantité estimée de dioxines émises par les UIOM est passée de 1090g I-TEQ en 1995 à 8,5g I-TEQ en 2006 [4]. L'évolution des rejets atmosphériques de dioxines/furanes par les UIOM est présentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Evolution des émissions de dioxines/furanes par les UIOM en France

Année	Emission en g I-TEQ
1995	1090
1996	988
1997	594
1998	504
1999	369
2000	342
2001	255
2002	212
2003	100
2004	170
2005	95
2006	8,5

Avec l'application de l'arrêté du 20 septembre 2002, l'incinération représente maintenant une source faible d'émissions de dioxines/furanes. A titre d'exemple, les émissions dues à la combustion du bois dans le secteur résidentiel tertiaire sont estimées à 30g par an.

1.2 Evolution des émissions de métaux lourds par les UIOM en France

- *Cadmium et Thallium* [5]

Le CITEPA estimait les émissions de cadmium et de thallium cumulés par les UIOM à 0,7 t pour l'année 2006. Les émissions de cadmium par les UIOM sont dues pour une large part à la présence de DASRI et aussi à l'acceptation dans ces installations de déchets d'équipements électriques et électroniques. La mise en place d'une filière pour collecter et traiter spécifiquement ces déchets depuis le 15 novembre 2006 et l'interdiction d'utiliser ce métal dans ces équipements depuis le 1er juillet 2006 devraient conduire à réduire davantage ces rejets.

- *Mercur*e [5]

Le CITEPA estimait à 7,9 t les émissions totales de mercure dans l'atmosphère en 2006 dont 16% (1,3 t) étaient attribuables au traitement des déchets par incinération. Ceci représente néanmoins une baisse de 71% par rapport à la quantité totale émise en 1990. La baisse des émissions constatée s'explique en grande partie par l'amélioration de la performance du traitement des fumées des usines d'incinération mais aussi par une diminution de la teneur en mercure des déchets incinérés. En effet, des mesures d'interdiction d'utilisation du mercure dans certains équipements mis sur le marché ont été adoptées (thermomètre médicaux depuis plusieurs années, équipements électriques et électroniques depuis le 1er juillet 2006) et d'autre part, des circuits spécifiques ont été mis en place pour collecter sélectivement des déchets contenant du mercure notamment des piles boutons et depuis le 15 novembre 2006, des lampes à basse consommation. L'application de ces mesures va entraîner une diminution supplémentaire de la teneur en mercure des déchets résiduels destinés à l'incinération ou au stockage et par conséquent une diminution des émissions de mercure par les différents modes de traitement de déchets.

- *Autres métaux* [5]

La somme des émissions d'antimoine, d'arsenic, de plomb, de chrome, de cobalt, de cuivre, de manganèse, de nickel et de vanadium par les UIOM en 2006 est estimée à moins de 10 tonnes. A titre de comparaison, l'industrie manufacturière (production de verre, de métaux ferreux, etc.) a émis 6,7 tonnes d'arsenic en 2007.

1.3 Contexte réglementaire

Les usines d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux (déchets ménagers et assimilés, DIB et boues de station d'épuration non dangereuses) et des DASRI sont soumises à l'arrêté ministériel du 20 septembre 2002 (publié dans le JO du 1^{er} décembre 2002) [6]. Cet arrêté ministériel est une transposition d'un règlement européen en vigueur dans le domaine du traitement des déchets.

Selon l'article 28 de cet arrêté, l'exploitant doit réaliser la mesure en continu des substances figurant dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Paramètres suivis en continu (arrêté du 20 septembre 2002)

Paramètre	Valeur limite en moyenne journalière	Valeur limite en moyenne sur une demi-heure
Poussières totales	10 mg/m ³	30 mg/m ³
Substances organiques à l'état de gaz ou de vapeur, exprimés en COT	10 mg/m ³	20 mg/m ³
HCl	10 mg/m ³	60 mg/m ³
HF	1 mg/m ³	4 mg/m ³
SO ₂	50 mg/m ³	200 mg/m ³
NO et NO ₂ exprimés, en NO ₂ (nouvelles installations et installations existantes avec une capacité nominale > 6t/h)	200 mg/m ³	400 mg/m ³
NO et NO ₂ exprimés en NO ₂ (installations existantes avec une capacité nominale < ou égale à 6t/h)	400 mg/m ³	/

L'exploitant doit également mesurer en continu dans le gaz de combustion le monoxyde de carbone, l'oxygène et la vapeur d'eau. Toutes ces mesures en continu sont contrôlées 2 fois par an par un organisme extérieur compétent (accrédité par le COFRAC, agréé par le ministère en charge de l'inspection des installations classées ou signataire d'un accord de coordination européenne).

En outre, au moins 2 mesures à l'émission par an des composés suivants doivent aussi être réalisées par un organisme extérieur accrédité ou agréé :

Tableau 4 : Paramètres suivis de façon ponctuelle (arrêté du 20 septembre 2002)

Paramètre	Valeur limite
Cadmium et ses composés, exprimés en Cd + thallium et ses composés, exprimés en Tl	0,05 mg/m ³ *
Mercurure et ses composés, exprimés en Hg	0,05 mg/m ³ *
Total des autres métaux lourds (Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V)	0,5 mg/m ³ *
Dioxines et furanes	0,1 ng/m ³ **

* La moyenne s'effectue sur une période d'échantillonnage d'une demi-heure au minimum et de 8 heures au maximum.

** La moyenne s'effectue sur une période d'échantillonnage de 6 heures au minimum et de 8 heures au maximum.

Au cours de la première année d'exploitation, cette mesure externe de l'ensemble des composés doit être réalisée tous les 3 mois.

L'article 30 de l'arrêté du 2 septembre 2002, est une spécificité française (non requise par la réglementation européenne). Il impose un plan de surveillance de l'impact sur l'environnement au voisinage de l'installation. Ce programme est déterminé et mis en œuvre sous la responsabilité de l'exploitant, à ses frais et il est réalisé par des laboratoires compétents, français ou étrangers, choisis par l'exploitant. Ce programme de surveillance concerne les métaux et les dioxines/furanes et doit être réalisé au moins une fois par an après la première année d'exploitation.

2 CADRE DE L'ETUDE

2.1 Présentation du Groupe TIRU

Le GROUPE TIRU, filiale commune d'EDF, SUEZ et VEOLIA, est spécialisé dans la valorisation énergétique des déchets ménagers sous forme d'électricité et de chauffage. L'énergie verte issue de ces déchets est aujourd'hui la seconde source d'énergie renouvelable en France derrière l'hydraulique mais devant l'éolien ou le solaire. Acteur majeur du développement durable, le GROUPE TIRU compte 22 unités de traitement thermique ou biologique des déchets ménagers implantés en France, en Espagne, au Canada et en Grande Bretagne.

2.2 Méthodologie globale

L'arrêté ministériel du 20 septembre 2002 (cf. 1.3) impose un suivi des retombées de dioxines/furanes et de métaux lourds autour des UIOM mais ne précise pas les moyens à mettre en place pour assurer ce suivi. Dans un rapport de 2001, l'INERIS présente plusieurs méthodes de surveillance (liste non-exhaustive) avec les avantages et inconvénients de chacune. La méthode la plus décrite et pour laquelle il existe une norme française (norme NF X 43-014) concerne l'utilisation des collecteurs de précipitation.

Il est bon de souligner que le suivi de l'impact environnemental au voisinage d'un incinérateur, imposé par l'arrêté ministériel précité, n'est applicable aux installations existantes qu'à partir du 25 décembre 2005. La plupart des sites exploités par le GROUPE TIRU ont démarré leur campagne de suivi au plus tard en 2006 et il devient donc intéressant d'avoir un retour d'expérience à ce sujet. Cet inventaire permettra éventuellement de proposer une harmonisation des méthodologies jugées les plus performantes et fiables dans le cadre du suivi environnemental.

- *Sélection des sites à étudier*

Seuls des sites où le GROUPE TIRU est l'actionnaire majoritaire seront abordés dans ce mémoire. Ce critère de sélection garantit un accès plus rapide aux informations internes (étude d'impact et de dispersion, contact avec les interlocuteurs sur site, résultats détaillés des campagnes de suivi, etc.)

- *Recueil de données sur l'ensemble des sites du GROUPE TIRU*

La première étape a consisté en l'élaboration d'un questionnaire simple et facile à remplir tout en étant le plus exhaustif possible. J'ai été amené à le réaliser suite à des réunions avec divers acteurs de la direction technique : chef de service, ingénieurs QSE et environnement, etc. Le but recherché était de recueillir un maximum de données sur les points suivants : méthodes de suivi utilisées, fréquence de suivi, existence d'un état zéro, prestataires, etc.

Les questionnaires ont ensuite été au moins partiellement remplis avec des données disponibles au siège avant d'être transmis aux différents responsables sur les sites concernés pour validation et compléments éventuels. Un exemple du questionnaire élaboré est disponible en annexe (Annexe 1).

▪ *Présentation des résultats*

Les résultats de l'enquête menée à propos des méthodologies de suivi utilisées sur les différents sites, sont synthétisés dans 2 tableaux (Annexe 2 a. et b.). Ces tableaux, qui sont complémentaires, ont vocation à être réactualisés et/ou complétés selon les modifications éventuelles qui peuvent survenir sur les sites dans le cadre du suivi environnemental (changement de prestataires, de matrices de suivi, etc.)

▪ *Limites de cette étude*

Dans le cadre de ce mémoire, 5 sites vont être abordés de façon détaillée. Les matrices utilisées sur ces sites sont récapitulées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des différentes matrices de suivi sur les sites sélectionnés

Nom de l'UIOM	Matrices de suivi					
	Collecteurs de précipitation	sol	lait	végétaux	œufs	Autres
Calce (Perpignan) (66)		X		raisin, chêne, romarin, thym		Air ambiant
Douchy-les-Mines (59)		X	bovin		X	Air ambiant
Gien (45)	X	X	bovin, caprin	herbages, légumes	X	
Saint Ouen (93)	X					
Strasbourg (PROTIRES) (67)	X			lichens		

Ces sites ont été choisis car ils sont représentatifs de toutes les matrices utilisées sur les autres installations du GROUPE TIRU. Certaines particularités les rendent intéressants pour avoir une vue globale sur l'efficacité des méthodes de suivi déjà mises en œuvre :

- Calce est le seul site ayant fait l'objet d'un état zéro avant la construction de l'installation.
- Gien a rencontré ponctuellement des dysfonctionnements ayant conduit à des rejets importants de dioxines/furanes à la cheminée. Ces problèmes techniques ont été résolus grâce à des travaux et il est intéressant de savoir si ces problèmes ont pu impacter le voisinage de l'UIOM.
- Strasbourg utilise la matrice lichens pour laquelle on ne dispose pas d'un retour d'expérience riche tandis que Douchy-les-Mines procède à des analyses sur les œufs, matrice rarement utilisée.

3 DIOXINES ET METAUX LOURDS : EFFETS SUR LA SANTE

3.1 Dioxines

3.1.1 Présentation générale

Le terme « dioxines » [7] est une appellation générique désignant 2 familles de composés : les polychlorodibenzodioxines (PCDD) et le polychlorodibenzofuranes (PCDF). La famille des « dioxines » est composée de 210 molécules parmi lesquelles 17 sont étudiées pour leur toxicité. Toute molécule carbonée peut former des « dioxines » en présence de chlore et à des températures comprises entre 150°C et 600°C ; la température optimale se situant aux alentours de 300°C. Ces composés n'ont pas d'utilisation industrielle. Les sources primaires identifiées sont essentiellement anthropogènes et parfois naturelles : processus de combustion (incinération, aciérie, sidérurgie, métallurgie, combustion du charbon, du fioul, autres combustions...) ; sous-produits de réactions chimiques (pesticides, chlorophénols, herbicides, certains procédés de blanchiment de la pâte à papier...) ; réactions photochimiques.

Les « dioxines » sont des molécules très stables chimiquement, peu biodégradables et elles ne sont détruites qu'à très haute température (> 850°C). Elles sont également non polaires, très lipophiles et peu solubles dans l'eau. Leur dispersion dans l'atmosphère a lieu essentiellement sous forme particulaire et non sous forme gazeuse ce qui explique la contamination préférentielle des sols et des végétaux plutôt que de l'air. Au niveau du sol, les « dioxines » semblent peu migrer en profondeur, du fait de leur forte affinité pour les colloïdes du sol ; elles sont retrouvées généralement à 95% dans les 10 premiers cm des sols cultivés et ou pâturés.

Les différents congénères n'ont pas la même toxicité. La molécule la plus toxique est la 2, 3, 7, 8 TCDD dite « dioxine de Seveso ». La toxicité diminue lorsque le nombre d'atomes de chlore croît. Le calcul de la toxicité et les valeurs affectées aux différents congénères sont accessibles en annexe (Annexe 3).

3.1.2 Voies d'exposition

Les études menées jusqu'à présent montrent que l'exposition moyenne des populations se fait à plus de 95% par voie alimentaire, en particulier par ingestion de graisses animales, et à seulement 5% par inhalation (INSERM, 2000). La voie cutanée est négligeable.

3.1.3 Effets sur la santé

L'état des connaissances sur le lien entre les concentrations dans les milieux biologiques et la toxicité des « dioxines » reste encore limité pour les faibles doses. La connaissance des effets des « dioxines » repose sur des expériences animales et les données chez l'homme proviennent d'études épidémiologiques sur des populations exposées à des doses 100 à 1000 fois supérieures à celles auxquelles est exposée la population générale d'aujourd'hui (accident de Seveso, agent orange au Vietnam...).

L'interprétation des résultats est difficile pour les raisons suivantes :

- L'animal de laboratoire est exposé à des doses de « dioxines » pures et très élevées, loin de l'exposition humaine réelle. Il faut ajouter à cela, la variabilité inter-espèces (1- 5 000) ; ainsi les résultats obtenus ne sont pas forcément transposables chez l'homme.
- Concernant les études chez l'homme, elles portent généralement sur des populations fortement exposées aux dioxines ou dans des situations où d'autres polluants sont également présents.

Les connaissances scientifiques actuelles permettent toutefois de faire ressortir les effets suivants chez l'homme en cas d'exposition aux « dioxines » :

Tableau 6 : Effets non cancérogènes des « dioxines » chez l'homme

Effet	Démonstration épidémiologique
Effets dermatologiques (chloracné)	Association prouvée
Effets gastro-intestinaux et enzymes hépatiques	Augmentation temporaire des enzymes hépatiques démontrée
Maladies cardiovasculaires et changements dans les concentrations de lipides sanguins	Association globalement positive avec toutefois des incertitudes
Diabète, effets tératogènes et reproductifs, fonction thyroïdienne, effets neurologiques et psychologiques, système respiratoire, excréments, effets immunologiques	Association non prouvée scientifiquement

Seule la dioxine dite de Seveso a été classée, en 1996, parmi les « cancérogènes pour l'homme » par le CIRC (Groupe 1). Les autres congénères sont pour l'instant non classés par manque de preuves. Enfin il est bon de rappeler qu'il existe une forte divergence qui oppose l'OMS qui considère les dioxines comme des cancérogènes non mutagènes avec une dose seuil (approche déterministe) et l'US-EPA qui les considère comme des agents cancérogènes sans seuil (approche probabiliste).

3.1.4 Evolution des connaissances

L'homme est exposé principalement par voie alimentaire (95%). En ce qui concerne la dose alimentaire tolérable, elle a évolué au cours du temps : de dose journalière sans effet (DJA ou DJT), celle-ci est devenue une dose hebdomadaire tolérable (DHT) de 14 pg I-TEQ/kg de poids corporel (avis du *Scientific Committee on Food*, commission européenne du 22 novembre 2000), puis aujourd'hui une dose mensuelle tolérable provisoire (DMTP) de 70 pg de PCCD/F et PCB dioxin-like/kg de poids corporel par mois [8]. C'est la dose maximale qu'un homme pourrait absorber par mois pendant une vie entière par le biais de son alimentation sans risque pour sa santé. Il convient de souligner que cette valeur limite est calculée pour une exposition chronique vie entière pour un adulte pesant 70 kg et qu'elle comporte une marge de sécurité vis-à-vis des risques sanitaires. Ainsi un dépassement de cette valeur n'implique pas nécessairement des risques pour la santé. En incluant les PCB (composés de structures proches des dioxines- Annexe 3), il est possible que cette DMTP soit dépassée chez les forts consommateurs d'aliments d'origine animale tels que la viande.

3.2 Métaux lourds

3.2.1 Présentation générale

Le Registre Européen des Emissions Polluantes (EPER) recense les principales sources industrielles d'émissions en métaux lourds. Le recensement le plus complet concerne les 15 états membres de l'Union Européenne plus la Norvège et la Hongrie. Cette base de données est en cours de réactualisation pour l'Europe des 25 (à partir de 2007).

Le tableau 7 [9] récapitule les sources émettrices de divers métaux en France :

Tableau 7 : Métaux émis dans l'air par type d'installation industrielle en France (2001)

Installation	Métaux
Incinérateurs de déchets dangereux et d'ordures ménagères	Cadmium, chrome, cuivre, plomb, mercure, nickel, zinc
Industrie des métaux (fonderie, métallurgie, sidérurgie)	Arsenic, cadmium, chrome, cuivre, plomb, mercure, nickel, zinc
Installations de production de ciment, verre, substances minérales, céramiques ou de chaux	Arsenic, cadmium, chrome, plomb, mercure, nickel, zinc
Installations de combustion	Arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb
Raffineries de gaz et huiles minérales	Arsenic, cadmium, plomb, mercure, nickel
Industrie chimie organique	Arsenic, cadmium, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc
Installations de production de carbone ou graphite	Cuivre, mercure, plomb
Abattoirs, usines de production laitière	Nickel

En ce qui concerne les émissions de métaux par les UIOM, ils sont en diminution grâce à la création de filières spécifiques de collecte et de traitement de certains déchets (piles boutons, ampoules...) mais aussi grâce à l'amélioration de la performance des systèmes d'épuration des fumées (cf. 1.2).

3.2.2 Voies d'exposition

Les métaux soumis à des valeurs limites d'émission par les UIOM sont présentés dans le tableau 8. On y trouve les principales voies d'exposition, les organes cibles et aussi le classement de leur cancérogénicité par divers organismes [10]. Les détails de ce classement figurent en annexe 4.

Tableau 8 : Métaux : les principales voies d'exposition et les organes cibles

Métal	Voies d'exposition principales	Organes cibles	Cancérogénicité		
			CIRC	EPA	UE
Antimoine	Inhalation, Ingestion	Poumons, système sanguin	2B	-	3
Arsenic	Inhalation, Ingestion	Système nerveux, poumons, peau	1	A	-
Cadmium	Inhalation, Ingestion	Reins, poumons	1	B1	2
Chrome	Cr III	Inhalation	3	D	1
	Cr VI	Inhalation	1	A	2
Cobalt	Inhalation, Ingestion	Système respiratoire, cardiaque	2B	-	2
Cuivre	Inhalation, Ingestion	Poumons, poids corporel	-	D	-
Manganèse	Inhalation, Ingestion	Système nerveux	-	D	-
Mercure	Inorganique	Inhalation, Ingestion	3	D	-
	Organique	Inhalation, Ingestion	2B	-	-
Nickel	Inhalation, Ingestion	Système respiratoire	1	A	1
Plomb	Inhalation, Ingestion	Poumons, épithélium nasal	2B	B2	-
Thallium	Ingestion	Système sanguin	-	-	-
Vanadium	Ingestion	Système sanguin	2B	-	-
Zinc	Ingestion	Système digestif	-	D	-

3.2.3 Effets sur la santé

Les substances chimiques sont susceptibles de provoquer des effets aigus (expositions courtes à des doses généralement élevées) et des effets chroniques (expositions longues à des doses relativement faibles).

