

Guide de bonnes pratiques

Surveillance des dioxines et furanes
dans l'environnement

Eau

Air

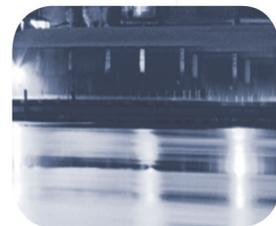
Déchets

Sites et sols pollués

Risques

Carrières

Novembre 2007



INERIS-DVM-07-15064-07060B

Aix en Provence, le 24/07/2007

*S.P.P.P.I. PACA
G.T. « Dioxines »
s./G.T. « Méthodologie de surveillance »*

**GUIDE DES BONNES PRATIQUES
POUR LA CONCEPTION
ET LA MISE EN ŒUVRE
D'UN RESEAU DE SURVEILLANCE DES DIOXINES ET
FURANES
DANS L'ENVIRONNEMENT**

Préambule

Ce rapport présente la synthèse au 31/12/2006 des travaux du sous-groupe de travail « Méthodologie de Surveillance » du groupe de travail « Dioxines » du S.P.P.I. PACA.

Ce sous-groupe, animé par l'INERIS, est constitué par les sociétés ou organismes suivants :

- ❑ SONITHERM (Exploitant de l'UIOM de Nice), CCUAT (Exploitant de l'UIOM de Toulon), SIDOM (Maître d'ouvrage de l'UIOM d'Antibes)
- ❑ SOLAMAT MEREX (Unités de traitement des DIS de Rognac et de Fos), ARCELOR (Usine de Fos), ASCOMETAL (Usine de Fos), LAFARGE CEMENTS (Usine de Contes), CEMENTS VICAT (Usine de Grave de Peille)
- ❑ Communauté Urbaine Marseille-Provence-Métropole (MPM), Communauté d'Agglomération de Nice-Côte d'Azur (CANCA)
- ❑ ONYX Sud-Est (VEOLIA PROPLETE), NOVERGIE (SUEZ)
- ❑ 2 associations de protection de l'Environnement : COLLECTIF AIR et VIE-COLLECTIF AIR
- ❑ ADEME, CYPRES, DRIRE/DIREN et INERIS.

Ce sous-groupe s'est donné pour objectif d'émettre des recommandations concernant la mise en place d'un réseau de surveillance des retombées des dioxines et furanes dans l'environnement.

Pour réaliser cet objectif, le sous-groupe s'est appuyé sur :

- ❑ Les bonnes pratiques à intégrer lors de la conception d'un réseau de surveillance d'un site,
- ❑ La mise en commun des connaissances concernant les avantages et inconvénients des différentes méthodes de prélèvement à mettre en place.

La réunion de lancement de ce sous-groupe est datée du 17/06/2005 ; depuis, 10 réunions de travail se sont tenues au cours desquelles certains membres du sous-groupe ont présenté leur expérience dans le domaine de la surveillance environnementale des dioxines et furanes¹.

Ce rapport rassemble les résultats de ces travaux sous la forme de recommandations à intégrer lors de la conception et la mise en œuvre d'un réseau de surveillance des dioxines et furanes dans l'environnement.

¹ INERIS : Méthodologies de surveillance des dioxines dans l'Environnement - ARCELOR (Fos) : Bio-surveillance à partir de végétaux supérieurs allochtones (Ray-grass) - SOLAMAT MEREX (Fos) : Bio-surveillance à partir de lichens autochtones - SONITHERM (Nice) : Surveillance à partir de collecteurs artificiels - LAFARGE CEMENTS (Contes) : Contrôle-process en cimenterie - SOLAMAT MEREX : Contrôle-process dans une UIDIS - DRIRE PACA : Grille d'aide à la définition d'un réseau de surveillance dans l'environnement.

D'une manière générale, un réseau de surveillance environnementale de rejets atmosphériques cherche à répondre à :

1. Des attentes

La plus légitime concerne l'évaluation d'une éventuelle contamination environnementale (eau, air, sols, végétaux/animaux, ...) et/ou d'un éventuel impact sur la santé des rejets.

2. Des objectifs, intégrés lors de conception du réseau

- ❑ Quantifier les apports en différents points de la source d'émission ou des sources d'émission si l'on surveille un site multi-émetteurs.
- ❑ Connaître l'évolution de ces apports dans le temps.
- ❑ Identifier les origines d'un apport anormalement élevé.
- ❑ Pondérer les résultats en intégrant des données historiques (si elles existent) ou celles concernant le bruit de fond.

Pour répondre à ces objectifs, il faut :

- ❑ Déterminer le nombre et la localisation des emplacements où des mesures (ou des prélèvements) seront faites en tenant compte essentiellement des caractéristiques du site.
- ❑ Choisir la méthode de mesures (ou de prélèvements) qui sera mise en œuvre en chacun de ces emplacements en tenant compte des caractéristiques des polluants que l'on cherche à mesurer.
- ❑ Evaluer une périodicité et une durée des campagnes de mesures (ou de prélèvements) qui répondent aux objectifs précités et définir une méthode d'interprétation des résultats.

1 CONCEPTION D'UN SCHEMA DE SURVEILLANCE DES DIOXINES ET FURANES : CADRE GENERAL

Les spécificités de ces polluants, leurs voies de transfert dans l'environnement, sont les premiers éléments à intégrer.