Le tableau ci-dessous présente les VTR, issues de différentes bases de données, de différents métaux pour les effets chroniques à seuil [10] :

Tableau 9 : Valeurs toxicologiques de référence pour les effets chroniques à seuil

Métal	VTR	Source et Date	Organe cible/ Effets	Type d'étude	Facteur d'incertitude
Sb	0,2 µg/m ³ (inh.)	EPA 1995	Toxicité pulmonaire	Rat	300
	4.10 ⁻⁴ mg/kg/j (ing.)	EPA 1991	Système sanguin	Rat	1000
As inorganique	1 µg/m ³ (inh.)	RIVM 2000	Cancer pulmonaire	Homme	10
	3.10 ⁻⁴ mg/kg/j (ing.)	EPA 1993	Peau, système sanguin et cardiaque	Homme	3
Cd	5.10 ⁻³ µg/m ³ (inh.)	OMS 1999	Système rénal et respiratoire	Homme	-
	1.10 ⁻³ mg/kg/j (ing.)	EPA 1994	Système rénal	Homme	10
Cr	8.10 ⁻³ µg/m ³ (inh.) Cr VI	EPA 1998	Système respiratoire	Homme et Rat	90
	1,5 mg/kg/j (ing.) Cr III	EPA 1998	-	Rat	100
Cobalt	0,1 µg/m ³ (inh.)	ATSDR 2004	Système respiratoire	Homme	10
	1,4.10 ⁻³ mg/kg/j (ing.)	RIVM 2000	Système cardiaque	Homme	30

Cuivre	1 µg/m ³ (inh.)	RIVM 2001	Poumons	Lapin	600
	0,14 mg/kg/j (ing.)	RIVM 2001	Diminution du poids corporel	Souris	30
Manganèse	0,05 µg/m ³ (inh.)	EPA 1993	Système nerveux	Homme	1000
	0,14 mg/kg/j (ing.)	EPA 1993	Système nerveux central	Homme	1
Mercure	0,3 µg/m ³ (inh.)	EPA 1995	Système nerveux	Homme	30
	1.10 ⁻⁴ mg/kg/j méthylmercure (ing.)	EPA 2001	Système nerveux	Homme	10
	3.10 ⁻⁴ mg/kg/j Hg inorganique (ing.)	EPA 1995	Système immunitaire	Rat	1000
Nickel	9.10 ⁻² µg/m ³ (inh.)	ASTDR 2005	Système respiratoire	Rat	30
	2.10 ⁻² mg/kg/j (ing.)	EPA 1996	Baisse du poids corporel et des organes	Rat	300
Plomb	0,5 µg/m ³ (inh.)	OMS 2005	Plombémie	Homme	-
	25 µg/kg/semaine (ing.)	OMS 1993	Augmentation de la plombémie	Homme	-
Zinc	0,3 mg/kg/j (ing.)	EPA 2005	Système digestif, nerveux, immunitaire	Homme	3

D'autres métaux sont des toxiques à effets sans seuils. Ces polluants cancérigènes classés dans le groupe 1 par le CIRC et/ou classés dans le groupe A par l'EPA, sont : l'arsenic (forme inorganique), le cadmium, le chrome (Cr VI) et le nickel (sous la forme de sulfure de nickel).

3.2.4 Evolution des connaissances

La définition des relations dose-réponse consiste à recueillir dans la littérature l'ensemble des valeurs établissant une relation entre une dose d'exposition et les effets ou probabilités d'effets observés. Pour chaque substance sélectionnée précédemment, des VTR ont été recherchées auprès de différentes instances internationales : OMS, US-EPA, ATSDR, OEHHA, Health Canada et RIVM.

Afin de simplifier les modalités de sélection des VTR et la vérification des dossiers par les services de l'Etat, la DGS a demandé au travers d'une circulaire (DGS/SD7B/2006/234 du 30 mai 2006), de sélectionner « la VTR dans la première base dans laquelle elle est retrouvée en respectant la hiérarchisation suivante :

- pour les substances à effets à seuil : successivement EPA, ATSDR, OMS/IPCS, Health Canada, RIVM en en dernier lieu OEHHA ;
- pour les substances à effets sans seuil : successivement EPA, OMS/IPCS, RIVM, OEHHA. »

Enfin, il faut tenir compte de la date de parution de la VTR mais aussi des facteurs d'incertitude des études sur lesquelles cette VTR est basée. Une veille bibliographique s'avère donc nécessaire afin d'utiliser les VTR les plus adaptées lors de l'étape de l'évaluation des risques sanitaires.

4 RAPPEL DES METHODOLOGIES DE SUIVI DE L'INERIS

Les méthodologies de surveillance présentées par la suite proviennent du rapport de l'INERIS de 2001 intitulé : « *Méthode de surveillance des retombées des dioxines et furanes autour d'une UIOM* » [11]. Différentes matrices peuvent être utilisées dans le cadre du suivi environnemental mais elles présentent toutes des avantages et des inconvénients. Certaines matrices sont bien documentées et font l'objet d'un retour d'expérience riche comme les collecteurs de précipitation ; d'ailleurs c'est la seule matrice qui est normalisée en France (norme NF X 43-014). D'autres tels que le lait ne sont pas adaptés à la surveillance d'une installation mais plus pour le suivi des qualités sanitaires de l'aliment en question. Ce rapport ne traite pas de l'utilisation des œufs comme matrice de suivi environnemental.

4.1 Matrices physiques

▪ *Air ambiant*

L'air est le premier milieu concerné par les dioxines/furanes en sortie de cheminée et il participe à leur dispersion. Cette mesure ne donne que très peu d'information sur le transfert effectif des dioxines/furanes vers le milieu récepteur final que sont le sol et les cultures en surface. La comparaison entre les profils de congénères détectés dans cette matrice et ceux émis en sortie d'usine peut permettre de déterminer si l'usine est la source de dioxines/furanes. Le tableau ci-dessous présente les avantages et les inconvénients de l'utilisation de l'air ambiant comme matrice de suivi :

Tableau 10 : Air ambiant : avantages/inconvénients

Avantages	Inconvénients
Méthode de prélèvement et analytique éprouvée et validée	Non représentative du niveau d'exposition en terme sanitaire
Permet l'analyse séparée de la phase gazeuse et particulaire	Coût de l'appareillage élevé et système non autonome
L'examen des profils de congénères permet d'identifier les sources (sous certaines conditions)	Si la période de prélèvement est trop faible (24-72 h), la soumission aux variations météorologiques est forte (une exposition d'un mois minimum est conseillé)
Base de données importantes de concentrations	

▪ *Collecteurs de précipitation*

Les dépôts sont une étape supplémentaire dans la chaîne de transfert, de la source d'émission jusqu'à l'exposition humaine. Cette matrice présente un intérêt certain car elle se situe entre la phase d'émission et le milieu de réception final. Généralement, une campagne de mesure se déroule pendant 2 mois et permet d'intégrer les variations météorologiques sur la période. Les mesures avec cette matrice sont donc assez représentatives de ce qui est finalement déposé sur le sol. Les avantages et les inconvénients sont récapitulés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Collecteurs de précipitation : avantages/inconvénients

Avantages	Inconvénients
Mise en œuvre simple-système autonome	Limite de détection élevée (surface d'exposition faible) si la durée d'exposition est faible
Moins sensibles aux variations météorologiques à court terme. Période d'intégration plus longue (1-2 mois)	Risque potentiel de distorsion des profils des congénères car la fraction gazeuse et les particules fines sont faiblement captées par ce système passif. L'identification de la source devient délicate <i>Cependant au vu de la prédominance de la forme particulière des PCCD/F, des études menées ont prouvé que le risque précité est très faible.</i>
Systèmes de prélèvements validés et normalisés	

▪ Sol

Le sol est le réceptacle final des dépôts de dioxines/furanes. Les dioxines/furanes diffusent très mal dans ce milieu (presque 80% se retrouvent dans les 15 premiers cm). Le sol a aussi un effet mémoire très long et de ce fait il ne peut être utilisé pour suivre des variations à court terme de dépôts. Aussi, l'historique du sol doit être parfaitement connu (période de 75 ans). De plus ce dernier doit présenter un relief peu marqué, être végétalisé, non soumis à l'érosion ou à des inondations et exempt d'épandages et d'apports de pesticides. Tout ceci rend l'utilisation du sol comme matrice de suivi assez délicate.

Tableau 12 : Sol : avantages/inconvénients

Avantages	Inconvénients
Base de données importante	Maîtrise de l'historique du site nécessaire
Facile à mettre en œuvre	Variabilité des résultats importante ce qui nécessite un nombre de prélèvements importants
	Distorsion des profils

4.2 Matrices biologiques

▪ Végétaux

Les végétaux, de par leur grande surface foliaire, captent les polluants venant par la voie atmosphérique. Leur utilisation dans le programme de surveillance (biosurveillance), est de ce fait, une méthode d'intérêt grandissant. La notion de biosurveillance regroupe 4 concepts : biomarqueur, bioindicateur, biointégrateur et bioaccumulateur. Les 3 premiers s'intéressent à l'utilisateur des perturbations physiologiques liées à la pollution atmosphérique. La différence entre ces termes se situe au niveau de l'organisation biologique étudiée :

- les biomarqueurs se placent au niveau infra-individuel : modifications moléculaires, biochimiques, cellulaires ou physiologiques non visibles.
- les bioindicateurs se situent au niveau individuel : modifications physiologiques, tissulaires ou morphologiques visibles.
- les biointégrateurs se placent au niveau populationnel et/ou communautaire : disparition ou apparition d'espèces, variation densitaire.

- les bioaccumulateurs, sont des organismes vivants résistants qui concentrent les polluants quand ils sont soumis à des pollutions ; l'organisme sert de « capteur ».

Dans le cadre de ce mémoire, la notion de biosurveillance sera abordée au sens large du terme.

Deux approches de biosurveillance sont possibles :

- la méthode passive qui consiste à utiliser les végétaux déjà en place
- la méthode active qui est la mise en place sur un site donné, pendant une période donnée, de végétaux génétiquement sélectionnés ou cultivés dans des conditions standardisées.

Les avantages et les inconvénients de ces 2 approches sont présentés dans la rubrique « *Recommandations : Tableau 38* »

Par rapport aux surfaces artificielles, les végétaux présentent l'intérêt d'avoir une surface d'échange beaucoup plus importante et d'indiquer plus précisément les dépôts entrant dans la chaîne alimentaire. Par contre, la surface d'exposition (vivante) est mal connue et elle est évolutive. Le tableau suivant récapitule les avantages et les inconvénients de la biosurveillance :

Tableau 13 : Végétaux : avantages/inconvénients

Avantages	Inconvénients
Mise en œuvre relativement simple ; système autonome	Surface d'exposition croissante
Intégration longue	Pas de comparaison possible avec les dépôts (pg/m ² et µg/ m ² .j)
	Systèmes de prélèvement non validés

▪ *Lait*

Le lait n'est pas un outil objectif dans le cadre d'un programme de surveillance car il peut être intégratif de bien d'autres aliments que le fourrage provenant des surfaces agricoles exposées. Les sources des autres aliments (compléments alimentaires, fourrage acheté en hiver...) sont difficiles à maîtriser et peuvent donc biaiser les teneurs en dioxines/furanes détectées. A cela il faut rajouter d'autres critères (l'âge de la vache, la race, etc.) afin de garantir la reproductibilité des résultats, or il est objectivement impossible de remplir tous ces critères dans des situations de suivi réel. L'analyse du lait est donc intéressante pour suivre les qualités sanitaires du lait mais inefficace comme outil de surveillance en routine.

Les incertitudes liées à l'utilisation de cette matrice ont conduit le SVDU à adresser une lettre au MEEDDAT (courrier du 12 mai 2003) pour demander à la DRIRE et aux préfets, la suppression de cette matrice de suivi.

5 REGLEMENTATION : DIOXINES ET METAUX LOURDS DANS DIFFERENTES MATRICES

5.1 Sol

- *Dioxines/Furanes*

En France, il n'existe pas de valeur réglementaire fixant des seuils de dioxines et de furanes à ne pas dépasser dans le sol. La classification qui est couramment utilisée dans les études d'impact provient d'Allemagne où des restrictions d'usage sont émises selon les concentrations de dioxines et de furanes mesurées dans le sol [11]. Les valeurs allemandes sont présentées dans le tableau 14 :

Tableau 14 : Concentrations en dioxines/furanes fixant l'utilisation des sols en Allemagne

	[PCCDF] pg I-TEQ/g MS
Valeur cible	5
Valeur justifiant un contrôle des produits alimentaires (cultivés sur le sol)	5 – 40
Restriction des cultures	> 40

- *Métaux lourds*

En ce qui concerne les métaux lourds, les valeurs réglementaires françaises proviennent de l'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles. Elles fixent les teneurs maximum en métaux dans les sols, à respecter pour que les boues puissent être épandues (cf. tableau 15). Ces valeurs sont plus contraignantes que des valeurs de constat d'impact établies par le BRGM dans le cadre d'études sur les sites et sols pollués.

Tableau 15 : Teneurs maximales de métaux dans le sol (arrêté 08/01/1998)

Métal	[métal] mg/kg MS
Cadmium	2
Plomb	100
Mercurure	1
Nickel	50
Antimoine	100
Zinc	300
Cobalt	30

Dans un souci de complétude, les métaux suivants, non-mentionnés dans l'arrêté du 08/01/1998 et extraits du rapport du BRGM [12], sont présentés ci-dessous :

Tableau 16 : Valeurs de constat d'impact pour les sols à usage sensible (BRGM)

Métal	[métal] mg/kg MS
Arsenic	37
Chrome	150
Cuivre	100
Thallium	10

Vanadium	560
----------	-----

5.2 Lait

- *Dioxines/Furanes*

Dans le cas des dioxines, le lait est une matrice soumise à des valeurs réglementaires dites 'exclusives' ; c'est-à-dire que le lait est considéré comme impropre à la consommation humaine au-delà d'un certain seuil de contamination (3 pg I-TEQ/g MG).

Les valeurs ci-dessous sont extraites des recommandations de la Commission Européenne (règlement CE n° 1881/2006) [13] sur les teneurs des dioxines/furanes dans le lait :

Tableau 17 : Concentrations de dioxines/furanes admises dans le lait

	[PCCD/F] pg I-TEQ/g MG
Valeur cible	1
Obligation de recherche des sources	2
Teneur maximale	3

- *Métaux lourds*

En ce qui concerne les métaux lourds, seul le plomb est soumis à un contrôle par la Commission Européenne. La teneur maximale de plomb admise dans le lait (lait cru et lait destiné à la fabrication de produits laitiers) a été fixée à 0,020 mg/ kg de produit frais.

5.3 Air

- *Dioxines/furanes*

Aucune réglementation (française ou européenne) n'existe pour les concentrations de dioxines/furanes à ne pas dépasser dans l'air ambiant.

- *Métaux*

En ce qui concerne les métaux, seul le plomb est soumis à la réglementation française. Pour l'arsenic, le cadmium et le nickel, il existe des valeurs cibles fixées par la Commission Européenne (directive 2004/107/CE du 15 décembre 2004). Dans le cas du mercure et du manganèse, des recommandations ont été proposées par l'OMS quant à des valeurs guides dans l'air ambiant.

Les informations ci-dessus sont synthétisées dans le tableau 18. Les valeurs cibles sont des moyennes calculées sur l'année civile du contenu total de la fraction PM₁₀.

Tableau 18 : Seuils des métaux dans l'air ambiant

Métal	Décret français du 15 février 2002		Valeur cible CE (15 décembre 2004) (ng/m ³)	Recommandations OMS (ng/m ³)
	Objectif de qualité (ng/m ³)	Valeur cible (ng/m ³)		
Plomb	250	500	/	500
Arsenic	/	/	6	/
Cadmium	/	/	5	/
Nickel	/	/	20	/
Manganèse	/	/	/	150 **
Mercurure	/	/	/	1000 **
Méthylmercure (Mercurure sous forme organique)	/	/	/	50 *

* Sandrine Gombert *et al.*, *Pollution atmosphérique par les métaux : Biosurveillance des retombées*, EDP Sciences Editions, 2005

** Rapport interne ARIA Technologies, *Etude d'Impact- Etat Initial du site de Calce*, 25/06/2008

5.4 Végétaux

▪ Dioxines/furanes

La recommandation européenne (texte C(2006)-235 du 6 février 2006) [14] a fixé le seuil d'intervention pour les PCDD/F à 0,4 ng I-TEQ/kg dans les produits suivants : fruits, légumes et céréales. Cependant aucune précision n'a été donnée concernant la nature de ces végétaux. La Commission Européenne réfléchit en ce moment à une valeur cible pour les PCDD/F et les PCB de type dioxine (la somme des deux) dans les végétaux. Cette valeur ne sera pas connue avant fin 2008.

▪ Métaux

Seuls le plomb et le cadmium sont soumis à des recommandations émises par la Commission Européenne. Le tableau 18 présente les végétaux concernés par cette recommandation :

Tableau 19 : Teneurs maximales de cadmium et de plomb dans certains végétaux alimentaires

Denrées alimentaires	Teneurs maximales (mg/kg de poids à l'état frais)
Cadmium	
Céréales à l'exclusion du son, du germe, du blé et du riz	0,10
Son, germe, blé et riz	0,20
Graines de soja	0,20
Légumes et fruits à l'exclusion des légumes-feuilles, des fines herbes, des champignons, des légumes-tiges, des pignons de pin, des légumes-racines et des pommes de terre	0,050
Légumes-feuilles, fines herbes, champignons cultivés et céleri-rave	0,20
Légumes-tiges, légumes-racines et pommes de terre à l'exclusion du céleri-rave	0,10
Plomb	
Céréales, légumineuses et légumes à cosse	0,20
Légumes à l'exclusion des brassicées, des légumes-feuilles, des fines herbes et des champignons	0,10
Brassicées, légumes-feuilles, fines herbes et champignons cultivés	0,30
Fruits à l'exclusion des baies et des petits fruits	0,10
Baies et petits fruits	0,20

5.5 Œufs

- *Dioxines/furanes*

Le règlement CE n° 1881/2006 de la Commission Européenne du 19 décembre 2006 [13] fixe les teneurs maximales de dioxines/furanes dans les œufs. Ces valeurs, présentées dans le tableau 20, sont applicables depuis le 1^{er} mars 2007 :

Tableau 20 : concentrations de dioxines/furanes admises dans les œufs

	[PCCD/F] pg I-TEQ/g MG
Valeur cible	1
Obligation de recherche des sources	2
Teneur maximale	3

Les seuils de PCCD/F fixés par la réglementation sont applicables aux aliments destinés à la commercialisation. Les particuliers élevant des volailles pour leur propre consommation ne sont pas soumis aux valeurs précitées.

- *Métaux*

Il n'existe pas de valeurs réglementaires fixant des seuils de métaux à ne pas dépasser dans les œufs.

6 DISCUSSION : SITES SELECTIONNES DU GROUPE TIRU

Cette partie traitera des méthodes utilisées sur les 5 sites sélectionnés du GROUPE TIRU. Les modalités de prélèvements (saison, emplacements des points de mesure...) et les résultats obtenus lors des campagnes de suivi déjà réalisées ainsi que leur présentation seront critiqués.

6.1 Calce (66)

Dans le cadre du programme de surveillance imposé par l'arrêté ministériel de 2002, l'exploitant de l'UIOM de Calce a choisi de faire des mesures sur l'air, le sol et les végétaux autour du site pour en connaître l'impact sur l'environnement. L'implantation des points de prélèvement a été déterminée à partir de la modélisation de la dispersion du panache réalisée au préalable (Annexe 5a : Localisation des points de prélèvement et rose des vents.). Sept campagnes de suivi ont été menées jusqu'à présent de 2002 (état zéro avant la mise en service de l'usine) à 2007 [15]. Il est bon de rappeler que l'UIOM de Calce est le seul site du GROUPE TIRU où un état zéro a été effectué avant la construction de l'usine.

a) Evolution des concentrations de dioxines et de furanes (sols et végétaux)

▪ Sols

Les résultats obtenus lors des campagnes de suivi autour de Calce se basant sur des prélèvements d'échantillons de sol sont synthétisés dans la figure suivante.

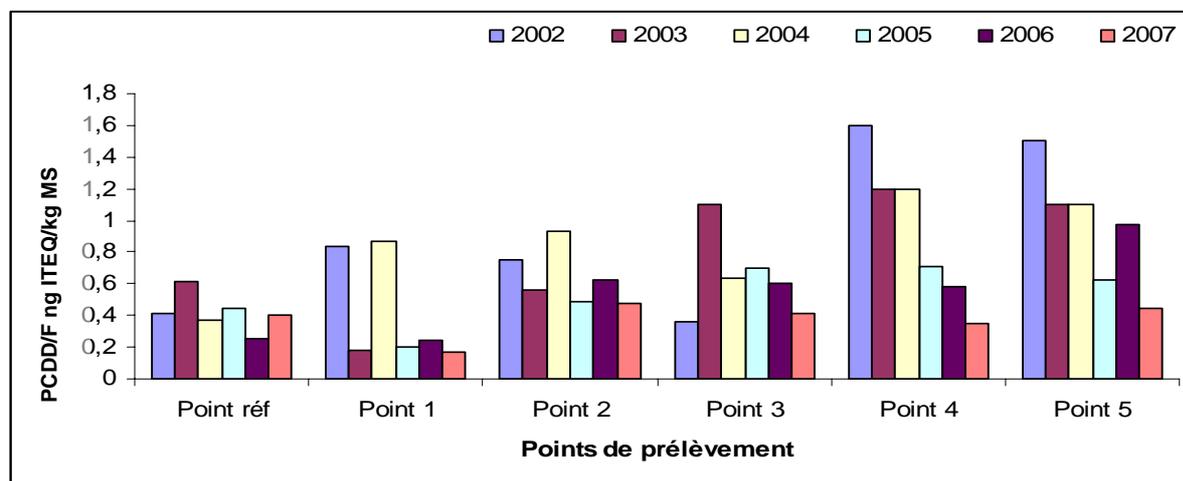


Figure 1 : Concentrations de PCDD/F dans le sol

Les concentrations de dioxines et furanes dans le sol ne sont soumises à aucune valeur réglementaire ou guide en France (cf. 5.1). La tendance générale, de 2002 à 2007, montre une baisse en concentration de dioxines/furanes détectées au niveau de tous les points de prélèvement. Pour l'année 2007, les valeurs s'échelonnent de 0,17 à 0,48 ng I-TEQ/Kg MS et elles sont largement inférieures à la valeur cible allemande de 5 ng I-TEQ/kg MS.