1.1 Spécificité des dioxines et furanes

- ❑ Composés organo-halogénés, très stables chimiquement, qui disposent de 210 congénères pour les chlorés (75 dioxines et 135 furanes) dont seuls 17 sont considérés actuellement comme toxiques et dosés dans les prélèvements².
- ❑ Les dosages sont exprimés en I.TEQ (International Toxic Equivalent), indice évalué à partir des coefficients de toxicité (I.TEF) de chacun des congénères.

$$I.TEQ = \sum C_i \times I.TEF_i$$

Pour $i = 1$ à 17, C_i et $I.TEF_i$ concentration et coefficient de toxicité du congénère i

² On désignera par la suite ces 17 congénères par le terme générique « dioxines ».

- A l'émission, ces composés sont en phase gazeuse ou sous forme d'aérosols. Après une phase transitoire, ils se retrouvent majoritairement sous forme particulaire dans l'air ambiant (adsorbés sur les particules).
- Ces composés sont lipophiles : compte tenu de leur grande stabilité chimique, ils s'accumulent et persistent dans les graisses.
- Il n'existe pas pour ces composés de techniques de mesures en continu : on dose une quantité piégée ou déposée ou adsorbée (suivant la technique de prélèvement employée) pendant un temps donné, généralement long (au minimum, 15 jours).
- Les unités employées pour exprimer les résultats vont du ng/m^3 (ng = nanogramme = 10^{-9} g) à l'émission au $\text{pg}/\text{m}^2/\text{j}$ (pg = picogramme = 10^{-12} g) au niveau des retombées en passant par le fg/m^3 (fg = femtogramme = 10^{-15} g) dans l'air ambiant. Ces composés sont donc très faiblement concentrés, ce qui nécessite un soin et des précautions particuliers pour leurs prélèvements et leurs dosages, et rend difficile l'interprétation des résultats.

1.2 Voies de transfert dans l'environnement

Le schéma de la figure 1 résume les voies de transfert possibles des dioxines entre un point d'émission et l'exposition des cibles.

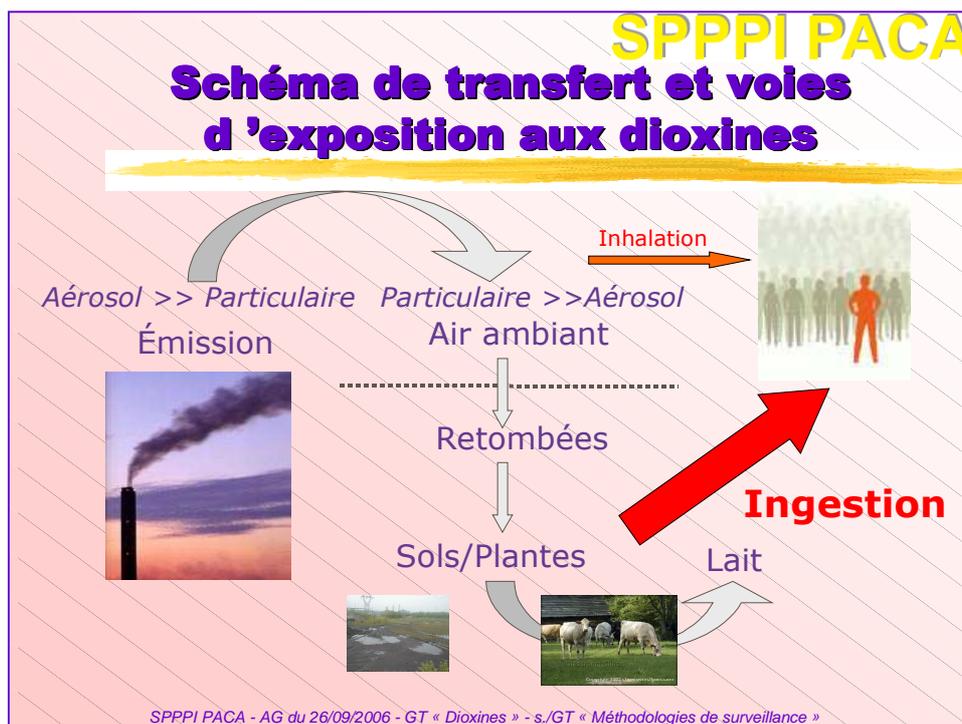


Figure 1

Dans l'air ambiant, les dioxines sont majoritairement particulaires. Les particules les plus grosses vont rapidement retomber et se déposer sur le sol et les plantes (On parle de la fraction sédimentable) ; les particules les plus fines demeureront en suspension plus longtemps.

Ainsi, pour l'homme, 2 voies d'exposition sont possibles :

- ❑ L'ingestion directe de légumes ou de fruits contaminés et/ou l'ingestion indirecte en consommant du lait contaminé. C'est la voie majoritaire, en particulier lorsque ces pratiques de cultures, d'élevage et de consommation existent.
- ❑ L'inhalation dans le cas contraire ou lorsque l'on se trouve à proximité de l'émission, là où les particules sont encore majoritairement en suspension.

Ces deux voies d'exposition guident directement les méthodes de prélèvement que l'on peut mettre en œuvre (cf. chapitre 3) :

- ❑ Dans tous les réseaux de surveillance, des prélèvements de dépôts particuliers sont systématiquement pratiqués.
- ❑ Dans les cas où la voie d'exposition par inhalation est pertinente, ils sont complétés par des prélèvements dans l'air ambiant à l'aide de préleveurs dynamiques.

1.3 Les compartiments de mesures

De l'émission jusqu'à l'exposition des cibles, on peut distinguer 3 compartiments de transfert (cf. figure 2).

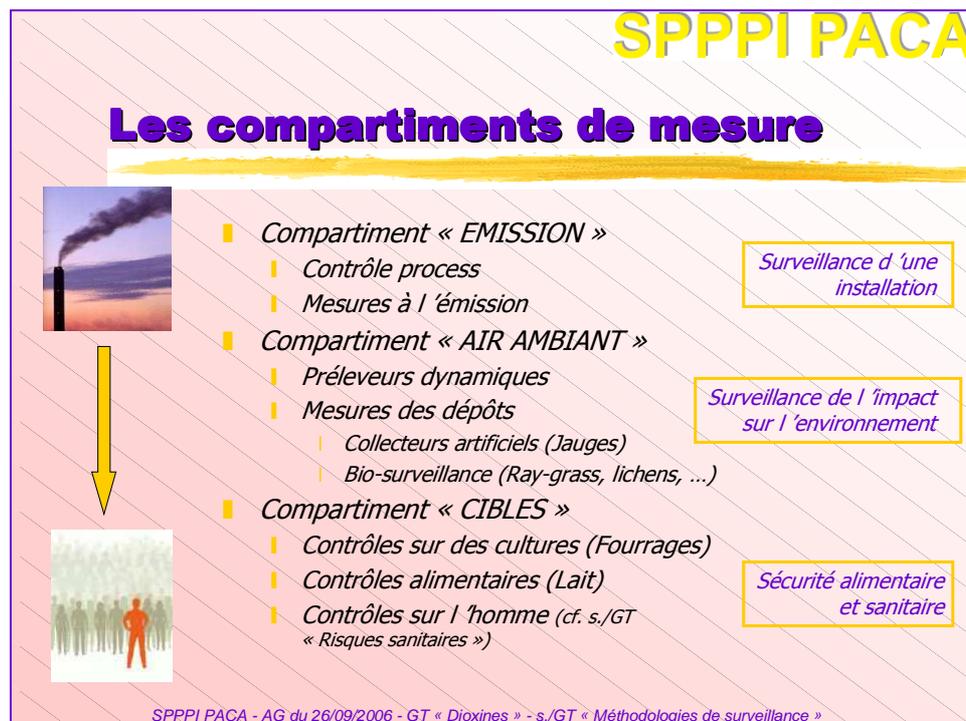


Figure 2

La mesure des dioxines peut être pratiquée dans chacun de ces compartiments sachant que :

- ❑ Plus on intervient à proximité de la source ou des sources (Compartiment « Emission »), moins les informations seront fiables en ce qui concerne l'exposition des populations.
- ❑ Plus on intervient à proximité des cibles, moins l'information sera pertinente en ce qui concerne l'origine de l'exposition, en particulier sur un site multi-émetteurs ou sur un site avec des sources exogènes importantes et non maîtrisées (Brûlages sauvages, par exemple).

Le compartiment « Air ambiant » offre un bon compromis entre ces deux alternatives et répond aux objectifs assignés à un réseau de surveillance ; il contient en effet la quasi-intégralité des dioxines émises, soit sous forme sédimentable, soit en suspension.

Ce compartiment est ainsi parfaitement cohérent avec les évaluations des risques sanitaires (ERS) réalisées pour les installations émettrices puisque les mesures que l'on peut y réaliser constituent les données d'entrée de l'ERS : on pourra ainsi efficacement maintenir un parallèle entre ces deux démarches en actualisant et en validant cette évaluation grâce aux mesures obtenues.

Un réseau de surveillance des dioxines se focalisera préférentiellement sur le compartiment « Air ambiant ». Néanmoins, les données:

- ❑ Seront complétées par les données issues de la surveillance de l'installation ou des installations, surveillance réglementaire pour les ICPE comme les mesures à l'émission.
- ❑ Pourront être complétées par des mesures dans le compartiment « Cibles » : contrôles sur les sols, contrôles sur les cultures, contrôles alimentaires (en particulier, sur le lait), voire des contrôles sur la population exposée.

Le choix de compléter la surveillance par des mesures sur les cibles dépendra essentiellement des attentes des différents acteurs, mais également du type et de la sensibilité du site et des zones à proximité (zones d'élevage, de cultures, ...).

2 NOMBRE ET LOCALISATION DES EMPLACEMENTS DE MESURES

Un réseau de surveillance des dioxines est spécifique à un site donné. Sa conception doit intégrer les caractéristiques de ce site, et parmi celles-ci :

- ❑ Données naturelles : Topographie - Hydrographie - Météo (Vents dominants), ...
- ❑ Habitats (Présence et localisation) : Urbain - Dispersé - Présence de jardins, ...
- ❑ Habitudes alimentaires, en particulier l'auto-production et la consommation de légumes et/ou de fruits

- ❑ Activités économiques (Présence et localisation) : Industrie - Type de cultures - Elevage - Pêche
- ❑ Cibles potentielles (Présence et localisation) : Fruits - Légumes - Fourrages - Populations humaines et animales
- ❑ Sources (Présence et localisation) : Site à surveiller - Autres industries - Transports - Sources exogènes (Brûlage, ...)

Dans un contexte donné, les emplacements des points de prélèvement sont choisis afin d'être en mesure d'identifier la contribution de la source ou des sources à surveiller. Ils doivent permettre également d'évaluer le bruit de fond et éventuellement la contribution de sources exogènes.

Dans le cas où une seule source est à surveiller, il est nécessaire d'identifier les zones de retombées maximales autour de l'installation comme le préconise « le bon sens » et la réglementation³.

Pour ce faire, deux méthodes peuvent être mises en œuvre :

- ❑ Si la surveillance concerne une installation en projet, seule la modélisation permet d'estimer le champ de concentrations dans l'air ambiant et de dépôts autour de la future installation.