▪ Végétaux

Les concentrations de dioxines et furanes constatées dans les végétaux choisis pour le plan de suivi sont présentées ci-dessous :

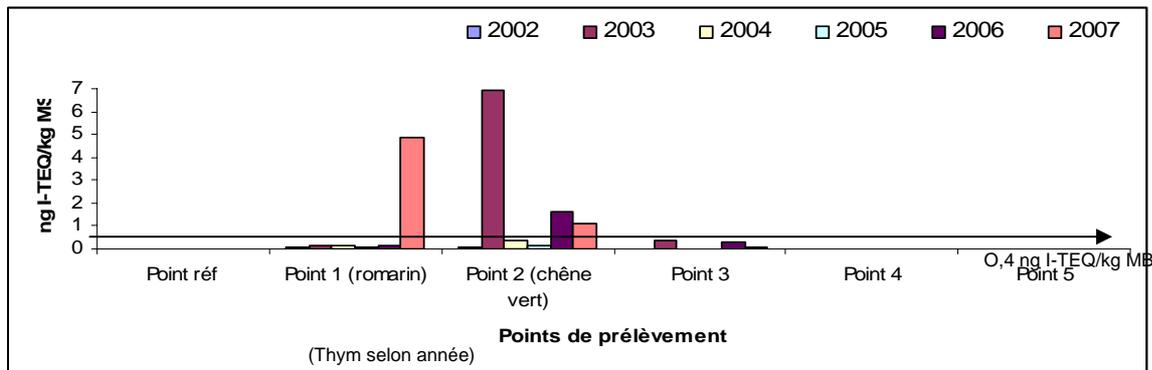


Figure 2 : Concentrations de PCDD/F dans les végétaux

Hormis les points 1 et 2 où des prélèvements ont été faits respectivement sur du romarin, *Rosmarinus officinalis* (ou thym, *Thymus vulgaris*, selon les années) et des feuilles de chêne vert *Quercus ilex*, les retombées de dioxines et de furanes sur les autres emplacements ont été suivies sur le raisin.

Le seuil d'intervention sur les fruits et légumes a été fixé à 0,4 ng I-TEQ de PCDD/F/kg de produit brut (cf. 5.4). En général, les mesures effectuées aux différents points sont nettement en dessous de la valeur guide. A titre d'exemple, au niveau du point de référence, la concentration de dioxines était de 0,01 ng I-TEQ/kg MB en 2007 soit environ 40 fois inférieure à la recommandation de la Commission Européenne.

Pour l'année 2007, le point 1 (romarin) se distingue par un pic anormalement élevé. Le romarin est une plante à feuilles persistantes et à cet emplacement il pousse à l'état sauvage sans être récolté. Au vu des autres points qui affichent un taux de dioxines bas, on peut se demander si la forte concentration constatée sur le romarin ne serait pas dû à une analyse de feuilles 'anciennes' ayant accumulé des dioxines/furanes.

Des pics ont aussi été détectés à l'emplacement du chêne vert. Le pic de 2003 a toutefois disparu et les valeurs obtenues par la suite décroissent avec une concentration de 1,1 ng I-TEQ/kg de MB relevée en 2007. Cependant le chêne vert n'est pas soumis aux recommandations européennes car ses feuilles ne sont pas considérées comme une denrée alimentaire.

b) Evolution des concentrations de métaux (sols et végétaux)

▪ Sol

Les résultats en figure 3 présentent les sommes totales des métaux (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb et Zn) analysés lors des différentes campagnes de suivi menées jusqu'à présent :

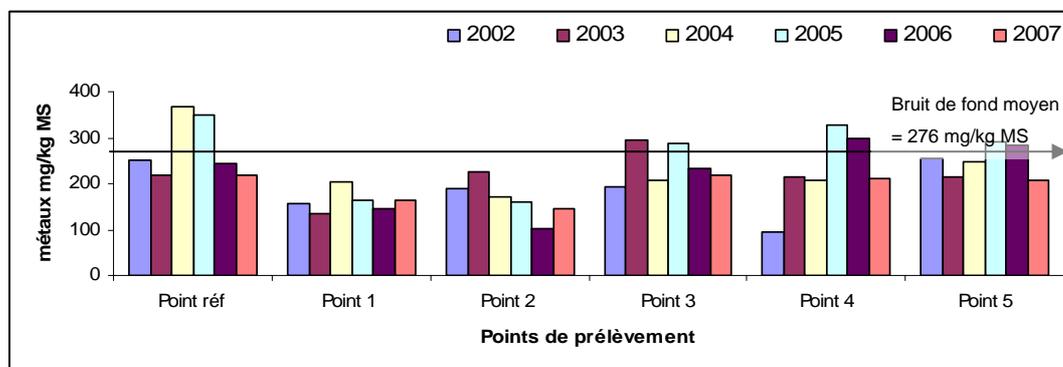


Figure 3 : Concentrations de métaux (somme totale) dans le sol

La composition du sol de Calce est déjà riche en éléments métalliques comme en témoigne la valeur du bruit de fond moyen (276 mg/Kg MS).

Pour les échantillons de sol analysés, tous les métaux à l'exception du cuivre sont présents à des taux inférieurs aux limites de l'arrêté du 8 janvier 1998 relatif à l'épandage des boues sur des terrains agricoles (cf. 5.1). A titre d'exemple lors de la campagne de 2007, les concentrations suivantes ont été relevées au point de référence :

Tableau 21 : Concentrations de métaux au point de référence (2007)

Métal	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Concentration (mg/kg MS)	11,8	<0,5	23,1	102	0,04	22,6	17	43,1

Pour le cuivre, sa présence élevée dans le sol peut s'expliquer par le fait qu'il est utilisé en viticulture pour ses propriétés fongicides.

De manière générale, on n'observe pas de grandes fluctuations au niveau des valeurs obtenues lors des campagnes de 2002 à 2007 ni d'écarts significatifs entre le point de référence et les autres points de prélèvement.

▪ Végétaux

Les résultats des campagnes sur les concentrations de métaux lourds dans les végétaux autour de l'UIOM sont présentés dans la figure 4 :

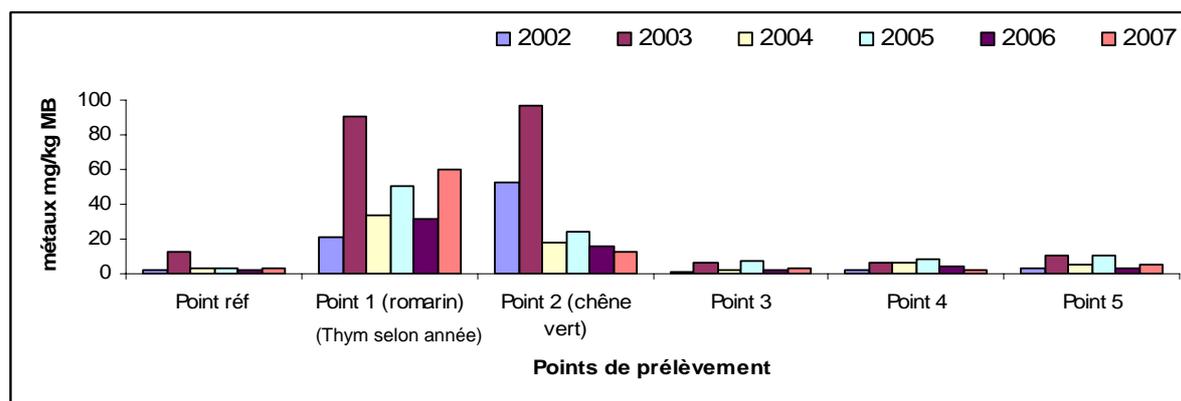


Figure 4 : Concentrations de métaux (somme totale) dans les végétaux

Dans le cas de métaux, des valeurs réglementaires existent uniquement pour le cadmium (0,05 mg/kg MB pour les fruits ; 0.2 mg/kg MB pour les légumes feuilles) et le plomb (0,1 mg/kg MB pour les fruits ; 0,3 mg/kg MB pour les légumes feuilles) (cf. 5.4).

Les valeurs obtenues sur les végétaux (à l'exception des points 1 et 2) sont en général inférieures aux limites de quantification à l'exception du cuivre et du zinc.

Le tableau suivant présente les métaux détectés dans les végétaux en 2007 :

Tableau 22 : Concentrations de métaux à différents points de prélèvement (2007)

Métal mg/ kg MB	Point réf.	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5
As	< 0,1	0,33	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cd	< 0,05	0,22	<0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cr	< 0,1	0,87	0,17	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cu	2,41	9,57	2,47	1,56	2,01	3,78
Hg	<0,05	0,15	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Ni	< 0,25	1,04	0,39	0,5	< 0,25	< 0,25
Pb	< 0,05	4,27	0,36	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Zn	< 0,5	44	5,77	1,04	0,56	0,99

Le cuivre est couramment utilisé comme fongicide dans le traitement des vignes, par conséquent sa présence détectée à tous les points provient certainement des vignobles se trouvant dans le secteur.

Quant au zinc, sa source est probablement d'origine naturelle car la plupart des roches et de nombreux minéraux en contiennent dans des proportions diverses¹. Suite aux processus d'érosion naturelle comme la désagrégation par les intempéries et l'abrasion des roches, des sols et des sédiments par le vent et l'eau, une fraction faible mais néanmoins significative de zinc naturel est constamment en mouvement et transportée dans l'environnement. Les éruptions volcaniques, les incendies de forêts et la formation des aérosols au-dessus des océans contribuent également au transport naturel du zinc. Ces processus influencent le cycle du zinc dans l'environnement et entraînent la présence de concentrations naturelles dans l'air, les eaux de surface et les sols. C'est également un métal qui a diverses sources anthropiques : aciers galvanisés, poteaux indicateurs, glissières de sécurité, kérosène, etc. Le bruit de fond pour le zinc s'élève à 48,6 mg/kg MS dans la région.

Seuls les points 1 (romarin/thym) et 2 (chêne vert) présentent des pics de concentrations de métaux notamment en 2003. Pendant toutes les campagnes menées jusqu'à présent, le plomb a été détecté sur ces deux végétaux ; toutefois, ils ne sont pas soumis aux recommandations de la Commission Européenne sur les denrées alimentaires. De plus, ils ne sont pas représentatifs des retombées annuelles de métaux lourds et de dioxines car ce romarin sauvage ne fait l'objet d'une récolte et le chêne vert possède des feuilles persistantes. Dans les deux cas, les fluctuations des concentrations détectées peuvent être imputables aux modalités de prélèvement des feuilles destinées à des fins analytiques. Une discussion plus approfondie à ce sujet est abordée dans la partie 6.1 d.

¹ Association Galvazinc, <http://www.galvazinc.com/>

c) Mesures des dioxines et des métaux dans l'air ambiant

En janvier 2005, l'association Air Languedoc-Roussillon (Air LR) a mis en place une surveillance permanente des métaux et dioxines dans l'air ambiant autour de l'incinérateur de Calce. Ce suivi fait suite à la demande de l'exploitant de l'UIOM qui est lui-même adhérent de l'association Air LR.

L'analyse se fait en routine de façon hebdomadaire (préleveur automatique installé dans une station fixe) et les résultats obtenus lors des campagnes de 2005 à 2007 (moyennes calculées sur l'année) sont présentés dans le tableau ci-dessous [16] :

Tableau 23 : Concentrations de métaux dans l'air ambiant autour de l'UIOM de Calce

Polluants	Unité	Année		
		2005	2006	2007
Dioxines/Furanes	pg/m ³	0.003	0.001	0.004
Plomb	ng/m ³	13	4,6	4,2
Cadmium	ng/m ³	0,2	< 0,2	< 0,2
Arsenic	ng/m ³	0,6	0,4	0,3
Nickel	ng/m ³	3,0	1,3	1,4
Manganèse	ng/m ³	7,8	3,3	3,3
Thallium	ng/m ³	< 0,1	< 0,8	< 0,8
Chrome	ng/m ³	3,4	0,7	1,1
Zinc	ng/m ³	66	8,8	11

Il n'existe pas de valeur réglementaire pour les dioxines et furanes contrairement à certains métaux (cf. 5.3).

En ce qui concerne le cadmium et le thallium les valeurs dans l'air sont en dessous de la limite de quantification. Pour ceux qui sont soumis à la réglementation, on constate que les valeurs obtenues sont largement inférieures aux seuils à respecter.

Dans le cas du zinc, il existe une fluctuation au niveau des valeurs détectées. Il se pourrait que pendant la phase de prélèvement d'une durée d'une semaine, il y ait eu un phénomène local (vent brusque...) qui a causé le dépôt de poussières fortement chargées en zinc dans le filtre de l'appareil de prélèvement. Cette hypothèse semble plausible car les autres métaux sont présents à des quantités similaires aux précédentes années ce qui exclut un dysfonctionnement au niveau de l'usine pouvant être à l'origine de forts rejets en métaux.

d) Analyse des modalités des campagnes de suivi

Les points de prélèvement (sols et végétaux) ont été choisis selon les résultats de la modélisation de la dispersion effectuée au préalable. Pour les mesures de la qualité de l'air, une station fixe a été implantée à Saint Estève proche du point de prélèvement 5 sous l'influence du vent dominant : la Tramontane.

- *Sol*

Le sol n'est pas une matrice idéale dans le cadre d'un plan de suivi environnemental des dépôts de dioxines et de métaux lourds. Les avantages et les inconvénients de la méthode sont présentés dans la section 4.1.1.

Selon les données de la DDAF (2000), la commune de Calce compte 238 ha de surface agricole composée principalement de vignobles dont certains se trouvent à proximité de l'incinérateur (Annexe 5b). Avec les phénomènes météorologiques, il se peut que des éléments métalliques atteignent les emplacements prévus pour les prélèvements par diverses façons : brassage naturel par le vent lors des périodes sèches, lessivage lors des fortes pluies, etc. C'est d'autant plus vrai pour le site de Calce où la caractérisation de la nature du sol montre un bruit de fond élevé en métaux (296 mg/kg MS).

Compte tenu des activités agricoles sur la commune de Calce, l'effet mémoire du sol qui peut durer plusieurs années voire des décennies, ne doit donc pas être négligé. Toutes les raisons évoquées précédemment appellent à la prudence lors de l'interprétation des résultats en cas d'utilisation du sol comme matrice de suivi environnemental.

- *Végétaux*

Trois types de végétaux sont utilisés dans le cadre du suivi annuel de retombées de dioxines et de métaux lourds notamment le raisin, le chêne vert et une herbe aromatique (romarin ou thym selon l'année).

Dans le cas de Calce, pour les points : 3, 4, 5 et le point de référence, l'analyse porte sur le raisin qui est vendangé annuellement. Ainsi, les concentrations de dioxines et de métaux détectées témoignent réellement de l'accumulation de l'année précédente. Les faibles taux relevés lors des campagnes de suivi permettent de mettre en évidence l'absence d'impact de l'usine sur l'environnement. Cependant, l'utilisation d'un fruit comme bioindicateur est très mal documentée dans la littérature et on ne dispose pas de données telles que la surface d'intégration et l'épaisseur de la couche cireuse qui peuvent aider dans l'interprétation des résultats. De plus, le raisin via les ceps de la vigne peut accumuler divers contaminants (ETM, fongicides, etc.). Ceci ne concerne pas les dioxines qui semblent peu migrer par la voie racinaire. Finalement, le raisin peut être affecté par le phénomène dit de 'splash over' lors des épisodes de fortes pluies qui déposent des particules de sol sur le fruit. Les biais sont donc nombreux et l'interprétation des résultats doit se faire avec prudence.

Les 2 points qui présentent des pics 'anormaux' en 2003 (cf. figure 2) sont le point 2 : herbe aromatique (romarin/thym) et le point 3 : chêne vert. Ces 2 végétaux sont des plantes persistantes avec un renouvellement des feuilles lent comparé à des plantes caduques. Le mode de prélèvement va jouer un rôle prépondérant dans les résultats obtenus : des feuilles jeunes ne donneront pas forcément les mêmes résultats que celles qui sont anciennes.

De plus, le romarin pousse à l'état sauvage autour du site et n'est jamais récolté. Il a donc pu accumuler des dioxines/furanes et des métaux des années antérieures éventuellement à cause de problèmes locaux tels que les incendies, etc. Le pic de dioxines/furanes détecté en 2007 témoigne très probablement de ce cas de figure. Quant au chêne vert, c'est un arbre au feuillage touffu ; les feuilles ne sont pas toutes impactées de la même façon par les retombées atmosphériques.

Les feuilles se situant en hauteur et à l'extérieur seront logiquement plus exposées que celles se trouvant à l'intérieur. Le profil atypique, avec un pic de dioxines en 2003 qui s'estompe en 2004 pour ensuite réapparaître en 2006, peut être dû aux biais précités.

Dans tous les cas, les comparaisons inter-espèces comme c'est le cas à Calce, ne sont pas significatives. En effet plusieurs différences existent au niveau du taux de croissance, de la surface d'exposition et du temps total d'intégration des polluants, ce qui rend l'interprétation comparative des résultats délicate.

- *Air*

Cette matrice permet d'évaluer les teneurs en dioxines/furanes en suspension dans l'atmosphère, mais ne donne que peu d'information sur leur transfert vers le milieu récepteur final qui est le sol. De ce fait, cette méthode est peu adaptée pour quantifier de l'impact sanitaire d'une source surtout en considérant que selon l'INSERM, l'exposition des populations humaines aux dioxines/furanes se fait à seulement 5% par inhalation.

L'avantage de ce type de mesure est qu'il peut permettre de rechercher d'éventuelles sources de pollution. En effet chaque type d'activité émettrice de dioxines/furanes présente des processus de formation privilégiés, générant préférentiellement certains congénères. Ainsi dans des installations industrielles équipées de systèmes de traitement des fumées comme les UIOM, un profil type et assez reproductible se distingue : le profil d'émission. Selon des études d'AIRPARIF (2005), les processus de combustion (incendies, feux de bois, etc.) émettent une plus grande proportion de furanes, phénomène surtout observé pendant l'été. Par contre, en hiver le ratio entre les furanes et les dioxines est plus équilibré.

Les 4 congénères qu'on trouve avec les plus fortes concentrations dans les profils d'émission des UIOM équipées de systèmes d'épuration de fumées, sont les suivants : OCDD, 1234678HCDD, OCDF et 1234678HCDF (Annexe 6). En croisant les données de concentrations obtenues à la cheminée avec celles relevées à différents points lors des campagnes de suivi, on peut savoir si les "anomalies" observées peuvent être imputables à l'incinérateur ou pas. L'exercice d'identification d'une source émettrice reste toutefois délicat car outre une parfaite maîtrise du profil d'émission, il nécessite aussi une connaissance de toutes les sources potentielles présentes dans le secteur étudié (surtout dans une zone fortement industrialisée). De plus des facteurs externes tels que le vent et le bruit de fond doivent être pris en considération lors de cette recherche.

L'utilisation de l'air comme matrice de suivi est pertinente dans le cas des métaux car l'inhalation a été retenue comme principale voie d'exposition dans l'évaluation des risques sanitaires dans le cas de plusieurs métaux (cf. Tableau 7).

6.2 Saint Ouen (93)

Conformément à l'arrêté préfectoral d'exploitation du 3 mars 2005, un programme de surveillance de l'impact de l'UIOM sur l'environnement a été mis en place. Ce programme annuel, basé sur les collecteurs de précipitation, a pour but de quantifier les retombées de dioxines et furanes et des métaux lourds autour de l'incinérateur de Saint Ouen (Annexe 7 : Localisation des jauges). Trois campagnes ont été menées jusqu'à présent : en 2005, en 2006 et en 2007 [17].

a) Evolution des dépôts de dioxines et de furanes

Dans le cas des dioxines et des furanes, il n'existe pas de valeurs réglementaires relatives aux dépôts dans le sol. L'INERIS propose d'utiliser la valeur guide de 10 pg ITEQ/m²/j en tant que seuil de quantification d'une augmentation ou diminution des dépôts. Pour que la source émettrice (UIOM) autour de laquelle sont implantées les jauges, puisse être considérée comme responsable, les conditions suivantes doivent être réunies :

- la valeur des dépôts diffère de plus de 10 pg I-TEQ/m²/j de la moyenne des résultats obtenus pendant la période considérée,
- la localisation du point de ce dépôt se situe dans une direction représentant au moins 25 % de la direction du vent sur la période considérée,
- les relevés d'autosurveillance de l'installation font apparaître un dysfonctionnement pendant la période considérée.