Aucun modèle n'est préconisé ; il doit cependant être compatible avec la topographie du site étudiée : les modèles simples gaussiens conviennent dans la plupart des cas, sauf sur des sites à topographie très marquée où des modèles tridimensionnels devront être utilisés.

Quel que soit le modèle utilisé, les données d'entrée minimales nécessaires sont :

- ✓ Les paramètres d'émissions : hauteur et diamètre de la cheminée, vitesse d'éjection, température d'éjection, concentration ou flux massique en dioxines.
- ✓ Les paramètres météo : vitesse du vent, direction du vent, nébulosité.

Ces paramètres sont soit fournis par Météo France à partir de sa station la plus proche et/ou la plus représentative du site considéré, soit par une station locale dédiée au site, qui sera nécessaire dans tous les cas au moment de la réalisation des campagnes de prélèvement.

- ❑ Dans le cas d'installation(s) existante(s) ou d'un site particulièrement complexe, des mesures initiales dans l'environnement pourront compléter les résultats de la modélisation et renseigner sur ces zones de retombées maximales.

³ Par exemple, l'article 30 de l'arrêté du 20/09/2002 pour les UIOM qui, dans le cadre de la surveillance de l'impact de l'installation sur l'environnement, préconise « ... des mesures réalisées en des lieux où l'impact de l'installation est supposé être le plus important ... ».

Pour que ces mesures initiales restent simples et peu coûteuses, on pourra par exemple les réaliser en s'appuyant sur des prélèvements de lichens autochtones ou mettre en œuvre des « moss bags » (petits sacs de sphaignes) qui laissent une plus grande liberté dans le choix des points de prélèvement.

A partir des résultats de modélisation, représentés en iso-concentrations des dépôts au sol, la figure 3 donne un exemple de choix de points de prélèvement dans le cas simple d'un site avec une seule source à surveiller et une seule direction de vent. Ainsi :

- ❑ La zone d'implantation des points de prélèvement est délimitée par le périmètre autour de la source au delà duquel les valeurs ne sont plus significatives.
- ❑ Les points A, B et C sont placés sous les vents dominants dans la zone des retombées maximales : ce sont eux qui vont renseigner sur l'apport de l'installation.
- ❑ Les points E, D et F vont permettre d'apprécier le bruit de fond sur site (au sens des apports autres que ceux dûs à l'installation) avec chacun une spécificité :
 - ✓ Le point E apporte l'information concernant une source exogène.
 - ✓ Le point D est réellement le point de référence du site ; en outre, il se situe à proximité d'une zone à forte densité de population.
 - ✓ Le point F renseigne sur l'exposition potentielle d'une cible particulière, les cultures maraîchères.

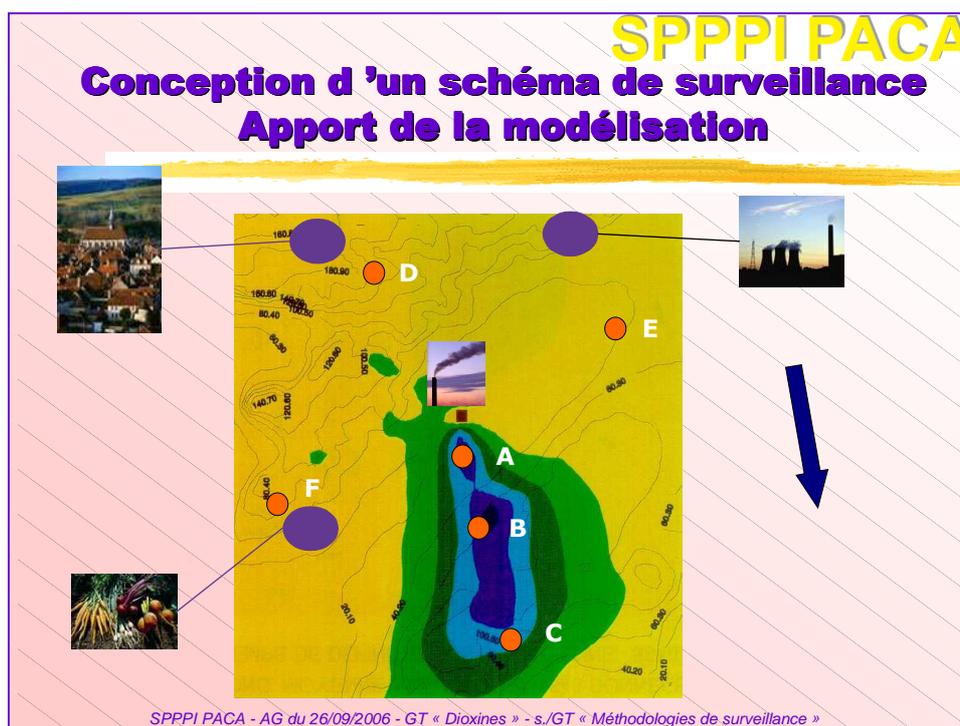


Figure 3

Dans cet exemple théorique, 6 points de prélèvement ont été implantés ; c'est le nombre moyen de points à retenir pour le suivi d'un site relativement simple.

Comme évoqué ci-après, l'interprétation des résultats des campagnes de mesures à partir d'un tel réseau porte essentiellement sur l'évolution dans le temps des données. Ainsi, il est très important que les emplacements choisis a priori le demeurent. Quelques modifications marginales pourront être tolérées après la première campagne de mesures ; en aucun cas, le réseau ne doit être chamboulé au risque de devenir rapidement inopérant.

Comme évoqué, il est recommandé d'installer une station météo complète et dédiée au site pour assurer un suivi permanent local. Ces informations sont toujours indispensables à l'interprétation des mesures quelle que soit la méthode de prélèvement choisie (cf. chapitre 3). L'expérience montre que le manque d'informations précises à ce sujet est bien souvent une limite à l'interprétation des campagnes.

3 CHOIX DES METHODES DE PRELEVEMENT

Le sous-groupe de travail s'est penché sur 4 méthodes pouvant être mises en œuvre lors de campagnes de mesures sur les emplacements préalablement sélectionnés, méthodes mises en œuvre dans la région PACA. Ce sont :

- ❑ Les préleveurs dynamiques (Figure 4)
- ❑ Les jauges artificielles (Figure 5)
- ❑ La bio-surveillance à partir de végétaux supérieurs allochtones - Ray-grass (Figure 6)
- ❑ La bio-surveillance à partir de lichens autochtones (Figure 7)

Les préleveurs dynamiques permettent de connaître en un point donné la concentration moyenne⁴ en gaz et en particules en suspension dans l'air ambiant pendant la période de prélèvement.

Les 3 autres méthodes sont des méthodes passives qui utilisent des surfaces de dépôt, artificielles ou naturelles. Elles permettent en un point donné de quantifier sur ces surfaces le dépôt de particules sédimentables qui s'accumule pendant la période de prélèvement.

Les avantages et inconvénients de chacune des méthodes par dépôt sont repris dans les fiches spécifiques fournies en annexe 1.

En résumé, concernant les avantages de chacune des méthodes :

- ❑ Préleveurs dynamiques : Méthode de prélèvement éprouvée - Retour d'expérience important - Mesure séparée de la fraction gazeuse et particulaire - Résultats directement corrélables avec la modélisation - Individualisation possible de périodes de courte durée (24 à 48 h) pendant la campagne (15 j au moins en règle générale) pouvant donner une information sur un épisode météo particulier.
- ❑ Jauges : Méthode normalisée (Prélèvement) - Maîtrise de la surface d'exposition - Résultats directement corrélables avec la modélisation - Actualisation de l'ERS - Existence de valeurs guides par type de milieux - Retour d'expérience très riche.

⁴ Ratio entre la quantité de gaz piégée et de particules prélevée dans l'air ambiant sur le volume d'air aspiré pendant le même temps.

- Ray-grass : Méthode normalisée - Mesure confondue de la fraction gazeuse et particulaire - Surface d'exposition importante = Forte sensibilité - Existence de valeurs guides par type de milieux - Existence d'une valeur réglementaire par assimilation au fourrage.
- Lichens : Mesure confondue de la fraction gazeuse et particulaire - Peu de contraintes matérielles = Simplicité de la méthode => Multiplication des points de prélèvement - Très forte sensibilité. Equivalence avec des recommandations allemandes.



Figure 4



Figure 5



Figure 6



Figure 7

□

Par rapport à la voie d'exposition majoritaire, un réseau de surveillance environnementale des dioxines doit mettre en œuvre prioritairement des méthodes par dépôt, sauf cas particuliers (par exemple, population exposée habitant à proximité de la source) où des préleveurs dynamiques peuvent se justifier.

Toutefois, il faut bien avoir à l'esprit qu'un réseau de surveillance n'est jamais mis en place uniquement pour la surveillance des seules dioxines. Par exemple, les polluants traceurs du risque sanitaire des installations de combustion comprennent, outre les dioxines, les métaux lourds et les poussières (PM 10).

Pour les métaux, la voie d'exposition par inhalation est pertinente et des préleveurs dynamiques seront mis en œuvre pour la quantifier ; ces préleveurs, que l'on va trouver ainsi associés aux méthodes par dépôt dans bon nombre de réseaux de surveillance des dioxines, permettront de compléter efficacement l'information.

4 CAS D'UN SITE MULTI-EMETTEURS

Dans le cas d'un site où plusieurs sources d'émissions coexistent, il est la plupart du temps difficile d'évaluer l'apport respectif de chacune des sources à la pollution globale en dioxines mesurée.

En effet, la méthode basée sur la comparaison du profil des 17 congénères dosés (« la signature ») ne donne pas pour l'instant de résultats probants⁵. Les difficultés d'interprétation sont dues aux superpositions de profils et aux distorsions de profils entre l'émission et le point de mesure..

Dans ce cas, 2 possibilités permettent de résoudre partiellement ce problème :

- ❑ Densifier les points de prélèvement en fonction de la localisation des différentes sources.
- ❑ Prendre en compte la mesure d'autres polluants, en particulier les métaux. En effet, le profil des métaux trouvé en un point reflète plus fidèlement le profil à l'émission que le profil des congénères des dioxines. Cette possibilité suppose cependant que le rapport Dioxines/Métaux mesuré à l'émission des différentes sources reste valable dans l'environnement du site.

5 DEROULEMENT D'UNE CAMPAGNE - INTERPRETATION DES RESULTATS

Une campagne désigne la mise en place des matériels de prélèvements sur les emplacements préalablement choisis ou le prélèvement sur ces emplacements des espèces autochtones (Cas des lichens).

A partir d'un réseau de surveillance préalablement conçu, il est réalisé la première année de fonctionnement, 2 campagnes de prélèvement à des dates en rapport avec la météo de la zone.

⁵ Des travaux sur ce sujet sont en cours dans l'industrie cimentière.