Entre 2005 et 2007, on observe une baisse globale dans les dépôts de PCDD/F. Les pics constatés lors des campagnes de 2005 et 2006 au point J1 à Saint Denis ne sont plus visibles. L'évolution des concentrations de dioxines et de furanes relevées à différents emplacements est représentée dans la figure suivante :

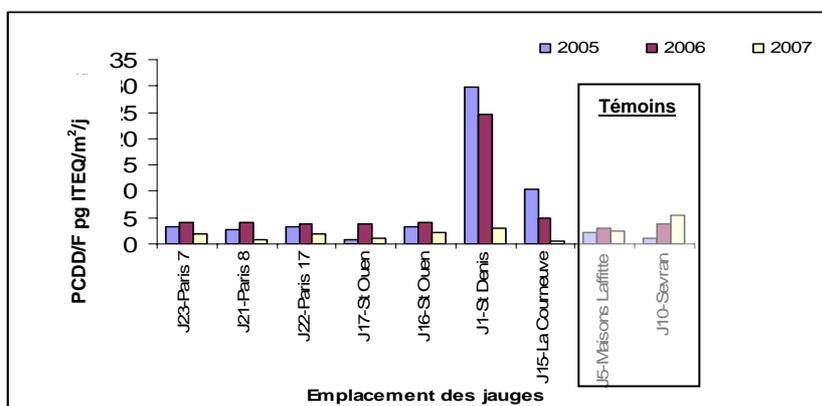


Figure 5 : Evolution des concentrations de PCDD/F relevées à différents emplacements

En 2007, toutes les valeurs sont faibles et inférieures à 20 pg ITEQ/m²/j soit du même ordre de grandeur que celles observées en zone rurale (classification INERIS : 5 à 20 pg ITEQ/m²/j = zone rurale).

On notera cependant une augmentation dans les dépôts de PCDD/F au niveau de Sevrans (J10) de 1,16 pg ITEQ/m²/j en 2005 à 5,34 pg ITEQ/m²/j en 2007. La responsabilité de l'UIOM n'est toutefois pas mise en évidence car les conditions de l'INERIS citées précédemment ne sont pas remplies. L'augmentation constatée pourrait être due à une autre source émettrice située à proximité de Sevrans non répertoriée en 2005 lors de l'état zéro. Cette tendance devra être confirmée lors d'une prochaine campagne.

b) Evolution des dépôts de métaux lourds

Il n'existe pas de valeurs limites européennes ou françaises relatives aux métaux dans les retombées atmosphériques, mais des valeurs allemandes :

Tableau 24 : Valeurs limites relatives aux métaux dans les retombées- TA luft allemande 2002

Métal	Valeur limite TA Luft 2002 (µg/m ² .jour)
Cadmium	2
Mercure	1
Antimoine	100
Plomb	100
Cobalt	15
Nickel	15
Arsenic	4
Thallium	2
Manganèse	15

La figure ci-dessous représente l'évolution des retombées de métaux lourds dans le cadre du suivi environnemental mis en place en 2005 (rapport interne Aria). Le zinc n'est pas compris dans les résultats suite à une erreur survenue lors des analyses en laboratoire.

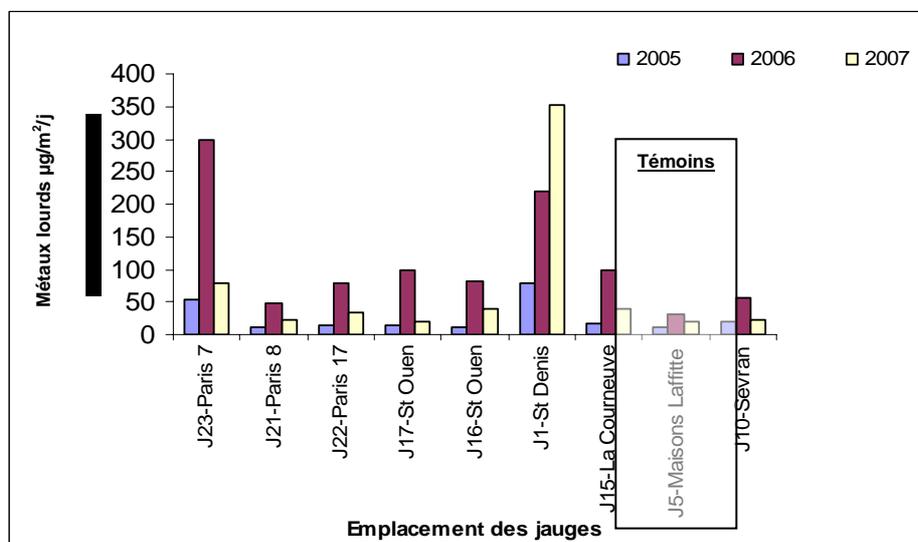


Figure 6 : Evolution des dépôts de métaux (Zinc non compris) relevés à différents emplacements

Deux points sortent du lot lors de l'analyse des résultats sur les 3 ans : les point J23- Paris 7 et le point J1- Saint Denis. Les concentrations des différents métaux obtenues à ces deux points lors de la campagne de suivi de 2007 sont présentées dans le tableau 25:

Tableau 25 : Résultats des métaux détectés lors de la campagne de suivi (2007)

Métal	Concentration journalière et surfacique ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$)	
	J23- Paris 7	J1- Saint Denis
Mercur	0,000	0,555
Thallium	0,000	0,000
Arsenic	2,753	5,656
Cadmium	0,166	1,026
Chrome	8,896	17,787
Cobalt	1,143	3,606
Cuivre	22,287	78,672
Manganèse	15,984	62,472
Nickel	3,896	8,666
Plomb	17,575	150,625
Antimoine	2,329	9,112
Vanadium	4,348	12,580
Somme (sans zinc)	79,38	350,76

En ce qui concerne le point J23, la somme des différents métaux est élevée. Cependant en comparant la concentration de chaque métal avec les valeurs guides allemandes, il en ressort que les valeurs relevées ne sont pas excessives. A titre d'exemple, pour l'année 2007, la concentration de plomb relevée au point J23 était de $17,6 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ ce qui est largement inférieure à la valeur limite de $100 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ en vigueur en Allemagne.

Le point J1 à Saint Denis présente lui aussi des valeurs de retombées « anormalement » élevées et c'est le seul point où l'on constate la présence de mercure à hauteur de $0,555 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$. Les soupçons se sont portés sur d'autres sources émettrices de métaux (sidérurgies, industries lourdes, etc.) et afin de confirmer cette hypothèse, un autre point J1' a été choisi non loin du point original J1. L'implantation de ce nouveau point J1' s'est faite en respectant les modalités d'implantation telles qu'elles sont préconisées par l'INERIS (même % de vents impactants...) sous la zone d'influence de l'UIOM de Saint Ouen. Les résultats obtenus lors de la campagne de 2007 à J1' soit un dépôt total de métaux (sans Zinc) de $53,02 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$ ont été comparés à ceux trouvés à l'emplacement J1 (dépôt total de métaux de $350,76 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$). Le biais existant à l'emplacement J1 a ainsi été confirmé. Des recherches menées par la suite ont révélé la présence d'un ferrailleur à proximité de l'emplacement du point J1 et cette activité est connue comme étant émettrice de métaux dont le mercure.

D'autres métaux tels que le manganèse et le cuivre détectés à des concentrations élevées sont caractéristiques des activités de transport : des dérivés de manganèse sont utilisés comme additifs dans l'essence sans plomb et le cuivre est rejeté par les véhicules diesel (poids lourds et utilitaires) et le trafic ferroviaire.

c) Analyse des modalités des campagnes de suivi

La méthodologie de suivi de l'impact environnemental de l'usine de Saint Ouen est conforme au rapport de l'INERIS de 2001. Elle a nécessité l'installation de collecteurs de précipitation type jauge Owen qui ont été disposés selon la modélisation réalisée au préalable. Cette étude datée de 2005, a permis de déterminer les zones de retombées de dioxines, furanes et des métaux lourds ainsi que d'estimer leurs niveaux de contamination dans l'environnement. Les jauges sont laissées sur place pendant une période de 2 mois avant l'envoi vers le laboratoire d'analyse.

Trois campagnes de suivi ont été menées jusqu'à présent dans les conditions suivantes :

Tableau 26 : Conditions météorologiques lors des campagnes de suivi (St Ouen)

	Campagne 1	Campagne 2	Campagne 3
Période	4 avril - 10 juin 2005	4 janvier- 6 mars 2006	20 septembre - 20 novembre 2007
Direction du vent dominant	SO (200° N - 260 ° N) 30.3% des observations	N/NE (340° N - 60° N) 43.7% des observations	N/NNE (350° N - 40° N) 37.0% des observations
Température moyenne	14.2 °C	3.0 °C	11.0 °C
Pluviométrie cumulée	118.4 mm	96.4 mm	74.0 mm

La rose des vents concernant les périodes sèches et pluvieuses pour l'année 2007 est présentée en annexe 7.

L'INERIS conseille de réaliser 2 campagnes de 2 mois d'exposition (hiver et été) pendant au moins 3 ans afin d'avoir assez de recul lors de l'interprétation des résultats obtenus. En effet, en gardant les mêmes saisons de suivi pendant quelques années, certaines tendances pourront se révéler (vents atypiques, périodes de pluies, température ambiante, etc) ce qui rendrait l'interprétation des données obtenues plus fiable.

Dans le cas de Saint Ouen, les 3 campagnes ont été menées pendant des saisons différentes ce qui requiert plus de prudence lors de la comparaison des résultats du fait de la variabilité météorologique. A cela il faut rajouter d'autres activités anthropiques et saisonnières qui peuvent être génératrices de dioxines et métaux lourds.

Les résultats, obtenus lors de la 2^{ème} campagne qui a débuté le 4 janvier 2006, sont en général « anormalement » élevés comparés à 2005 et 2007. Plusieurs hypothèses peuvent être émises :

- le chauffage urbain en fonctionnement à cette période (hiver),
- les feux d'artifices tirés au nouvel an,
- les véhicules brûlés en Ile de France le 1^{er} janvier 2006 (177 voitures à 4h du matin selon le ministère de l'intérieur).

Toutes ces sources, qui sont difficilement caractérisées, peuvent contribuer de façon non négligeable aux émissions de dioxines et de métaux dans l'atmosphère.

6.3 Strasbourg (67)

La campagne de suivi de l'impact environnemental de l'incinérateur de Strasbourg a démarré en 2006 suite à des travaux de mise en conformité par rapport à l'arrêté ministériel de 2002. Les 2 matrices choisies pour le suivi sont : les jauges de précipitation de type 'Owen' et les lichens.

L'implantation des jauges a été faite par rapport à une étude de dispersion réalisée en 2003. Les prélèvements de lichens ont aussi été déterminés par rapport à cette modélisation et ils sont réalisés à proximité des jauges 'Owen'. La carte des implantations des jauges et les prélèvements de lichens ainsi que la rose des vents générale dans la zone d'étude sont accessibles en annexe 8.

a) Evolution des concentrations de PCCD/F

▪ Lichens

La méthode lichénique a été développée par la société AAIR LICHENS [18]. Brevetée depuis 2006, elle est reconnue par divers organismes tels que le MEEDDAT et l'ADEME. Les lichens sont des excellents bio-indicateurs car ils comportent un très fin maillage mycélien interne qui les rend aptes à piéger les particules véhiculés par l'atmosphère comme les métaux lourds et les dioxines/furanes ; un équilibre s'établit alors entre le contenu du biocapteur et celui de l'air ambiant.

Le lichen utilisé pour le suivi de l'impact environnemental de l'UIOM de Strasbourg fait partie de l'approche de biosurveillance passive (cf. 4.1.2). Il s'agit de l'espèce *Xanthoria parietina*, espèce nitrophile et ubiquiste qui pousse de façon naturelle autour du site.

Les concentrations de PCCD/F mesurées lors des 2 campagnes de 2006 et de 2007 sont présentées dans la figure suivante :

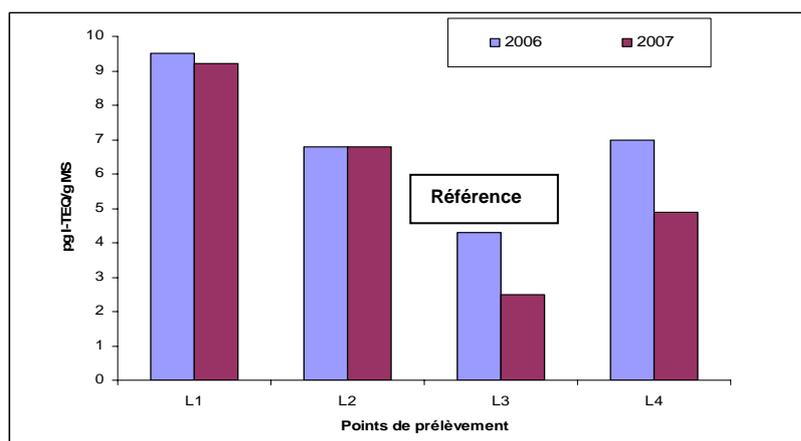


Figure 7 : Concentrations de PCCD/F mesurées en 2006 et 2007 (Strasbourg)

Tous les points montrent une baisse au niveau des concentrations détectées. Il est aussi important de comparer ces résultats avec le premier seuil de 20 pg I-TEQ/g pour les lichens, seuil en dessous duquel, par analogie avec les recommandations pour les sols (cf. 5.1), le risque d'introduction notable de dioxines et furanes dans l'alimentation semble absent.

Pour l'année 2007, la plus importante concentration relevée était au point L1 avec une valeur de 9,2 pg I-TEQ/g MS, bien en dessous du seuil de 20 pg I-TEQ/g MS. Le point L1 est le point où des retombées maximum sont attendues en application de la modélisation réalisée au préalable.

▪ *Jauges de précipitation*

Trois campagnes ont été menées jusqu'à présent [19] :

- de mai à juin 2004 soit une durée d'exposition de 33 jours
- d'octobre 2004 à janvier 2005 soit une durée d'exposition de 76 jours
- de novembre 2005 à janvier 2006 soit une durée d'exposition de 76 jours

La 1^{ère} campagne s'est portée sur des analyses provenant de 3 emplacements. Lors de la 2^{ème} campagne de suivi, suite à la demande de l'exploitant, un 4^{ème} point a été rajouté : le point 4 (Transformateur électrique). L'emplacement de ce point, aussi situé sous les vents dominants, a été choisi pour confirmer la tendance de retombées maximales attendues au point 3. Les campagnes de 2004 et 2005 ont concerné uniquement les dioxines/furanes ; les métaux lourds n'ont été suivis qu'en 2006.

Les données météorologiques associées aux 2 premières campagnes de mesures sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 27 : Données météorologiques lors des campagnes de 2004 et 2005

Paramètre	Campagne de mai à juin 04	Campagne d'octobre 04 à janvier 05
Température moyenne	15°C	4,3°C
Précipitations cumulées	83,6 mm	101,4 mm
Vent	Point 1 : 17,3% Point 2 : 2,7 % Point 3 : 9 % (vents faibles à modérés uniquement)	Point 1 : 13,9% Point 3 : 20,2% Point 4 : 27,1% (vents faibles à modérés) Point 2 : 1,3% (vents faibles uniquement)

En ce qui concerne la campagne de mai 2004, les concentrations de dioxines/furanes mesurées étaient toutes de l'ordre de 3 pg I-TEQ/m².j proche de la limite de détection située à 2,9 pg I-TEQ/m².j. Le temps d'exposition étant trop court (1 mois), cette campagne ne permet pas d'évaluer l'impact environnemental de l'usine.

Pour la 2^{ème} campagne, les valeurs mesurées sont significativement supérieures aux limites analytiques. Les points 1,2 et 3 présentent des valeurs se situant entre 3 et 4 pg I-TEQ/m².j tandis qu'au niveau du point 4 on obtient une concentration de 11,5 pg I-TEQ/m².j. Il est à noter que cette campagne a été marquée par de fréquents épisodes pluvieux (36 jours/76) qui ont tendance à favoriser les retombées au sol.

Les résultats de la campagne de suivi de 2006 des dioxines/furanes sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 28 : Concentrations de PCCD/F dans les jauges (Strasbourg, 2006)

Emplacement	Concentration (pg I-TEQ/m ² .j)
Point 1	1,0
Point 2	0,6
Point 3	2,2
Point 4	1,6

En général toutes les valeurs obtenues lors des 3 campagnes menées jusqu'ici montrent des teneurs en dioxines/furanes correspondant à celles habituellement observées en milieu rural de 5 à 20 pg I-TEQ/m².j (cf. Tableau 18).

b) Evolution des concentrations de métaux lourds

▪ *Lichens*

En ce qui concerne les métaux, les taux mesurés dans les lichens sont comparés avec les bruits de fond en France. Une valeur, obtenue lors des campagnes de suivi, est considérée comme significative si elle dépasse de plus de 40% le bruit de fond. Ces informations sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau 29 : Bruit de fond et valeur limite de significativité des métaux (lichens)

	Sb	As	Cd	Cr	Co	Cu	Mn	Ni	Pb	Tl	V	Hg	Zn	Sn
Bruit de fond (2006) en mg/kg MS	0,6	0,2-2	0,1-0,2	<4	0,3-0,8	0,2-8,5	32-165	<3,5	5-35	0	2,0-9,1	0,1-0,3	30-50	0,2-0,8
Valeur limite de significativité (40% * BDF) en mg/kg MS	0,84	2,8	0,3	>5,6	1,1	11,9	230	>5	45	/	>13	0,4	70	1,2

Lors des 2 campagnes menées jusqu'à présent, les éléments suivants : cobalt, manganèse, nickel, thallium, vanadium et mercure, n'ont pas été détectés.

Les résultats des autres métaux sont présentés dans les figures ci-dessous ; figure 8 pour l'étain, le cadmium et le chrome et figure 9 pour le cuivre, le plomb et le zinc. Ces métaux sont présentés séparément car ils sont présents dans des proportions différentes, allant de quelques milligrammes à des centaines de grammes ; cela nécessite deux échelles distinctes pour mieux apprécier les évolutions des concentrations obtenues entre 2006 et 2007.

Les limites de significativité, sous forme de traits dans les figures suivantes, ont été calculées à partir d'informations provenant de banques de données scientifiques sur des métaux généralement détectés dans des lichens en France. Il est bon de rappeler que les lichens ne sont soumis à aucune réglementation ni valeur limite. Les tendances observées lors des campagnes donnent donc une idée générale des évolutions dans la zone d'étude autour de l'incinérateur et peuvent servir à orienter une éventuelle recherche de sources potentiellement impactantes (autres industries émettrices, etc.).

Les dosages de métaux montrent que l'imprégnation atmosphérique des lichens en éléments traces autour de l'incinérateur de Strasbourg reste modérée voire faible.

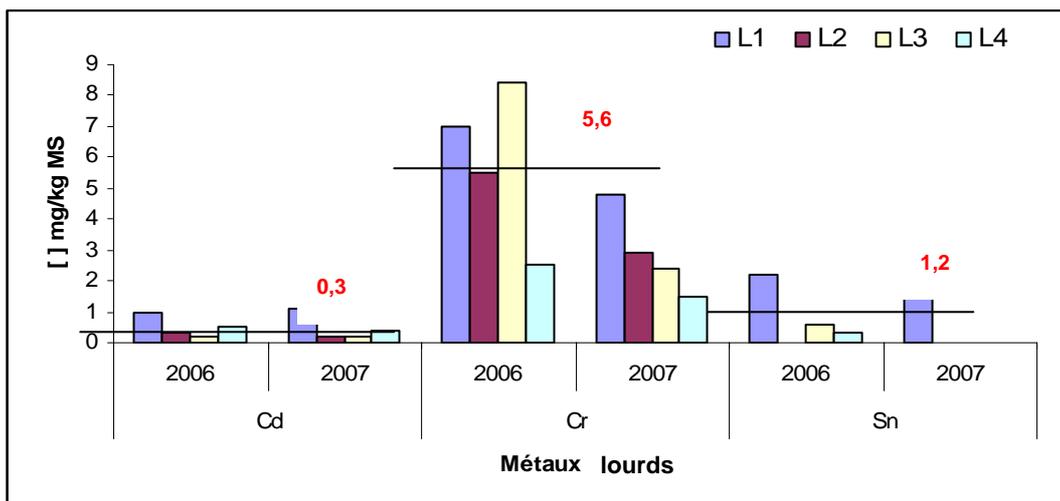


Figure 8 : Concentrations en métaux (Cd, Cr et Sn) mesurées (Strasbourg)

Les retombées de cadmium concernent essentiellement le point L1. Cette tendance est à confirmer lors de la campagne de 2008. Les pics de chrome retrouvés sur 2 points en 2006 (L1 et L3) ne sont pas observés en 2007 indiquant qu'il pourrait s'agir d'une source ponctuelle d'émission. On note la présence de l'étain au point L1 pendant 2 campagnes consécutives. La concentration détectée n'est toutefois pas alarmante et au vu de son absence aux autres points en 2007, il se pourrait que L1 soit sous l'influence d'autres sources non répertoriées jusqu'à présent.