Les autres années de fonctionnement, ces 2 campagnes seront maintenues si des conditions météo⁶ radicalement différentes existent pendant l'été et l'hiver. Si les conditions météo sont relativement constantes tout au long de l'année, une campagne pourra suffire que l'on mettra en œuvre pendant la période où les résultats les plus élevés ont été trouvés pendant la première année.

Compte tenu des niveaux extrêmement faibles mesurés, il va sans dire que l'interprétation des résultats des campagnes de mesure des dioxines est délicate.

En premier lieu se pose le problème de la limite de quantification des méthodes mises en œuvre.

Ensuite, en matière de qualité, des précautions doivent être prises lors des campagnes afin de disposer de résultats significatifs. Il peut s'agir de la réalisation :

- D'un blanc de site, qui est inhérent aux méthodes nécessitant des préleveurs amenés sur site et qui doit être systématique pour toute campagne.
- Eventuellement, d'ajout dosé des différents congénères marqués prévus par la norme NF EN 1948-1, et de la quantification de ces marqueurs afin d'évaluer les pertes éventuelles en cours de campagne.

En outre, l'interprétation des résultats ne peut s'appuyer sur des valeurs réglementaires qui n'existent pas quelle que soit la méthode employée. On pourra par contre comparer les résultats aux valeurs moyennes par type de milieux que l'on peut trouver dans la littérature (cf. Tableaux 1, 2, 3 et 4).

Zone	fg I-TEQ/m ³
Rurale éloignée	< 10
Rurale	20 - 50
Urbaine ou industrielle	100 - 400

Tableau 1 : Concentrations typiques des dioxines à l'air ambiant (Préleveurs dynamiques)

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

Tableau 2 : Concentrations typiques des dioxines dans les jauges

⁶ Il s'agit surtout des vents, en force et en direction.

Zone	pg I-TEQ/g d'extrait sec
Rurale	0,2 - 1,86
Urbaine	1,56 - 3,16
A proximité d'une UIOM	0,21 - 4,54

Tableau 3 : Concentrations typiques des dioxines dans l'herbe

Zone	pg I-TEQ/g d'extrait sec
Rurale	1,9 - 2,1
Urbaine	2,1 - 3,3
A proximité d'une UIOM	2,5 - 3,8

Tableau 4 : Concentrations typiques des dioxines dans les lichens

L'interprétation ne peut donc être faite qu'en relatif d'une campagne sur l'autre et c'est surtout aux évolutions ou aux tendances constatées (augmentation ou diminution des concentrations) qu'il faudra qu'elle s'attache.

Ainsi, un réseau de surveillance des dioxines dans l'environnement nécessite un suivi sur plusieurs années avant de disposer de résultats significatifs interprétables ; il est adapté au suivi de la pollution chronique d'une ou de plusieurs installation(s) sur le long terme ; en aucun cas, il ne peut répondre à la problématique de pollution accidentelle qui est du domaine du contrôle des paramètres du process.

Pour pouvoir interpréter les résultats, il est impératif de disposer des éléments de fonctionnement des installations émettrices et en particulier, de programmer le contrôle des émissions pendant la campagne.

ANNEXE 1

N.B. : Les fiches suivantes ont été renseignées par les membres du s.GT ; quelques experts extérieurs sollicités ont complété l'information.

Chaque technique de mesures a été classée suivant différents paramètres. L'échelle de cotation est donnée dans le tableau suivant :

--	<i>Sans intérêt</i>	+	<i>Pertinent</i>
-	<i>Peu pertinent</i>	++	<i>Très pertinent</i>

Grille d'analyse Surveillance – Mesures dans l'environnement		
Technique analysée : COLLECTEURS DE PRECIPITATION – JAUGES		
Utilité de la mesure		
Paramètres	Cotations	Commentaires
Possibilité de lien avec une modélisation des retombées	++	Seule technique permettant de corréler directement les mesures (Quantité déposée par unité de surface) avec les résultats de la modélisation
Possibilité de lien avec des aspects sanitaires	+	Permet d'actualiser l'ERS initiale
Possibilité de lien avec des aspects de sécurité alimentaire	--	
Possibilité d'estimer une évolution des retombées dans le temps (préciser fréquence)	+	Tous les 2 mois (au minimum), durée minimale d'une campagne. Toutefois, l'évolution doit être examinée sur plusieurs années en comparant les résultats d'une même période.
« Lisibilité » des résultats – Communication avec les riverains	-	Technique stricto-sensu peu « lisible » - Toutefois, l'évolution des résultats sur plusieurs campagnes est plus parlante
Durée minimale des mesures pour des résultats représentatifs (hors délai d'analyses)	+,-	2 mois minimum pour s'affranchir des aléas atmosphériques ponctuels – Technique non adaptée en cas de crise – 3 à 4 campagnes nécessaires pour se faire une idée
Permet le choix de la durée des mesures	-	Au delà de 2 mois
Représentativité du profil des congénères pour identifier les sources	-	Difficulté inhérente à toutes les techniques par dépôt. Particules fines mal captées => Distorsion au profit des congénères les plus chlorés
Permet la mesure d'un bruit de fond	++	A condition de disposer d'un point de mesure non impacté

Mise en œuvre		
Paramètres	Cotations	Commentaires
Existence d'une norme de prélèvement	++	Normes française (X43-006 / 1974), internationale (ISO 4222.2 / 1989), allemande (VDI 2119 / 1996)
Existence d'une norme d'analyse	++	US EPA 3545 pour le dosage
Contrainte matérielle liée à la mise en oeuvre	+	A mentionner : Présence d'autres émetteurs, protection contre le vandalisme
Contrainte matérielle liée à l'entretien	++	Technique totalement autonome
Risque de vandalisme	--	
Niveau de qualification requis pour la mise en œuvre	+	
Niveau de qualification requis pour l'entretien	++	
Coût moyen d'une campagne	-	4 k€/point de mesures, analyses comprises