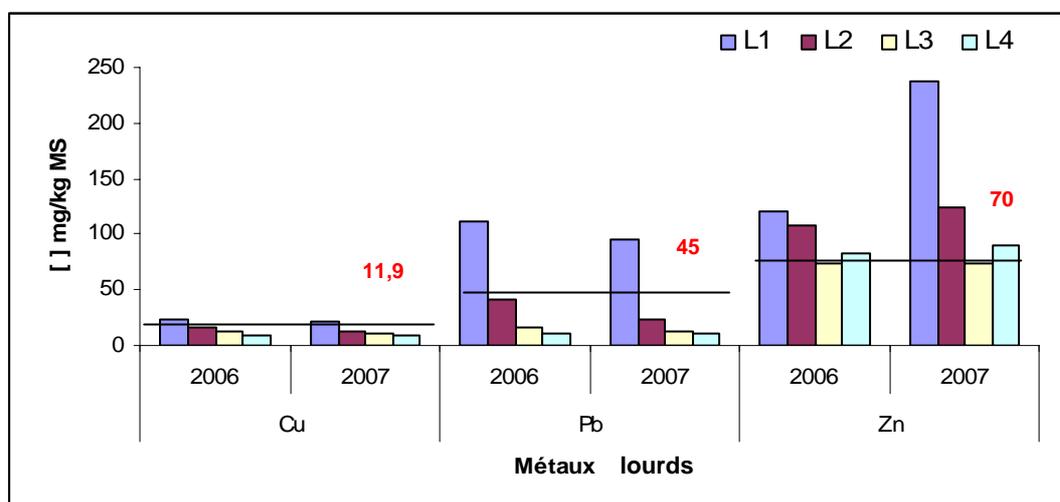


Figure 9 : Concentrations en métaux (Cu, Pb et Zn) mesurées (Strasbourg)

Concernant le cuivre, les retombées sont modérées et proches de la limite de significativité. Au vu des valeurs relativement similaires observées à tous les points, les retombées de cuivre peuvent être considérées comme banales. Le plomb ne concerne que le point L1 où on observe une valeur supérieure à la valeur de significativité. La biosurveillance de 2008 permettra de confirmer cette tendance. Le zinc est le seul métal présent à tous les points. Cet élément peut avoir comme sources : les industries (sidérurgie, cimenterie...) et le transport.

Il est aussi naturellement présent dans le sol comme en témoigne le bruit de fond élevé de 70 mg/kg MS. Le zinc peut donc se retrouver en suspension dans l'air par divers mécanismes naturels (cf. 6.1) pour ensuite être piégé dans les lichens. Des campagnes de suivi à venir permettraient de mieux comprendre la provenance de cet élément dans les lichens analysés.

- *Jauges de précipitation*

Les concentrations de métaux détectés lors de la campagne de 2006 sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 30 : Concentrations de métaux détectées (Strasbourg, 2006)

	[métal] µg/m ² .j											
	Cu	Mn	Pb	As	Se	Cd	Cr	Ni	V	Co	Zn	Sn
Point 1	2,7	5,3	2,3	1,0	0,3	/	1,3	14,3	/	/	36,1	/
Point 2	1,8	7,8	/	/	/	/	/	/	/	/	10,8	/
Point 3	5,6	12,4	15,8	/	/	0,2	/	0,3	0,5	/	42,3	1,9
Point 4	4,0	12,6	8,6	/	0,3	1,3	/	0,3	0,5	0,2	30,9	/

Légende : / = Non mesuré

Les valeurs mesurées sont nettement inférieures aux valeurs limites allemandes en ce qui concerne les retombées métalliques (cf. tableau 15). A titre d'exemple, la valeur limite pour le plomb est de 100 µg/m².j, or dans le cas du suivi de 2006, la concentration maximale relevée était de 15,8 µg/m².j au point 3.

A l'exception du zinc qu'on retrouve couramment dans l'environnement (cf. calce), aucune corrélation entre l'emplacement de l'incinérateur et les teneurs en métaux détectées n'est mise en évidence. Dans le cas du zinc, l'impact de l'incinérateur pourrait être envisagé. Toutefois en cas de dysfonctionnement de l'incinérateur, des concentrations élevées d'autres métaux auraient été détectées, ce qui n'est pas le cas. D'autres sources émettrices de métaux ne sont donc pas à écarter. Des résultats sur plusieurs années de suivi pourraient permettre de pleinement apprécier l'impact de l'incinérateur dans la zone d'étude.

- *Analyses des modalités de suivi*

Une comparaison entre les résultats des jauges exprimés en µg/m².j et ceux des lichens, exprimés en mg/kg MS semble difficile car il n'est pas évident de caractériser avec précision la surface d'exposition des lichens. Cependant une tendance générale est observée entre ces deux matrices. En effet, des concentrations plus élevées de dioxines/furanes et de métaux lourds sont retrouvées au même emplacement nommé L1 pour les lichens et Point 3 pour les jauges. Après l'analyse de plusieurs paramètres (conditions météorologiques, état de fonctionnement de l'usine, etc.), il a été déduit que l'impact à cet emplacement n'était pas dû à l'incinérateur. Cette localisation serait très probablement sous l'influence d'autres sources non répertoriées à ce jour et devra être surveillée lors des prochaines campagnes. Une caractérisation complète des sources émettrices potentielles à savoir les zones industrielles situées aux alentours de la ville de Strasbourg mais aussi celles situées du côté allemand est nécessaire.

Finalement il serait souhaitable de déplacer l'emplacement L2/Point 4 car ce dernier est trop proche de L1/Point 3 (annexe..). De plus en ce qui concerne le suivi lichénique, cet emplacement a été jugé trop boisé ; la couverture forestière pouvant limiter les retombées de dioxines/furanes et de métaux.

6.4 Gien (45)

L'usine d'incinération de Gien a été réceptionnée le 16/12/1999 après presque 3 ans de construction et de tentatives de mise au point du procédé de combustion d'OM avec un lit fluidisé. Cette technologie, en tant que nouveau procédé, a demandé beaucoup d'essais car il y a un faible nombre d'unités de ce type en France et de ce fait il n'existe pas de retour d'expérience adéquat. Dès sa mise en route, l'UIOM de Gien a rencontré plusieurs problèmes (défauts de construction, mauvaise maîtrise du procédé de lit fluidisé,...) ce qui a conduit à d'importants investissements de la part du syndicat afin de remédier aux divers problèmes rencontrés.

La technologie du lit fluidisée requiert une préparation préalable des déchets qui dans l'état des connaissances au démarrage du projet, n'avait pas véritablement été pris en compte. En effet, les ferrailles ont tendance à bloquer rapidement la fluidisation au fond des lits et ont entraîné des incidents environnementaux notamment en été 2004 où des concentrations élevées en dioxines/furanes (264,6 ng/Nm³) ont été mesurées en sortie de la ligne 2. Des contre-analyses effectuées ont confirmé cette valeur anormale ce qui a conduit à l'arrêt de cette ligne 2. Durant l'année 2005, en accord avec la DRIRE, plusieurs remises en service ponctuelles de la ligne 2 ont été effectuées afin de réaliser des essais de validation des travaux et des modifications (amélioration de la régulation de l'air secondaire, réduction de l'écartement des dents du broyeur, etc.). Chacun de ces démarrages a été suivi par des contrôles des rejets atmosphériques. Fin 2005, les 2 lignes de l'usine ont été arrêtées pour réaliser des travaux de mise en conformité par rapport à l'arrêté du 20/09/2002.

L'ensemble des analyses de PCCD/F (précipitation, lait, sols, végétaux et œufs) réalisées lors des campagnes de suivi mensuelles, montre que l'incident de 2004 n'a pas eu d'influence sur l'environnement autour de l'usine d'incinération [20].

Des campagnes de suivi ont été réalisées en 2005, 2006, 2007 et 2008 (Annexe 9 : Localisation des points de prélèvement). Il est à noter que des analyses sur les métaux lourds ne sont pas encore réalisées sur le site de Gien et l'œuf en tant que matrice de suivi n'a été utilisé que pendant la première campagne en 2005.

a) Evolution des concentrations de dioxines et furanes

- *Collecteurs de précipitation : 'Bergerhoff'*

Il n'existe pas de réglementation en ce qui concerne les concentrations de dioxines dans les dépôts.

Mais des valeurs typiques comme celles mentionnées dans le rapport de l'INERIS [11] peuvent servir de référence aux résultats de mesures :

Tableau 31 : Concentrations typiques de dioxines/furanes dans les collecteurs de précipitation
(H.FIEDLER, INERIS 2001)

Zone	Rural	Urbain	Proche d'une source
Unité (ng I-TEQ/m ² .j)	0,005 à 0,020	0,010 à 0,085	Jusqu'à 1

Les concentrations de dioxines/furanes mesurées lors des différentes campagnes de suivi sont présentées dans la figure 10. Les résultats de 2005, 2006 et 2007 sont des valeurs moyennes calculées à chaque emplacement lors des différentes campagnes menées. En ce qui concerne la période de suivi de décembre 2007 à février 2008, seuls les 3 points suivants sont représentés : Les Trois Minées, Moulin à vent et Le Grand Marchais. Les autres collecteurs de précipitation ont éclaté en raison du gel. Pour la 2^{ème} campagne de 2008 effectuée en mars, seul le point de Malgarnie a été suivi car ce dernier a présenté des concentrations de dioxines/furanes relativement élevées lors des précédentes campagnes.

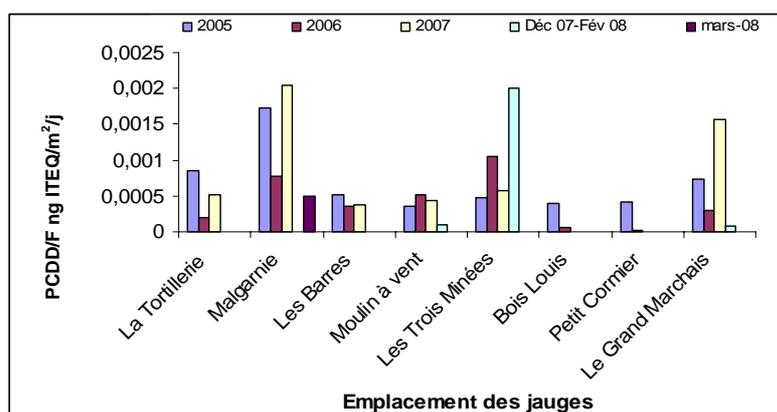


Figure 10 : Concentrations de PCDD/F mesurées à différents emplacements

De manière générale, toutes les valeurs mesurées jusqu'à présent sont inférieures aux valeurs habituellement observées en milieu rural (cf. tableau 18). Lors de la campagne de décembre 2007 à février 2008, on note un pic 'anormalement' élevé au point : Les Trois Minées. Cette valeur est plus de 20 fois supérieure aux teneurs mesurées aux deux autres points concernés par la campagne précitée (Moulin à Vent et Grand Marchais).

▪ Sol

En France, les concentrations de dioxines et furanes dans le sol ne sont soumises à aucune valeur réglementaire ou guide (cf. 5.1). Les concentrations mesurées lors de la campagne de février 2008 sont inférieures aux concentrations mesurées lors de la campagne précédente et aux moyennes des années antérieures (2005, 2006 et 2007) pour l'ensemble des points, à l'exception du point 'Malgarnie', où la teneur relevée est supérieure aux moyennes de 2005 et de 2006. Deux autres prélèvements ont été par conséquent effectués à ce point en mars 2008 : les points 1 et 2.

Les valeurs obtenues confirment la tendance observée. Cependant les concentrations relevées à tous les points sont largement inférieures à la valeur cible allemande qui est de 5 ng I-TEQ/Kg de MS.

La figure suivante illustre les concentrations de dioxines/furanes mesurées lors des campagnes de suivi menées jusqu'à présent.

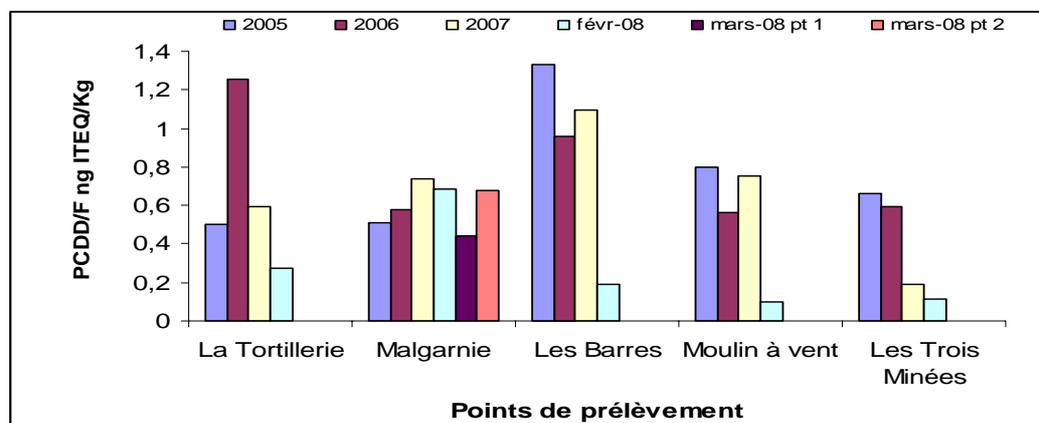


Figure 11 : Concentrations de PCDD/F mesurées dans différents échantillons de sol

▪ **Végétaux**

Le programme technique de suivi des végétaux s'effectue selon la pousse au même endroit que les prélèvements de sol. L'analyse se porte sur des herbages qui poussent autour du site et une fois par an, cette analyse est complétée par une mesure sur des légumes du jardin (choux et autres légumes feuilles). Un seuil d'alerte alimentation (fruits, légumes et céréales) existe au niveau européen (cf. 5.4).

Le rapport de l'INERIS de 2001 mentionne aussi des valeurs extraites de la littérature sur des taux de dioxines recensés dans des choux et des herbages selon leur localisation. Le tableau suivant récapitule ces valeurs :

Tableau 32 : Valeurs de PCCD/F généralement observées chez certains végétaux (INERIS, 2001)

Zone	Rurale	Urbaine/Industrielle	Proche d'une source
Choux (ng I-TEQ/kg MS)	0,4-2,2 ($\mu=1,05$)	2,2-6 ($\mu=3,15$)	2,2-10 ($\mu=7,04$)
Herbages (ng I-TEQ/kg MS)	0,2-1,86 ($\mu=0,47$)	1,56-3,16 ($\mu=2,63$)	0,21-4,54 ($\mu=2,96$)

La figure 12 représente les différents résultats obtenus lors des campagnes de suivi. Hormis le point Malgarnie qui présente un pic de dioxines à hauteur de 2,12 ng/kg MS pendant la campagne de février 2008, tous les points présentent des valeurs largement inférieures à celles généralement observées dans une zone rurale (0,2 -1,86 ng/kg MS). Deux contre-mesures effectuées au point Malgarnie en 2008 montrent des valeurs du même ordre de grandeur que les 4 autres points.

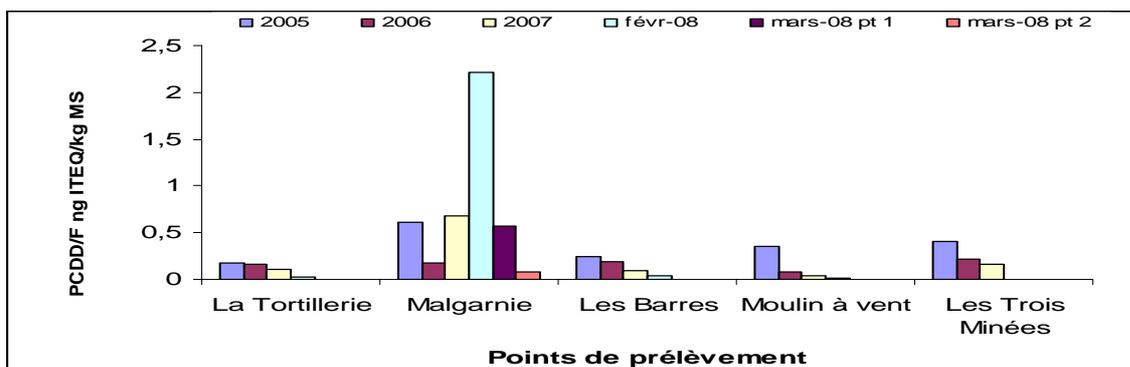


Figure 12 : Concentrations de PCDD/F mesurées dans des végétaux

▪ **Lait**

Dans le cas des dioxines, le lait est une matrice soumise à des valeurs réglementaires dites « exclusives » (cf. 5.2).

Les résultats obtenus lors des campagnes de prélèvements menées par la DDSV sont présentés dans la figure 13. Toutes les valeurs obtenues sont largement inférieures à la valeur cible de 1 pg I-TEQ/g MG. Le prélèvement de lait dépend du producteur local qui doit « conserver » après la traite des vaches, un échantillon de lait qui sera collecté par la DDSV. Des oublis sont observés notamment lors de la campagne de 2007 aux emplacements suivants : Le Temple et L'Alouettière. Concernant le lait de chèvre, des prélèvements ont cessé après une première campagne en 2005.

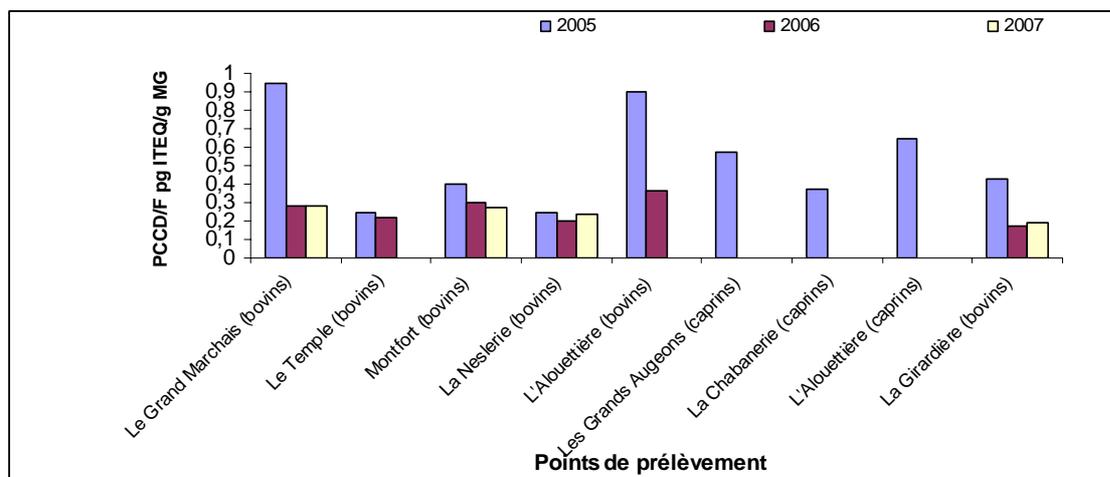


Figure 13 : Concentrations de PCDD/F mesurées dans le lait

b) Analyse des modalités des campagnes de suivi

▪ **Collecteurs de précipitation 'Bergerhoff'**

Les points suivants : Malgarnie et Le Grand Marchais, présentent des concentrations moyennes de dioxines/furanes relativement élevées pour l'année 2007 en comparaison avec les autres points. La rose des vents (Annexe 9) montre une prédominance des vents provenant du secteur sud/sud-ouest. En considérant le vent et la présence des voies de circulation (autoroute A77 et nationale N7), l'hypothèse que les dioxines/furanes détectées à ces emplacements proviennent de la circulation automobile est tout à fait plausible.

Les congénères détectés à ces deux emplacements diffèrent en proportion de ceux notés en sortie de cheminée de l'incinérateur.

La campagne de décembre 2007 à février 2008 a aussi révélé un pic de dioxines/furanes au point 'Les Trois Minées'. La valeur détectée est élevée en comparaison avec les deux autres valeurs (Le Grand Marchais et Moulin à vent) mesurées pendant cette même période. L'emplacement 'Les Trois Minées' a pu être impacté par un phénomène local et ponctuel du type incendie. La plus grande proportion de furanes détectés semble confirmer cette hypothèse. Cependant au vu du manque de données (éclatement des autres jauges du secteur) qui aurait pu aider à mieux expliquer cette 'anomalie', il faudrait attendre les résultats d'autres campagnes pour conclure quant à l'origine de ce pic.