Qualité		
Paramètres	Cotations	Commentaires
Sensibilité à la mesure des dioxines	+	La limite de détection est d'autant plus élevée que la durée d'exposition est faible
Répétabilité de la méthode	++	Seule technique par dépôt où l'on maîtrise parfaitement la surface d'exposition
Reproductibilité de la méthode	++	Idem
Maturité/Retour d'expérience de la méthode	++	Technique très mature qui dispose d'un retour d'expérience sur un nombre important de campagnes
Fraction mesurée (gazeuse et/ou particulaire)	+	Uniquement la fraction particulaire, qui représente toutefois la forme majoritaire dans l'air ambiant loin de l'émission
Nombre et aptitude des laboratoires à effectuer les mesures (nombre, qualité, délais...)	++	Plusieurs laboratoires accrédités COFRAC et agréés par le MEDD

Analyse des résultats		
Paramètres	Cotations	Commentaires
Corrélation des résultats avec les sources (quantitatif / qualitatif)	+	Dépend fortement de l'implantation des jauges La corrélation ne peut être avérée que sur un suivi sur plusieurs années
Possibilité de distinction de différentes sources	--	Difficulté inhérente à toutes les techniques par dépôt Peut être facilitée si mesure d'autres polluants (métaux)
Existence de valeurs réglementaires	--	
Existence de valeurs guide	+	Par type de milieu (Rural, urbain, industriel, ...)
Possibilité de biais par des apports de dioxines provenant de milieux autres que celui analysé	--	Inhérente à toutes les techniques par dépôt - Possibilité de maîtriser ce biais par l'implantation adéquate des points de mesures
Dépendance des résultats avec conditions météorologiques, caractéristiques édaphiques (du sol)	+	Dépendance de la météo (précipitations) - Aucun lien avec le sol

Grille d'analyse Surveillance – Mesures dans l'environnement

Technique analysée : BIO-SURVEILLANCE AVEC DES VEGETAUX SUPERIEURS ALLOCHTONES : CAS DU RAY-GRASS

Utilité de la mesure

Paramètres	Cotations	Commentaires
Possibilité de lien avec une modélisation des retombées	-	Difficile, car la liaison est indirecte et nécessite d'utiliser un modèle de transfert (type HHRAP, CalTox)
Possibilité de lien avec des aspects sanitaires		cf. ci-dessous
Possibilité de lien avec des aspects de sécurité alimentaire	-	Contrairement à certains produits (lait), il n'existe pas de valeurs limites réglementaires. Néanmoins, en considérant le ray-grass comme du fourrage, on peut se rapprocher des valeurs réglementaires concernant l'alimentation animale (Dir. 2006/13/CE du 3/02/2006)
Possibilité d'estimer une évolution des retombées dans le temps (préciser fréquence)	-	Technique non utilisable l'été et l'hiver, période de dormance des végétaux. Pour les autres périodes, possible en relatif mais sur plusieurs années
« Lisibilité » des résultats – Communication avec les riverains	-	La communication est assez difficile
Durée minimale des mesures pour des résultats représentatifs (hors délai d'analyses)	+,-	28 +/- 2 j. (Exposition normalisée) - Technique non adaptée en cas de crise – 3 à 4 campagnes sont nécessaires pour se faire une idée
Permet le choix de la durée des mesures	-	Non, car la technique est dépendante des saisons + cf. ci-dessus
Représentativité du profil des congénères pour identifier les sources	--	Difficulté inhérente à toutes les méthodes par dépôt. En cas d'émetteur unique, on ne retrouve pas forcément sa signature
Permet la mesure d'un bruit de fond	++	A condition de disposer d'un point de mesure non impacté

Mise en œuvre		
Paramètres	Cotations	Commentaires
Existence d'une norme de prélèvement	++	France : Norme NF X 43-901 Allemagne : VDI 3957-2 pour les graminées type ray-grass (N.B. : VDI 3957-3 pour le chou)
Existence d'une norme d'analyse	++	USA : EPA 3545 pour le dosage des PCDD/F
Contrainte matérielle liée à la mise en oeuvre	-	Forte contrainte saisonnière : La mesure ne peut être faite qu'au printemps et à l'automne. A mentionner : présence d'autres émetteurs, protection contre le vandalisme.
Contrainte matérielle liée à l'entretien	-	Arrosage 1 fois/semaine, contraignant suivant la localisation des points de mesures – Contrainte liée à la qualité de l'eau si l'on mesure les métaux
Risque de vandalisme	+	Faible, car il n'y a pas de matériel attirant
Niveau de qualification requis pour la mise en œuvre	-,+	Préparation des cultures délicates – Peu de qualification pour la mise en place
Niveau de qualification requis pour l'entretien	++	Jardinier « non fumeur »
Coût moyen d'une campagne	-	3 à 5 k€/point de mesures

Qualité		
Paramètres	Cotations	Commentaires
Sensibilité à la mesure des dioxines	++	Surface d'exposition importante
Répétabilité de la méthode	-	Non maîtrise de la surface d'exposition (Croissance) et des saisons
Reproductibilité de la méthode	-	Idem
Maturité/Retour d'expérience de la méthode	+	REX plus faible que pour les jauges En service depuis 1999 chez ARCELOR (Fos)
Fraction mesurée (gazeuse et/ou particulaire)	++	Forme particulaire (déposée sur les feuilles) et gazeuse (absorbée par les feuilles)
Nombre et aptitude des laboratoires à effectuer les mesures (nombre, qualité, délais...)	-	Nécessité d'un personnel qualifié pour préparer, mettre en place et suivre les plants => Peu de laboratoires opérationnels

Analyse des résultats		
Paramètres	Cotations	Commentaires
Corrélation des résultats avec les sources (quantitatif / qualitatif)	+	Dépend de l'implantation des points d'exposition La corrélation ne peut être avérée que sur un suivi sur plusieurs années (Idem jauges)
Possibilité de distinction de différentes sources	--	Difficulté inhérente à toutes les techniques par dépôt Peut être facilitée si mesure d'autres polluants (métaux)
Existence de valeurs réglementaires	-	Non, sauf à se rapprocher des valeurs limites édictées pour le fourrage (cf. ci-dessus)
Existence de valeurs guide	+	Résultats par type de milieu (idem jauges)
Possibilité de biais par des apports de dioxines provenant de milieux autres que celui analysé	--	Inhérente à toutes les techniques par dépôt - Possibilité de maîtriser ce biais par l'implantation adéquate des points de mesures
Dépendance des résultats avec conditions météorologiques, caractéristiques édaphiques (du sol)	-	Forte dépendance de la météo pendant la période d'exposition : une partie du dépôt peut être perdue si une forte pluie survient avant le prélèvement – Peu du sol car culture standardisée

Grille d'analyse Surveillance – Mesures dans l'environnement

Technique analysée : BIO-SURVEILLANCE AVEC DES LICHENS AUTOCHTONES

Utilité de la mesure

Paramètres	Cotations	Commentaires
Possibilité de lien avec une modélisation des retombées	-	Difficile, car la liaison est indirecte et nécessite d'utiliser un modèle de transfert
Possibilité de lien avec des aspects sanitaires	++	Plus que pour les autres méthodes par dépôt, permet un zonage plus précis des retombées en multipliant le nombre de prélèvements sous réserve de la présence de lichens
Possibilité de lien avec des aspects de sécurité alimentaire	--	
Possibilité d'estimer une évolution des retombées dans le temps (préciser fréquence)	+	Le contenu interne des lichens est en équilibre avec la concentration en PCDD/F de l'atmosphère.
« Lisibilité » des résultats – Communication avec les riverains	+	Support naturel = Lisibilité du public facilitée
Durée minimale des mesures pour des résultats représentatifs (hors délai d'analyses)		Exposition permanente
Permet le choix de la durée des mesures		Exposition permanente
Représentativité du profil des congénères pour identifier les sources	-	Difficulté inhérente aux méthodes par dépôt
Permet la mesure d'un bruit de fond	++	A condition de réaliser un prélèvement dans une zone non impactée

Mise en œuvre		
Paramètres	Cotations	Commentaires
Existence d'une norme de prélèvement	--	Méthode brevetée en cours de normalisation
Existence d'une norme d'analyse	--	Pas de norme pour la préparation des échantillons EPA 3545 pour le dosage des PCDD/F.
Contrainte matérielle liée à la mise en oeuvre	++	Présence de lichens autochtones
Contrainte matérielle liée à l'entretien	++	Aucune
Risque de vandalisme	++	Aucun
Niveau de qualification requis pour la mise en œuvre	--	Lichénologue !
Niveau de qualification requis pour l'entretien	++	Pas d'entretien
Coût moyen d'une campagne	++	En routine, de 5 à 20 k€ suivant le nombre de points de prélèvement

Qualité		
Paramètres	Cotations	Commentaires
Sensibilité à la mesure des dioxines	++	Surface d'exposition importante
Répétabilité de la méthode	+	Maîtrise de la surface d'exposition meilleure que pour les végétaux supérieurs car la croissance est lente
Reproductibilité de la méthode	+	Idem
Maturité/Retour d'expérience de la méthode	-	REX plus faible que pour les autres méthodes par dépôt – En service depuis 2004 chez SOLAMAT (Fos)
Fraction mesurée (gazeuse et/ou particulaire)	++	Forme particulaire par dépôt et gazeuse par assimilation
Nombre et aptitude des laboratoires à effectuer les mesures (nombre, qualité, délais...)	--	Un seul prestataire sur le marché

Analyse des résultats		
Paramètres	Cotations	Commentaires
Corrélation des résultats avec les sources (quantitatif / qualitatif)	+	Dépend fortement de l'implantation des points d'exposition. La corrélation ne peut être avérée que sur un suivi sur plusieurs années
Possibilité de distinction de différentes sources	--	Difficulté inhérente à toutes les techniques par dépôt Peut être facilitée si mesure d'autres polluants (métaux)
Existence de valeurs réglementaires	--	
Existence de valeurs guide	-	Résultats par type de milieu (idem jauges)
Possibilité de biais par des apports de dioxines provenant de milieux autres que celui analysé	--	Inhérente à toutes les techniques par dépôt - Possibilité de maîtriser ce biais par l'implantation adéquate des points de mesures
Dépendance des résultats avec conditions météorologiques, caractéristiques édaphiques (du sol)	-	Peu du sol car les lichens n'ont pas de racines Forte dépendance vis-à-vis de la météo, en particulier des précipitations.



SECRETARIAT PERMANENT POUR LES PROBLÈMES DE POLLUTION INDUSTRIELLE EN RÉGION PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR

SPPPI-PACA

Secrétariat du SPPPI assuré par la :
Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE)
67-69 avenue du Prado
13286 Marseille cedex 6
Tél : 04 91 83 63 63
Site Internet : www.spppi-paca.org