Les valeurs relevées dans d'autres matrices au même point, notamment le sol et les végétaux, montrent des valeurs cohérentes avec celles mesurées aux autres points.

- *Sol*

Les teneurs élevées en dioxines/furanes détectées pendant les campagnes de 2008 au point 'Malgarnie' peuvent être dues à sa localisation proche d'importants axes routiers ; le trafic automobile étant connu comme une source émettrice non négligeable de dioxines/furanes. L'effet mémoire du sol ainsi que le faible pouvoir migratoire des dioxines/furanes dans cette matrice sont aussi des biais importants rendant difficile l'exploitation des résultats obtenus.

Une comparaison entre le profil de congénères émis par les UIOM et celui provenant du trafic routier aurait pu aider à mieux comprendre les pics de dioxines/furanes observés au point 'Malgarnie'. Alors que des profils types de congénères commencent à être connus pour les incinérateurs conformes aux normes actuels, cela n'est pas le cas pour le trafic routier. En effet, en raison de l'hétérogénéité des véhicules en circulation, la caractérisation des congénères est très difficile et il n'existe à ce jour pas de données dans la littérature dans ce domaine. Au vu des difficultés mentionnées ci-dessus, il serait souhaitable de remplacer ce point par un autre point de prélèvement, toujours selon la modélisation réalisée, qui ne serait pas sous l'influence d'autres sources émettrices afin de pouvoir réellement suivre l'impact environnemental de l'incinérateur.

- *Végétaux*

Les herbages sont prélevés aux mêmes points que les échantillons de sol. Le pic de dioxines/furanes à hauteur de 2,12 ng/kg MS mesuré lors de la campagne de février 2008 au point 'Malgarnie', est cohérent avec les teneurs élevées détectées dans le sol au même point de prélèvement (cf. paragraphe précédent). Les arguments évoqués dans le cas du sol sont aussi applicables pour les végétaux impactés au point 'Malgarnie'.

- *Lait*

Le lait a été inclus dans le programme de suivi de PCCD/F à la demande des autorités préfectorales. Cette campagne a été initiée par la DDSV qui est aussi responsable de son suivi.

Les prélèvements sont effectués par les éleveurs eux-mêmes et l'échantillon destiné à des fins analytiques provient du tank où est concentré le lait de toute la traite.

Selon le rapport de 2001 de l'INERIS, le lait n'est pas une matrice adaptée pour la surveillance d'une installation.

Pour que le lait puisse servir d'outil de surveillance, il faudrait avoir une vache témoin qui paisse exclusivement dans des champs sous le vent de l'installation et prendre son lait pour comparer avec le lait d'une autre vache équivalente (âge, race, etc) provenant dans une zone de référence. En situation réelle, un tel scénario est très difficile à mettre en place. Aussi, l'alimentation doit être strictement contrôlée, or il est objectivement impossible d'avoir une connaissance parfaite de l'origine des aliments, surtout en hiver. L'analyse du lait est donc un outil de suivi de la contamination de fond et de l'exposition des populations à celle-ci et non un moyen de surveillance routinier.

Au vu des teneurs de dioxines/furanes obtenues lors des différentes campagnes de suivi (inférieures à la valeur cible de 1 pg/l-TEQ/g MG), cette matrice peut être supprimée car elle ne témoigne pas vraiment de l'impact de l'incinérateur sur son environnement.

6.5 Douchy-les-Mines (59)

Le suivi environnemental des retombées de dioxines et de métaux lourds a débuté en 2006. Les métaux lourds sont suivis grâce à la matrice 'air' tandis que les dioxines/furanes sont mesurées dans le lait et les œufs. En outre, des analyses sur des échantillons de sol sont effectuées une fois tous les 3 ans pour en connaître les teneurs en dioxines/furanes.

a) Evolution des concentrations de métaux lourds et de dioxines/furanes

- *Air*

Le suivi de cette matrice est effectué par l'association « ATMO Nord-Pas de Calais » au travers d'un réseau de stations fixes et mobiles disposées autour de l'incinérateur selon les zones d'impact maximales calculées à partir de la modélisation de la dispersion des polluants réalisée en 2003 (Annexe 10 : rose de vents dans le secteur de Douchy-les-Mines et les stations de mesure). Deux campagnes sur l'air sont réalisées chaque année [21].

L'association « ATMO Nord-Pas de Calais » a répertorié d'autres sources (industrielle, automobile et domestique) susceptibles d'émettre des polluants dans l'air de la zone d'étude. Elles sont présentées dans les tableaux suivants :

Tableau 33 : Les émissions d'origine industrielle, zone d'étude de Douchy-les-Mines (2004)

Etablissement	Types d'activités	Rejets atmosphériques en 2004				
		SO ₂ (t/an)	NO _x (t/an)	Poussières (t/an)	COV (t/an)	Autres
Centrale de production thermique EDF	Production d'électricité	5097	2641	711	16	Hg = 13 kg
Fonderie Aciérie de Denain	Fonderie de métaux ferreux	11	4	73	0	Pb = 345 kg Zn = 957 kg Cd = 1 kg
Saint Gobelain Glass	Verre sodocalcique + Bas émissif	815	451	76	-	HCl = 26 t
SETNE	Centrale électrique	6474	1924	362	9	Pb = 117 kg Hg = 60 kg
Sevelnord	Production d'automobiles	0	48	-	1085	
SNCZ	Fab ^o de pigments pour peintures	0	3	1	-	

A ces sources industrielles, il faut ajouter les émissions d'origine automobile notamment :

- La RD249 au sud à proximité immédiate du site.
- La RN455 en bordure ouest du site.
- La RN45 à 2 km au nord.
- L'A2 et la RN30 au sud du site.
- Les échangeurs de Douchy-les-Mines à moins de 1 km au sud-ouest du site et de Denain situé au nord-est du site.

Enfin, les émissions d'origine domestique (chauffages) sont aussi à prendre en considération :

Tableau 34 : Les émissions d'origine domestique dans la zone d'étude de Douchy-les-Mines (INSEE, 1999).

Commune	CO (t/an)	SO ₂ (t/an)	COV (t/an)	NO _x (t/an)	Ps (t/an)	Pb (kg/an)	Zn (kg/an)	Cd (kg/an)	Hg (g/an)
Neuville-sur-Escaut	89	3	5	3	5	1	7	0,1	0
Douchy-les-Mines	330	9	19	10	19	5	20	0,4	0
Denain	676	21	40	22	38	10	48	11	0

Deux campagnes de mesures des taux de métaux lourds dans l'air ont été menées jusqu'à présent. Les résultats sont présentés dans la figure 11.

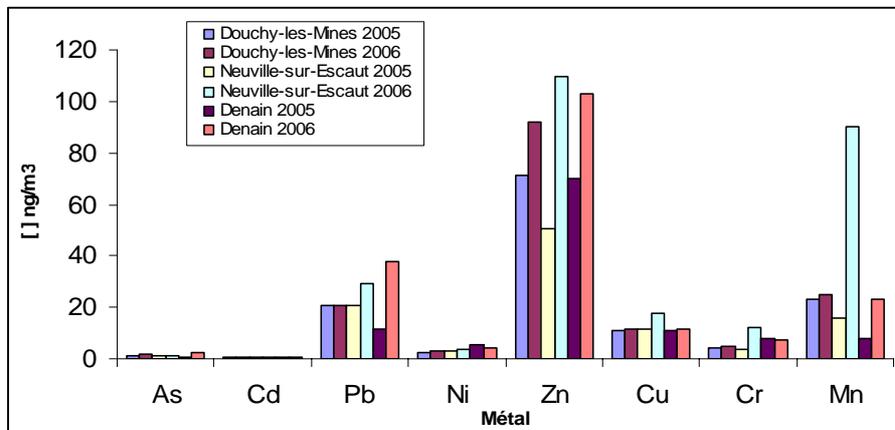


Figure 14 : Concentrations de métaux détectés à différents emplacements (2005 et 2006)

De manière générale, les teneurs en métaux lourds mesurées sur les trois sites sont cohérentes avec les évolutions météorologiques (changements ponctuels de directions de vents, pluviométrie...) observées pendant les périodes de suivi. Il est à noter qu'il n'y a aucun dépassement de valeurs réglementaires (plomb) ou cibles (arsenic,...) dans le cas des métaux mesurés lors des campagnes de suivi.

Il est difficile de discerner la part de contribution de l'UIOM de Douchy-les-Mines dans les valeurs relevées par les stations de mesure. Cependant en croisant les données de l'incinérateur (son état de fonctionnement, les mesures en continu à la sortie de cheminée, etc.) avec les dates des campagnes de mesure et les caractéristiques des métaux détectés (quantités, espèces, etc.), il semblerait que le site le plus influant soit la fonderie-acierie de Denain.

- *Lait et œufs*

Dans le cadre de l'arrêté préfectoral d'exploitation, des campagnes de mesure sont menées annuellement afin de connaître les teneurs en dioxines/furanes dans le lait et les œufs provenant d'exploitations situées dans le périmètre du panache de fumée de l'incinérateur. Les prélèvements sont effectués par la DDSV du Nord avec laquelle l'exploitant de l'incinérateur a signé une convention en 2004.

Les résultats de la campagne de décembre 2007 sont présentés ci-dessous [22] :

Tableau 35 : Concentrations de PCCD/F dans le lait et les œufs, Douchy-les-Mines (2007)

Matrice	Concentration (pg I-TEQ/g MG)	Lieu de prélèvement	Nature de l'échantillon
Lait	0,59	Exploitation locale	Mélange de traite
Œufs	2,61	Marché local	12 œufs (prod° locale)

L'analyse sur le lait montre une concentration de dioxines/furanes largement inférieure à la valeur cible de 1 pg I-TEQ/g MG (cf. 5.2).

Dans le cas des œufs, la valeur relevée de 2,61 pg I-TEQ/g MG est supérieure au seuil de 2 pg I-TEQ/g MG, seuil qui oblige à rechercher les sources potentiellement responsable de cette concentration dans les œufs (cf. 5.5). Suite à ce résultat, les services préfectoraux ont demandé à l'exploitant de procéder à des mesures pour connaître les teneurs dans le sol dans la zone d'étude.

- *Sol*

Cette matrice est suivie une fois tous les trois ans. Les résultats de la dernière campagne de 2007 sont présentés ci-dessous [23] :

Tableau 36 : Concentration de PCCD/F dans le sol (Douchy-les-Mines, 2007)

Echantillon	Concentration (pg I-TEQ/g MS)
1	3,87
2	8,39
3	3,13
4	10,37
5	20,93

En comparant avec les recommandations allemandes (cf. 5.1), les points 2, 4 et 5 présentent des valeurs justifiant un contrôle des produits alimentaires issus de ces emplacements.

Cependant, la comparaison des profils des congénères des sols (largement dominés par le congénère OCDD) et ceux des émissions (équilibre entre divers hepta- et les octachlorés), ne permet pas d'incriminer uniquement l'incinérateur. La tâche d'identification est d'autant plus difficile dans cette zone que sont installées plusieurs autres sources potentielles d'émission (cf. tableau 33) et qu'elle présente de surcroît, un réseau routier relativement dense. Son passé en tant que zone fortement industrialisée ne doit pas être occulté non plus.

b) Analyse des modalités des campagnes de suivi

Les inconvénients et les difficultés associés à l'utilisation des matrices (air, lait et sol) pour le suivi environnemental, ont été exposés dans les paragraphes précédents (Calce et Gien). Ces arguments sont aussi valables dans le cas de l'UIOM de Douchy-les-Mines.

Dans cette partie, la fiabilité des résultats obtenus avec l'utilisation de l'œuf comme matrice de suivi sera abordée. Plusieurs études récentes menées en Belgique et en France, ont démontré que les œufs provenant d'exploitations artisanales comme c'est le cas pour les œufs analysés à Douchy-les-Mines, présentaient des teneurs en dioxines/furanes plus élevées que le seuil réglementaire de 3 pg I-TEQ/g de MG.

Les pratiques qui peuvent donner lieu à ce dépassement de valeur sont récapitulées ci-dessous :

Tableau 37 : Principaux facteurs de risques de contamination des œufs (AFSSA, 2003)

	Pratique	Facteur de risque
Apport de cendres (consolidation de coquilles d'œufs...)	Utilisation de cendres issues de la combustion de végétaux/déchets sur le sol	Surcontamination du sol par des cendres riches en PCCD/F (100 à 42000 pg-ITEQ/g) et en métaux lourds
Nourriture déposée sur le sol	Distribution des grains à la volée	Surconsommation du sol, de végétaux et de lombrics (contamination passive des grains et ingestion de terre)
Ration alimentaire	Rations alimentaires déséquilibrées	Changement de comportement et de performance de ponte, entraînant une surconsommation de terre à la recherche de protéines animales
Emissions diffuses	Feux de chauffage, feux de fond de jardin et barbecue	Emissions de quantités non- négligeables de PCCD/F localement
Epluchures et légumes du potager	Alimentation complémentaire à base d'épluchures/ de légumes du potager	Consommation passive de terre
Temps passé à l'extérieur	Temps d'accès au parcours libre (sans possibilité de retour au poulailler)	Contamination éventuelle des végétaux en PCCD/F par voie aérienne et/ou contact de la terre
Age et performance des pondeuses	Âge des pondeuses (20-70 semaines) ; performance de ponte (nombre d'œufs et saisonnalité)	Augmentation de la durée d'exposition ; augmentation de la contamination des œufs
Densité des poules pondeuses	Faible densité pour permettre la persistance du couvert végétal	Augmentation du niveau de contamination du fait d'un plus large accès à la macrofaune
Traitement du sol	Traitement du sol insuffisant	Incidence éventuelle du taux de matière organique sur la biodisponibilité des PCCD/F, ingestions des PCCD/F contenues dans les fientes, concentration en PCDD/F du sol superficiel plus importante

Les concentrations déterminées dans les œufs sont sujets à de nombreux biais et ces derniers ne paraissent pas adaptés pour le suivi de l'impact d'un incinérateur sur l'environnement. Au vu des nombreux facteurs de risques qui sont en outre, difficilement contrôlables dans le cadre d'exploitations familiales, la FNADE a adressé une requête (courrier du 12 mars 2008) au MEEDDAT afin de demander la suppression de l'œuf comme matrice de suivi. En effet, si les résultats sont inférieurs au seuil d'intervention, cela démontre qu'il n'y a pas de sources de contamination à proximité ; dans le cas contraire, cela peut être des 'faux positifs', c'est à dire qu'il y a vraisemblablement une source d'impact mais qu'elle n'est pas pour autant liée à l'installation suivie.

7 RECOMMANDATIONS

Dans le cadre du suivi des retombées de dioxines/furanes et de métaux lourds autour des UIOM en France, l'utilisation des collecteurs de précipitation (Owen ou Bergerhoff) est la méthode la plus décrite par plusieurs normes dont une française (norme NF X 43-014). C'est d'ailleurs la méthode préconisée par l'INERIS pour suivre l'impact d'un incinérateur sur son environnement (rapport de 2001). Toutefois au cours de ces dernières années, l'intérêt d'employer des végétaux dans la surveillance s'est accru. La biosurveillance végétale [24] se révèle être extrêmement intéressante car c'est une méthode facile à mettre en œuvre et qui peut indiquer, selon les végétaux utilisés, la biodisponibilité des polluants, c'est-à-dire la contamination reçue par les organismes vivants ainsi que les risques sanitaires potentiels. En outre, les végétaux ont la capacité de concentrer les contaminants ce qui donne des analyses plus fiables et l'information obtenue est intégrée dans le temps. La biosurveillance se fait au travers de biostations qui sont généralement constituées d'un ou de plusieurs végétaux bioindicateurs et/ou bioaccumulateurs. La structure d'une biostation est simple ; elle est souvent composée d'une tablette ou d'un châssis métallique, qui abrite les cultures. La biostation est surélevée pour éviter le contact avec le sol. Ces structures sont ensuite disposées autour du site à surveiller.

Avant de mettre en place une méthode de biosurveillance, il convient de choisir les végétaux les mieux adaptés aux polluants à suivre mais aussi au climat et aux saisons.

Les bryophytes (mousses), les lichens et les végétaux supérieurs (choux) peuvent être utilisés pour suivre les métaux lourds et les composés organiques/organochlorés.

Les 2 approches de biosurveillance : passive et active ont été décrites en 4.1.2. Le tableau suivant compare ces 2 méthodologies [25] :

Tableau 38 : Comparaison approche passive/ approche active

Approche passive	Approche active
Résultats de la tendance de la pollution obtenus en quelques jours	Période d'un an nécessaire pour avoir accès aux variations saisonnières
Niveaux d'accumulation généralement supérieurs aux seuils de détection car temps d'exposition plus long	Concentrations et niveaux d'accumulation indétectables sur une courte période d'échantillonnage
Risque de vandalisme et surveillance des stations minimaux	Risque éventuel de vandalisme
Coûts du transport et des analyses	Coûts supplémentaires pour le matériel, le transport et la préparation des transplants
Manque éventuel d'échantillons indigènes	Densité des sites d'échantillonnage, de leur localisation et des espèces utilisées différentes selon le choix de l'investigateur
Taux de dépôts difficile à estimer	Taux de dépôts calculé à partir du temps d'exposition
Végétaux stressés ou pouvant subir des changements (morphologiques, physiologiques) affectant au final l'accumulation des polluants	Utilisation de végétaux provenant d'un environnement non contaminé
Concentrations en métaux reflétant l'influence d'autres facteurs (âge des végétaux, teneurs en métaux du substrat et contamination locale)	Concentrations en polluants reliées directement à la pollution atmosphérique

Dans le cadre du suivi environnemental d'un incinérateur, l'idéal serait d'utiliser une méthode physico-chimique bien documentée avec un retour d'expérience riche notamment les collecteurs de précipitation couplée avec une méthodologie de biosurveillance. La disposition des jauges de précipitation est décrite dans le rapport de l'INERIS de 2001 (cf. 4). Les biostations devront être placées proches des jauges afin qu'elles subissent les mêmes influences climatiques et les retombées de métaux lourds et de dioxines/furanes qui en découlent. Cela faciliterait une comparaison des tendances observées avec ces 2 matrices.

Concernant la biosurveillance, il serait judicieux d'opter pour une approche active afin de s'affranchir des problèmes suivants :

- l'espèce végétale choisie peut être absente du site à étudier,
- elle peut être présente mais son implantation est aléatoire c'est-à-dire qu'elle ne se situe pas aux emplacements à retenir suite à la modélisation,
- l'espèce végétale peut être déjà contaminée (pollution ancienne ou ponctuelle) ; les concentrations de polluants détectées ne pourront être directement reliées à l'influence de l'UIOM sur la zone d'étude.

La biosurveillance active nécessite une standardisation des végétaux, c'est-à-dire que les végétaux choisis doivent être transposés d'un endroit exempt de toute contamination jusqu'au site à surveiller. Les 3 types de végétaux présentés par la suite sont déjà utilisés dans d'autres pays européens.

▪ *Bryophytes*

Les bryophytes sont employées depuis plusieurs années pour le suivi de la qualité de l'air dans les pays scandinaves. Ce sont des mousses existant sous forme de « moss bags » ou de Bryocapteur[®] qui sont des cultures standardisées de *Ceratodon purpureus*. Un « moss bag » peut être transféré dans la zone d'étude et disposé selon la modélisation déjà réalisée. Cependant cette variété de mousses a besoin de beaucoup d'humidité et son utilisation doit par conséquent être adaptée au climat du site à étudier.

▪ *Lichens*

L'utilisation des lichens est référencée sur le site du ministère de l'environnement luxembourgeois et fait partie intégrante de divers réseaux de surveillance (qualité de l'air, impact environnemental de sites industriels, etc.) dans ce pays. L'approche active peut s'effectuer par la transplantation de lichens qui consiste à prélever des échantillons provenant d'une station de référence non contaminée et à les installer sur le site à surveiller. Il est important que les lichens subissent le moins de perturbations possibles au cours du prélèvement et c'est pour cette raison que le lichen est généralement prélevé avec son support (fragment d'écorce ou branche).

Des espèces ubiquistes qui présentent de grandes surfaces d'adsorption sont à privilégier telles que *Xanthoria parietina*, *Evernia prunastri*, etc.

▪ *Choux*

L'utilisation du chou vert, *Brassica oleracea*, dans la biosurveillance est une méthode normalisée en Allemagne (norme VDI 3957 – 2000). Il est cultivé sous serre avant d'être transféré dans la zone de surveillance. Les plants de choux seront exposés par périodes de 2 mois pendant un an. Tous les 2 mois, les feuilles sont récoltées et analysées. Dans le cas des choux, il faut tenir compte des saisons car ce végétal supérieur a une croissance plus faible entre avril et septembre.

En France, l'expertise en biosurveillance reste à ce jour limitée. Une étude (étude SIVERT) qui fait l'objet d'un financement par l'ADEME² est en cours afin d'évaluer l'efficacité des biostations dans le suivi des retombées de dioxines/furanes et de métaux lourds autour des UIOM comparée aux autres méthodologies de suivi et à la modélisation qui est basée sur de nombreuses hypothèses (résultats attendues, coefficients de dispersion, etc.). Les résultats de cette étude seront connus dans les prochains mois. D'autres travaux sont aussi menés en ce moment par l'ADEME [26] avec la participation d'autres organismes (INRA, INERIS, CNRS...) afin d'établir un corpus de normes nationales et internationales de biosurveillance, qui seront utiles pour les acteurs du domaine de l'environnement. Des normes existent pour la bioindication dans le sol et d'autres notamment pour la qualité de l'air sont prévues en 2008.

Hormis l'utilisation complémentaire des jauges de précipitation et des biostations, une amélioration est possible concernant les points suivants :

- Un inventaire complet de toutes les sources émettrices potentielles dans la zone d'étude est à effectuer en amont des campagnes de suivi. Ceci peut s'avérer utile lors de l'interprétation des résultats en cas de valeurs anormalement élevées.
- Dans la mesure du possible, une station météorologique complète doit être construite (Rapport de l'INERIS 2001) sur le site afin d'avoir les conditions météorologiques (vents et pluie) qui influent directement l'UIOM étudié, sinon les données météorologiques provenant de la station la plus proche de l'usine (même relief géographique) doivent être utilisées.
- En cas de concentrations inhabituelles relevées, un croisement des profils de congénères détectés avec ceux relevés en sortie de cheminée doit être effectué. Cette méthode peut permettre de savoir si l'UIOM est potentiellement responsable de cette anomalie.

² Contact avec André Kunegel, responsable de l'étude SIVERT au sein de l'ADEME

8 CONCLUSION

Les déchets sont aujourd'hui reconnus comme la 2^{ème} source d'énergie renouvelable en France après respectivement l'hydroélectricité et le bois, permettant une économie de 12 millions de barils par an (1,9 millions de tonnes équivalent pétrole) [27]. D'autres pays européens comme les Pays Bas, le Danemark, la Suède, le Luxembourg et l'Allemagne, qui ont déjà les plus hauts taux de recyclage, construisent de nouvelles usines d'incinération afin d'accroître leur taux de valorisation énergétique. En France, les rares projets d'installation de valorisation énergétique s'enlisent dans divers imbroglios administratifs principalement dus aux positions d'associations de défense de l'environnement qui ont, jusqu'à présent, empêché le gouvernement de proposer des mesures pour favoriser la valorisation de l'énergie récupérée des déchets. Or aujourd'hui la valorisation énergétique des déchets sans un recyclage et/ou compostage préalable n'est plus envisagée en Europe ; une directive cadre européenne a d'ailleurs été votée par le Parlement Européen le 17 juin 2008 qui formalise la hiérarchie des traitements à appliquer aux déchets. Tout d'abord il y a la *Prévention de production de déchets et Réutilisation* (ces deux phases s'appliquent aux produits pas encore devenus déchets), ensuite viennent le *Recyclage matière* et *autres Valorisations* dont la valorisation énergétique et enfin, *l'Élimination*.

La méfiance du public et des élus face aux UIOM provient des émissions des « dioxines » : famille de molécules rendue célèbre par l'accident de Seveso (1976) et l'agent Orange utilisé au Vietnam. A l'époque les principales sources émettrices de ces molécules qui étaient liées aux utilisations du chlore (chimie du chlore, blanchiment du papier et production de biocides) ont été rapidement arrêtées de sorte que lorsque les médias s'y sont intéressés au début des années 90, la principale source identifiée comme émettrice était les UIOM. Le traitement thermique des déchets a été soumis, dès cette époque, à des obligations beaucoup plus restrictives que les autres secteurs industriels tant en terme de valeurs limites d'émission qu'en terme de contrôle, de surveillance et de sanctions. Au fil des années, la réglementation a été durcie si bien qu'aujourd'hui, c'est l'une des industries les plus propres pour l'ensemble des polluants (dioxines/furanes, métaux, etc.). En 2006 la quantité estimée de « dioxines » émises par les UIOM s'élève à 8,5 g I-TEQ contre 30 g I-TEQ pour la combustion du bois dans le secteur résidentiel tertiaire.

En ce qui concerne le risque sanitaire posé par les « dioxines », les nombreuses études sanitaires portant sur les émissions des anciens incinérateurs (avant l'installation de dispositifs de traitement des fumées) montrent des effets sanitaires non nuls mais relativement faibles par rapport aux autres risques générés à une époque où la production industrielle primait sur la protection de l'environnement.

Les études portant sur les effets des émissions des incinérateurs respectant la réglementation actuelle montrent des niveaux de risques négligeables ; tous les acteurs en matière de santé publique et de politique environnementale en conviennent.

La surveillance de l'impact environnemental imposée par l'arrêté ministériel du 20 septembre 2002 (cf. 1.3 : article 30) est déjà en place sur la majorité des sites du GROUPE TIRU. Le retour d'expérience est certes assez récent (résultats à partir de 2005/2006 pour la majorité des sites) mais la tendance générale montre que les incinérateurs du groupe ont un impact négligeable sur leur environnement proche. Il faut tout de même souligner quelques retards rencontrés par les sites de : Saint-Saulve (59), Hénin-Beaumont (62) et Saint-Barthélémy (971) pour le démarrage des campagnes de suivi. Toutefois, des études de modélisation ont déjà été réalisées sur ces 3 sites et la surveillance environnementale devrait débuter d'ici fin 2008.

La biosurveillance fait l'objet en ce moment un intérêt croissant pour suivre l'impact de divers polluants sur l'environnement. Les nombreuses études menées en France ont pour but de formaliser l'utilisation de ces végétaux sentinelles mais aussi d'éditer des normes sur lesquelles pourront s'appuyer les acteurs du domaine de l'environnement. D'autres études sont en cours de réflexion par des organismes tels que la FNADE (organisme regroupant notamment les spécialistes de la gestion des déchets). On peut citer, par exemple, l'étude « Spectres dioxines » portant sur la caractérisation des profils de dioxines/furanes émis par les UIOM ; la quantification des PCB-DL émises par les UIOM ou la réalisation d'un état des lieux sur le prélèvement en continu de dioxines/furanes en sortie de cheminée.

Les thèmes abordés dans ce mémoire (utilisation complémentaire de la biosurveillance et d'une mesure physique, émissions de polluants maîtrisées, risques sanitaires négligeables pour les dioxines, etc.) montrent le caractère négligeable des retombées de dioxines/furanes et de métaux lourds par les UIOM. Il serait donc dommage de ne pas considérer les déchets comme une source d'énergie renouvelable à part entière, surtout lorsque les objectifs de l'Etat Français pour la production d'électricité d'origine renouvelable sont ambitieux (20% en 2010 au lieu de 13% en 2005).

Bibliographie

1. INVS, *Dossier 'Etude d'imprégnation par les dioxines'*, disponible en ligne
URL: <http://www.invs.sante.fr>
2. ADEME, *Les Installations de Traitement des Ordures Ménagères (Résultats 2006)*, disponible en ligne
URL: <http://www2.ademe.fr>
3. Le Grenelle Environnement, *Atelier intergroupe Déchets*, Synthèse rapport 'Groupe Déchets'
4. MEEDDAT, *Rubrique 'Prévention des risques'*, disponible en ligne
URL: <http://www.ecologie.gouv.fr/-Dioxine-.html>
5. CITEPA, *Emission dans l'air France métropolitaine-métaux lourds*, disponible en ligne
URL: <http://www.citepa.org>
6. 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, JO du 1er décembre 2002, disponible en ligne
URL: <http://aida.ineris.fr/textes/arretes/text3342.htm>
7. INVS, *Publication 'Dioxines'*, disponible en ligne
URL: http://www.invs.sante.fr/publications/2006/etude_impregnation_dioxine/dioxine_65_q_reponses.pdf
8. UE commission, *Assessment of dietary intake of dioxins and related PCBs by the population of UE member states*, Report on tasks for scientific cooperation, 7 june 2000
9. EPER, disponible en ligne
URL: <http://www.eper.eea.europa.eu/eper>
10. TIRU Ingénierie, *ERS associés aux émissions atmosphériques de la plate-forme de mâchefers de l'UVE de Calce*, ARIA Technologies 2008
11. M. Durif, *Méthode de surveillance des retombées des dioxines et furanes autour d'une UIOM*, INERIS (2001), disponible en ligne
URL: www.ineris.fr/index.php?module=doc&action=getFile&id=227
12. BRGM, *Gestion des sites (potentiellement) pollués-Version 2*, 9 décembre 2002

13. Commission Européenne, *Règlement (CE) N° 1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires*, JO de l'UE 20/12/2006
14. Commission Européenne, *Recommandation (C-2006) 235 de la Commission du 6 février 2006 portant sur la réduction de la présence de dioxines, de furanes et de PCB dans les aliments pour animaux et les denrées alimentaires*, JO de l'UE 14/02/2006
15. 15. Rapport interne, *N/Réf : OMU/ABI-2008-143*, DIP 2007
16. Air Languedoc-Roussillon, *Rapport N/Réf : FB/MG 182*, 20 mai 2008
17. NORISKO Equipements, *Rapport d'essais N° A5028840/0701*, 03 juin 2008
18. Aair Lichens, *Rapport A8-216*, 2007
19. EOG-Groupe GED, *Rapport RT27PROTIRES/2005/HP/1*, mars 2005
20. ANTEA, *Rapport A51261*, juillet 2008
21. Atmo Nord-Pas de Calais, *Campagne de mesure autour de Procyrdhim*, juin-juillet 2006
22. LABERCA, *Rapport d'essais 7.885*, 16 juin 2008-08-22
23. MICROPOLLUANTS TECHNOLOGIE S.A, *Rapport d'analyses RKDG001_PCD_R1*, 01 juillet 2008
24. INVS, *Publication : Utilisation des bio-indicateurs pour la surveillance des émissions et des risques*, disponible en ligne
URL: <http://www.invs.sante.fr>
25. AIRLOR, *Guide sommaire pour la conception d'un programme de biosurveillance végétale de la qualité de l'air*, disponible en ligne
URL: <http://www.atmolor.org/airlor/actualites/index.html>
26. ADEME, *Un appel aux bio-indicateurs*, E-Mag N° 07 juillet-août 2007
URL: <http://www.ademe.fr/htdocs/publications/dossier/07/p1.htm>
27. GROUPE TIRU, *Journal d'information interne*, août 2008.

Liste des annexes

Annexe 1 : Questionnaire

Annexe 2a : Synthèse des résultats de l'enquête

Annexe 2b : Informations complémentaires sur les méthodologies de suivi

Annexe 3 : Calcul de la toxicité et valeur de toxicité (dioxines, furanes et PCB-DL)

Annexe 4 : Classification cancérogénicité (CIRC, US-EPA et Union Européenne)

Annexe 5a : Localisation des points de prélèvement (UIOM de Calce)

Annexe 5b : Zones de culture - vignobles (UIOM de Calce)

Annexe 6 : Profil type d'émission d'une UIOM équipée d'un système de traitement de fumées conforme à la réglementation

Annexe 7 : Localisation des jauges (UIOM de Saint-Ouen)

Annexe 8 : Localisation des points de prélèvement (UIOM de Strasbourg - PROTIRES)

Annexe 9 : Localisation des points de prélèvement (UIOM de Gien)

Annexe 10 : Localisation des stations de mesure (UIOM de Douchy-les-Mines)

ANNEXE 1 : Questionnaire

	Campagne de suivi environnemental des retombées de dioxines et de métaux lourds Site de :
---	--

1. **Est-ce qu'il existe une campagne de suivi environnemental des retombées de dioxines et métaux lourds autour de votre site ?**
 Oui : Quand a-t-elle démarré ? En
 Non : Quand est-il prévu de la démarrer ? En
Si oui, veuillez répondre aux questions suivantes :
2. **Qui passe commande de la campagne de suivi ?** Le site La collectivité
3. **Un état zéro a-t-il été réalisé ?**
 Oui : Année Non
4. **Comment a été réalisé cet état zéro ?**
 Avant la construction de l'UIOM en mesurant le bruit de fond du futur emplacement
 Avant la mise en conformité de l'UIOM en mesurant les retombées en dioxines et métaux lourds
5. **Comment ont été choisis les points de prélèvements ?**
 Le site/ la collectivité Propositions d'un prestataire : Nom
6. **Une modélisation de la dispersion du panache a-t-elle été réalisée?**
 Oui : Nom du prestataire : Non
7. **Merci de compléter le tableau ci-dessous selon les méthodologies utilisées sur votre site :**

Méthodologies utilisées dans le suivi environnemental	Fréquence de suivi (ex. 2 fois/an)	Durée de prélèvements (ex. 1 mois d'exposition)	Périodes de suivi (ex. été, hiver)
Collecteurs de précipitation (jauges Owen)			
Prélèvements d'échantillons de sol			
Analyse de lait Animal :			
Analyse de végétaux Type : ...			
Analyse des œufs			
Autres : Précisez ...			

8. **Aujourd'hui qui assure la campagne annuelle de suivi environnemental (prélèvements, analyses, rapports de synthèse...)?**
 Bureau d'études : Nom Laboratoire d'analyses : Nom.....

REQUETE SUPPLEMENTAIRE :

Merci de nous communiquer les résultats de la dernière campagne de suivi environnemental des rejets atmosphériques et s'ils existent, les documents de synthèse auxquels ils ont donné lieu lors des DIP ou CLIS, ex. présentation Powerpoint, plaquette...

ANNEXE 2a : Synthèse des résultats de l'enquête

Nom de l'UIOM	Existence d'une campagne de suivi des retombées environnementales (dioxines et métaux lourds)		Commande de la campagne de suivi		Réalisation d'un état zéro		Choix des points de prélèvements		Modélisation de dispersion du panache		Méthodologies de suivi						Réalisation de la campagne annuelle de suivi	
	Oui/Non	Année du démarrage	Site	Collectivité	Avant la construction de l'UIOM	Avant la mise en conformité de l'UIOM	Site/collectivité	Prestataire	Oui/Non	Collecteurs de précipitation	Prélèvements d'échantillons de sol	Analyse de lait	Analyse de végétaux	Analyse des œufs	Autres	Bureau d'études	Laboratoire d'analyses	
Pontivy	Oui	2006		X				X	Oui			bovin	lichens			Aair Lichens		
Calce (Perpignan)	Oui	2003	X		X			X	Oui		X		Raisin, chêne, romarin, thym		Air ambiant		CARSO + SOCOR	
Douchy-les-Mines	Oui	2006		X			X	X	Oui		X	bovin		X	Air ambiant	GSC	DDSV	
Gien	Oui	2005*	X			X		X	Oui	X	X	bovin, caprin	herbages, légumes			ANTE A		
Hénin-Beaumont	Non	2008																
Ivry-sur-Seine	Oui	2005		X		X		X	Oui	X						NORISKO		
Paillé	Oui	2006		X		X		X	Oui	X (2006)	X	bovin	salade, pdt				LCA	
Pontenx-les-Forges	Oui	2005		X		X		X	Oui		X		aiguilles de pin				BIO-TOX	
Saint Ouen	Oui	2005		X		X		X	Oui	X						NORISKO		
Saint Saulve	Non	2008																
Strasbourg (Protires)	Oui	2006		X		X		X	Oui	X			lichens			Aair Lichens		
Villefrance-sur-Saône	Oui	2006		X				X	Oui	X		caprin				Cabinet Merlin		
Saint Barthélémy	Non	2008							Oui									

* La campagne de suivi ne concerne que les dioxines et furanes

ANNEXE 2b : Informations complémentaires sur les méthodologies de suivi

Nom de l'UIOM	Année de réalisation de l'état zéro	Prestataire : Choix des points de prélèvements	Prestataire de la modélisation de dispersion du panache	Méthodologies de suivi														Labo d'analyses		
				Collecteurs de précipitation			Echantillons de sol		Lait		Végétaux			Œufs		Autres				
				Fréquence de suivi	Durée d'exposition	Périodes de suivi	Fréquence de suivi	Périodes de suivi	Fréquence de suivi	Périodes de suivi	Fréquence de suivi	Périodes de suivi	Fréquence de suivi	Périodes de suivi	Fréquence de suivi	Périodes de suivi	Fréquence de suivi	Durée d'exposition éventuelle	Périodes de suivi	Métaux lourds
Pontivy		Aair Lichens	ARIA						1/a	H	1/a	1a	H						CARSO	
Calce (Perpignan)	2002	ARIA	ARIA				1/a	E			1/a	1a	E			1/a	1j	E	CARSO	
Douchy-les-Mines		DDSV	ARIA				1/3a	nr	1/a	nr				1/a	nr	2/a	3s	nr	GSC/DDSV	
Gien	2004	ANTEA	ANTEA	1/m	1m	An.	1/m	An.	1/m	An.	1/a	1m	nr						Eurofins	
Hénin-Beaumont																				
Ivry-sur-Seine	2005	ARIA	ARIA	1/a	2m	P/E													SGS	Dioxlab
Paillé	2004	Labo LCA	APAVE	1/a	2m	P	1/a	nr	1/a	nr	1/a	nr	A						LCA	
Pontenx-les-Forges	2005	BIO-TOX	B2E Lapassade				1/3a	A			1/a	1a	A						Biotox	LDP
Saint Ouen	2005	ARIA	ARIA	1/a	2m	nr													SGS	Dioxlab
Saint Saulve			ARIA																	
Strasbourg (Protires)	2004	Aair Lichens	EOG	1/a	2m	H					1/a	6m	H						CARSO	
Villefrance-sur-Saône		Cabinet Merlin	C. Merlin	1/a	1m	A			1/a	A									Eurofins	
Saint Barthélémy			Caribes environnement																	

Légende - nr : non renseigné ; H : hiver ; A : automne ; P : printemps ; E : été ; 1/a : 1 fois par an ; 3s : 3 semaines ; 2m : 2 mois ; An. : toute l'année

ANNEXE 3 : Calcul de la toxicité et valeur de toxicité (dioxines, furanes et PCB-DL)

Calcul du TEF

Le **Toxic Equivalent Factor** (TEF) est utilisé pour donner une valeur toxicologique à un mélange de composés chimiquement proches. Un TEF est attribué à chaque congénère de dioxines par rapport au TEF de la 2,3,7, 8 – TCDD qui est fixé à 1.

$$\text{TEF} = \text{potentialité toxique d'un congénère} / \text{potentialité toxique de la 2,3,7,8-TCDD}$$

L'**International Toxic Equivalent Quantity** (I-TEQ) constitue la somme des TEF multipliés par la concentration des différents congénères présents dans un milieu (par exemple, fumées, sols, aliments).

$$\text{I-TEQ} = \text{somme (TEF x concentration en PCDD ou PCDF)}$$

Il évalue la quantité de 2,3, 7, 8-TCDD nécessaire pour produire le même effet toxique que le congénère testé. Par exemple, 30 ng d'un congénère ayant un TEF de 0,1 ont le même effet que 3 ng de 2,3,7, 8-TCDD.

TEF (OMS 1997)

Congénères	TEF	Congénères	TEF
DIOXINES		PCB de type dioxine	
		PCB non-ortho	
2, 3, 7, 8-TCDD	1		
1, 2, 3, 7, 8-PeCDD	1	PCB 77	0,0001
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD	0,1	PCB 81	0,0001
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD	0,1	PCB 126	0,1
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD	0,1	PCB 169	0,01
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD	0,01		
OCDD	0,0001		
FURANES		PCB mono-ortho	
2, 3, 7, 8-TCDF	0,1	PCB 105	0,0001
1, 2, 3, 7, 8-PeCDF	0,05	PCB 114	0,0005
2, 3, 4, 7, 8-PeCDF	0,5	PCB 118	0,0001
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDF	0,1	PCB 123	0,0001
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDF	0,1	PCB 156	0,0005
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDF	0,1	PCB 157	0,0005
2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDF	0,1	PCB 167	0,00001
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDF	0,01	PCB 189	0,0001
1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF	0,01		
OCDF	0,0001		

ANNEXE 4 : Classification cancérogénicité (CIRC, US-EPA et Union Européenne)

CIRC-OMS	US EPA	Union Européenne
1 : cancérogènes pour l'homme	A : cancérogènes pour l'homme (preuves suffisantes chez l'homme)	1 : cancérogènes pour l'homme (disposition de suffisamment d'éléments pour établir une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à de telles substances et l'apparition d'un cancer)
2A : cancérogènes probables pour l'homme (preuves limitées chez l'homme, suffisantes chez l'animal)	B1 : cancérogènes probables pour l'homme (preuves limitées chez l'homme)	2 : cancérogènes probables pour l'homme (disposition de suffisamment d'éléments pour justifier une présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut provoquer un cancer)
	B2 : cancérogènes probables pour l'homme (preuves non adéquates chez l'homme, suffisantes chez l'animal)	
2B : cancérogènes possibles pour l'homme (preuves insuffisantes chez l'homme, suffisantes chez l'animal)	C : cancérogènes possibles pour l'homme (preuves non adéquates chez l'homme et limitées chez l'animal)	
3 : non classable pour sa cancérogénicité pour l'homme	D : non classable pour sa cancérogénicité pour l'homme (preuves insuffisantes chez l'homme et chez l'animal)	3 : non classable pour sa cancérogénicité pour l'homme (substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation suffisante)
4 : absence connue d'effets cancérogènes chez l'homme et chez l'animal	E : absence connue d'effets cancérogènes chez l'homme et chez l'animal	

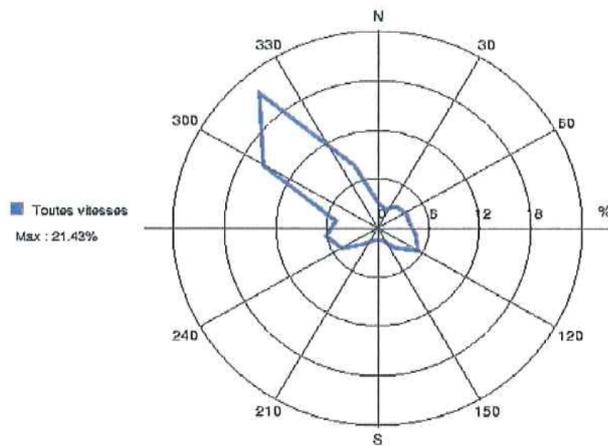
ANNEXE 5a : Localisation des points de prélèvement (UIOM de Calce)



LEGENDE

- Localisation du site UIOM de Calce
- Localisation des points de prélèvement
- ➔ Direction des vents dominants

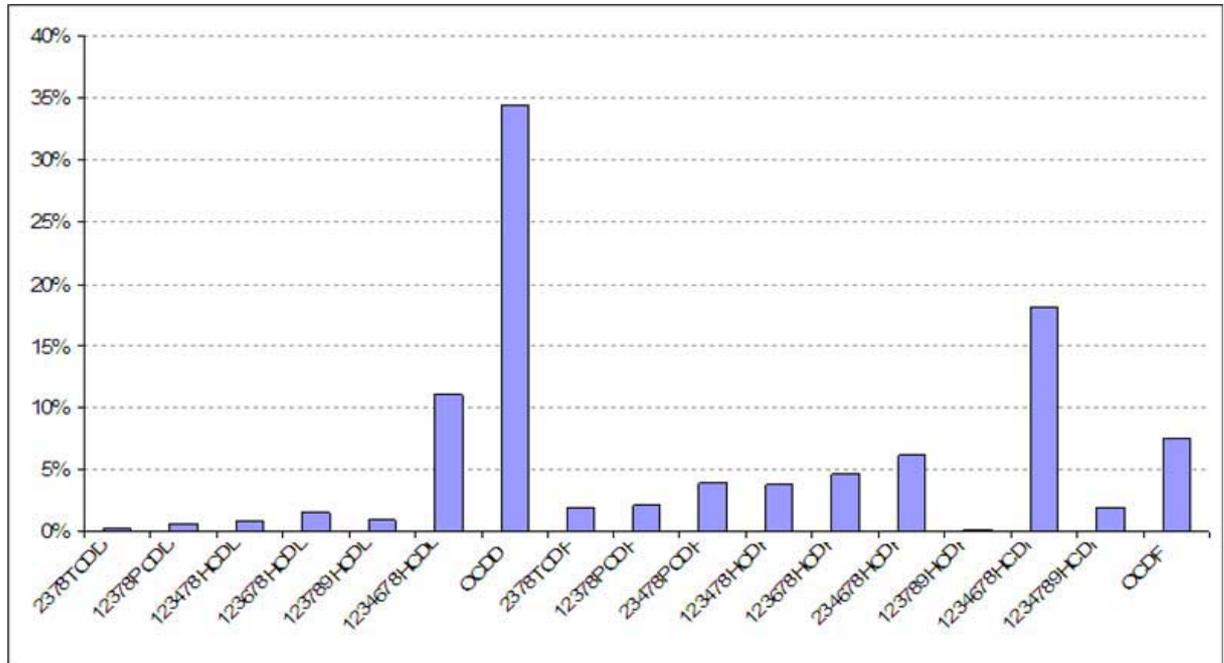
Rose des vents générale -toutes classes de vitesse (1999-2003)



ANNEXE 5b : Zone de culture - vignobles (UIOM de Calce) (Google Earth, 2008)



ANNEXE 6 : Profil type d'émission d'une UIOM équipée d'un système de traitement de fumées conforme à la réglementation



N.B : Les pics dans le profil correspondent à des concentrations de congénères

ANNEXE 7 : Localisation des jauges (UIOM de Saint-Ouen)



LEGENDE

- Localisation du site UIOM de Saint- Ouen
- Localisation des jauges

Rose des vents – Echéances sèches et pluvieuses (Saint-Ouen)

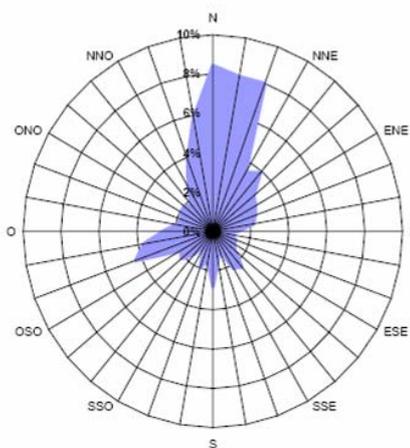
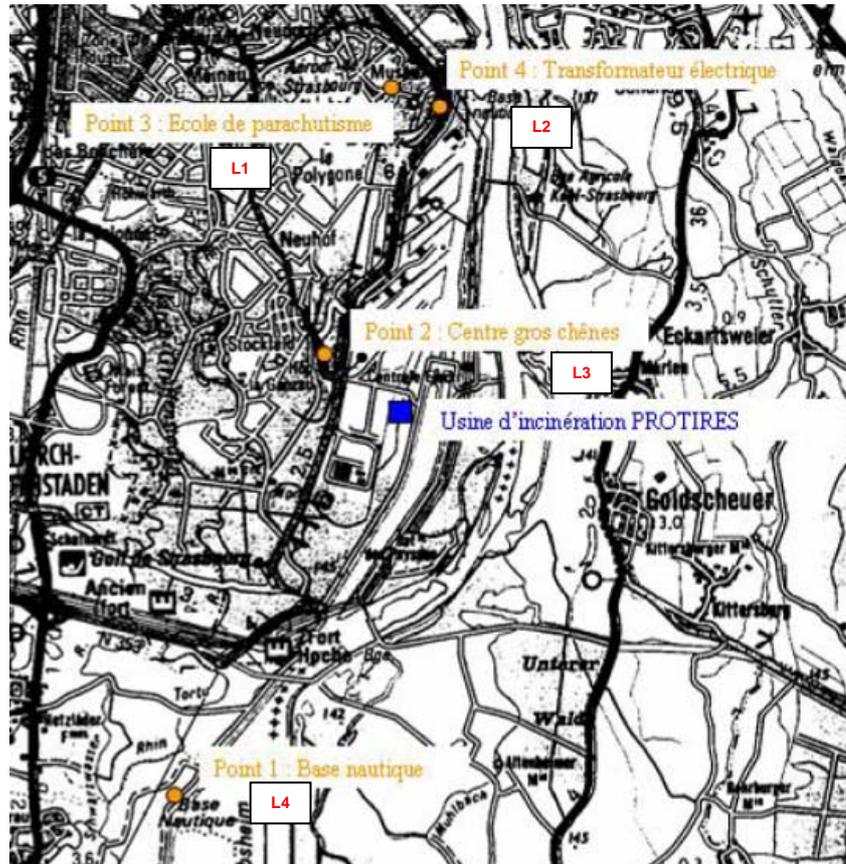


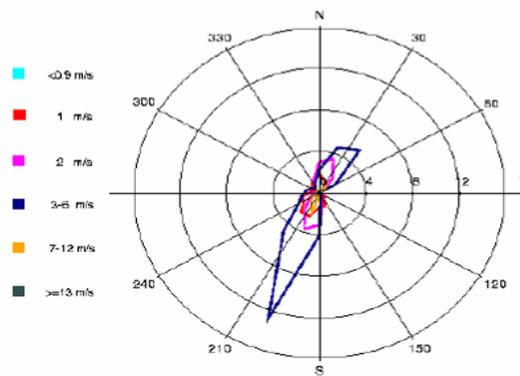
TABLEAU DE ROSE DES VENTS : Échéances sèches et pluvieuses

N		NNE			ENE			E		ESE			SSE					
350	360	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	
6%	8%	8%	8%	3%	4%	3%	3%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	2%	2%	2%	1%	
22%		15%			8%			4%		6%		4%		6%		1%		
S		SSO			OSO			O		ONO			NNO					
170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	
2%	3%	2%	2%	1%	2%	2%	2%	2%	4%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	4%	
6%		4%			8%			8%		6%			8%		4%		4%	

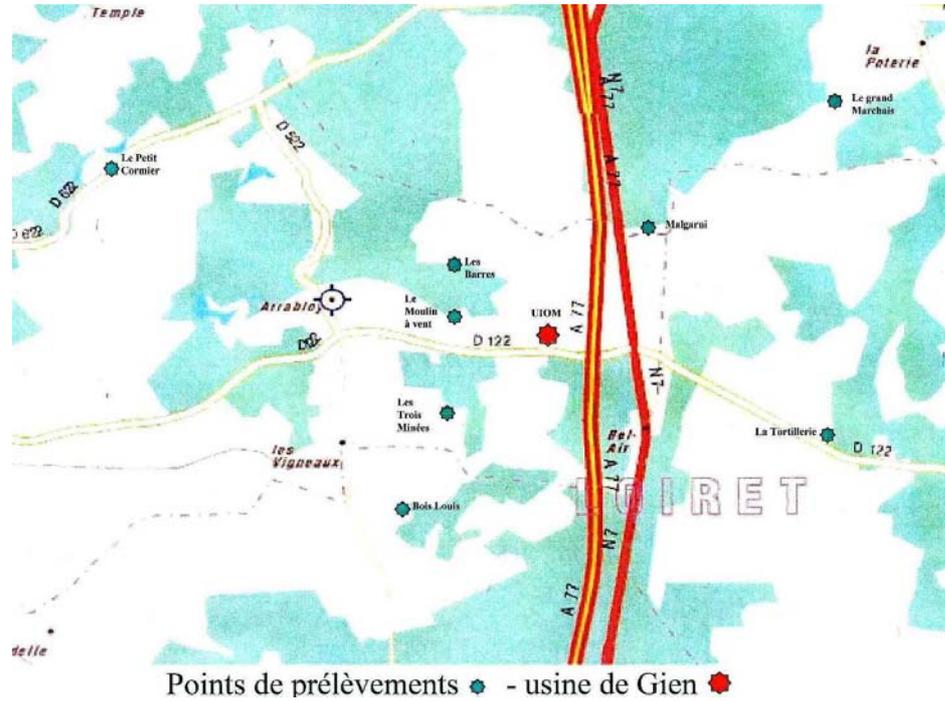
ANNEXE 8 : Localisation des points de prélèvement (UIOM de Strasbourg - PROTIRES)



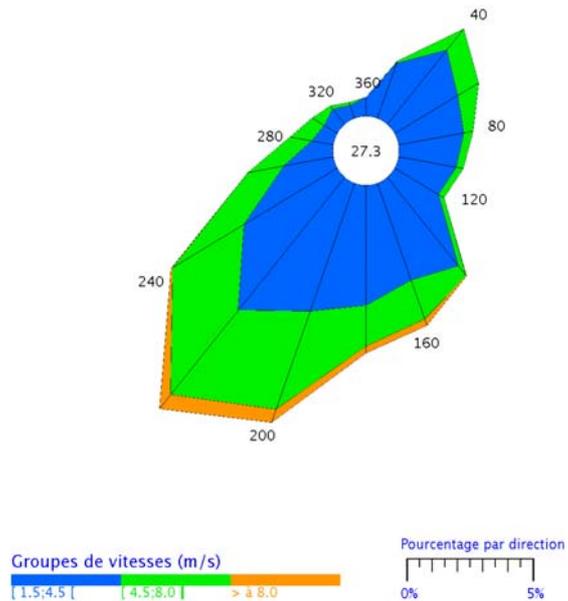
Rose des vents générale (toutes classes de vents confondues) -PROTIRES



ANNEXE 9 : Localisation des points de prélèvement (UIOM de Gien)



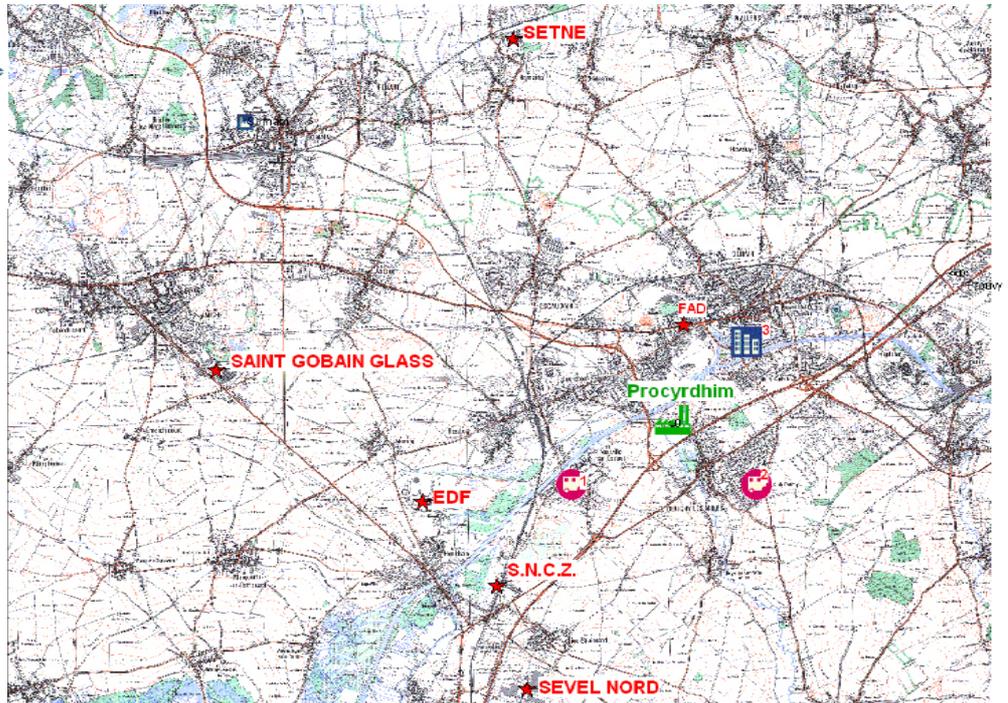
Rose des vents pour la période : novembre 2007- février 2008 (Gien)



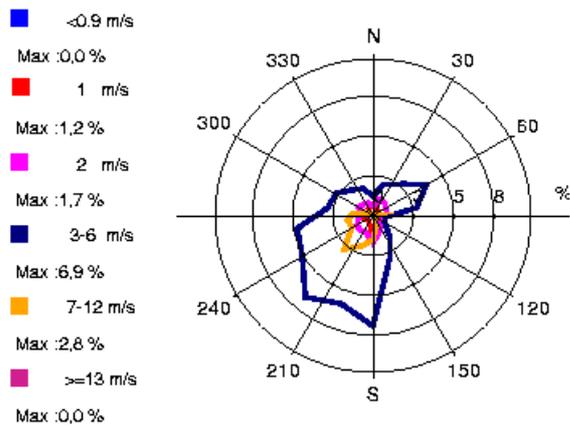
ANNEXE 10 : Localisation des points de prélèvement (UIOM de Douchy-les-Mines)

Légende

-  Station fixe urbaine
-  Unité mobile
-  Site industriel



Rose des vents (toutes classes confondues) Douchy-les-Mines



Emritloll	Yogeshwar	Septembre 2008
Ingénieur du génie sanitaire Promotion 2008		
Follow-up of the environmental impact of MSWI of Group TIRU: Evaluation and possible improvements		
<p>Summary :</p> <p>The ministerial decree of September the 20th, 2002 imposes a follow-up of the fallouts of dioxins / furans and heavy metals around MSWI but does not clarify the means to be set up in order to ensure this follow-up. Most of the MSWI run by GROUP TIRU started their follow-up campaigns at the latest in 2006 and it has become interesting to evaluate their efficiency.</p> <p>In order to have a complete and fast access to internal information, only MSWI where GROUP TIRU is the majority shareholder, were selected. Then, a simple and exhaustive questionnaire was elaborated and passed on to the various sites; the purpose being to collect data about the environmental follow-up in place. As for the results of this inquiry, they were summarized in two tables. These tables are meant to be updated.</p> <p>The analysis of the results stemming from the follow-up campaigns led until now shows that the MSWI of the group have a very weak impact on their neighbourhood. Certain supports used in follow-up campaigns such as eggs and milk seem unsuitable for the environmental surveillance whereas the use of soil is subject to several biases.</p> <p>In order to maximize the efficiency of follow-up campaigns, the use of a physical support (a gauge) should be coupled with biomonitoring. Biomonitoring consists in using plants (lichens, mosses and green cabbages) to follow the amount of pollutants deposited. Biomonitoring presents numerous advantages. Plants are easy to handle and install around MSWI. They have large surface areas which facilitate an exchange between the plant matrix and the atmosphere. Furthermore, they can indicate the bioavailability of pollutants that is the amounts reaching living organisms. Last but not least, the concentrations of pollutants detected with plants have been integrated over long periods of time.</p> <p>The thermal treatment of waste is one of the cleanest industries in terms of pollutant emissions. It would be pity not to fully appreciate the potential of municipal wastes as a renewable source of energy.</p>		
<p>Key words : MSWI (municipal solid waste incinerators) ; Environmental impact ; Follow-up supports, Biomonitoring</p>		
<p><i>L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.</i></p>		

Emritloll	Yogeshwar	Septembre 2008
Ingénieur du génie sanitaire Promotion 2008		
Suivi de l'impact environnemental des usines d'incinération du GROUPE TIRU : Bilan et propositions d'amélioration		
<p>Résumé :</p> <p>L'arrêté ministériel du 20 septembre 2002 impose un suivi des retombées de dioxines/furanes et de métaux lourds autour des UIOM mais ne précise pas les moyens à mettre en place pour assurer ce suivi. La plupart des sites exploités par le GROUPE TIRU ont démarré leur campagne de suivi au plus tard en 2006 et il est apparu intéressant d'avoir un retour d'expérience à ce sujet.</p> <p>Un questionnaire simple et exhaustif a été élaboré et transmis à des sites sélectionnés du GROUPE TIRU afin de recueillir un maximum d'informations sur le suivi environnemental en place. Pour la présentation des résultats de cette enquête, deux tableaux ont été créés, qui ont vocation à être réactualisés.</p> <p>L'analyse des résultats issus des campagnes de suivi menées jusqu'à présent montre que les UIOM du groupe ont un impact négligeable sur leur voisinage. Certaines matrices de suivi telles que les œufs et le lait paraissent inadaptées pour la surveillance environnementale tandis que l'utilisation du sol est délicate.</p> <p>Dans le cadre du suivi de l'impact environnemental des UIOM, l'idéal serait d'utiliser une méthode de surveillance physique (jauges de précipitation) en même temps qu'une méthode biologique aussi appelé « biosurveillance ». La biosurveillance consiste à utiliser des végétaux sentinelles (lichens, mousses et choux verts) pour suivre les concentrations de polluants arrivant par la voie atmosphérique. La biosurveillance présente de nombreux avantages notamment la facilité d'installation, la grande surface d'exposition et elle peut aussi indiquer la biodisponibilité des polluants c'est-à-dire la contamination reçue par les organismes vivants. Les concentrations de polluants détectées ont été intégrées sur une longue durée.</p> <p>Le traitement thermique des déchets est une des industries les plus propres pour l'ensemble des polluants émis. Il serait donc dommage de ne pas considérer les déchets comme une source d'énergie renouvelable à part entière.</p>		
<p>Mots clés :</p> <p>UIOM ; Impact Environnemental ; Matrices de suivi, Biosurveillance</p>		
<p><i>L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.</i></p>		