



INSTITUT NATIONAL DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET DES RISQUES

Méthode de surveillance des retombées des dioxines et furanes autour d'une UIOM

Rapport final

MATE/SEI

M. DURIF

AIRE

Direction des Risques Chroniques

1 DECEMBRE 2001

Méthode de surveillance des retombées des dioxines et furanes autour d'une UIOM

Rapport final

MATE/SEI

1 DECEMBRE 2001

MARC DURIF

Ce document comporte 24 pages (hors couverture et annexes).

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Marc DURIF	Serge COLLET	Rémi PERRET
Qualité	Ingénieur de la DRC	Ingénieur de la DRC	Responsable de l'unité AIRE
Visa			

TABLE DES MATIERES

1. RÉSUMÉ	3
2. GLOSSAIRE	4
3. INTRODUCTION	5
4. MILIEUX POSSIBLES D'ANALYSES DES DIOXINES ET FURANES	5
4.1 Emissions de l'UIOM.....	5
4.2 Mesures à l'air ambiant.....	6
4.3 Mesures des dépôts.....	7
4.3.1 Collecteurs de précipitation.....	7
4.3.2 Parties aériennes des végétaux	8
4.3.3 Concentrations dans les sols.....	9
4.4 Analyses dans le lait.....	10
5. MÉTHODOLOGIE DE SURVEILLANCE.....	12
5.1 Point 0	12
5.2 Point 1	14
5.3 Surveillance en routine.....	14
5.4 Contrôles qualité	14
5.5 Exploitation des résultats	14
5.6 Justification des valeurs limites.....	17
5.7 Localisation des points de prélèvement autour de la future UIOM	17
5.7.1 Inventaires des sources de dioxines et furanes aux voisinages de la future installation	17
5.7.2 Modélisation des retombées autour de l'UIOM.....	18
5.7.3 Exemple d'emplacement des points de prélèvements	19
5.8 Coût estimatif du programme de surveillance.....	22
6. CONCLUSION	23
7. RÉFÉRENCES	24

1. RESUME

Ce rapport présente les différentes méthodes utilisées pour apprécier la pollution par les dioxines et furanes au voisinage d'une source émettrice.

Sur la base des avantages et des inconvénients de chacune de ces méthodes, un protocole est choisi afin de réaliser un état des lieux des retombés de dioxines et furanes autour d'un futur site d'implantation d'une unité d'incinération des ordures ménagères (UIOM).

Ce protocole peut également servir de programme de surveillance et d'identification de l'origine des retombées autour de l'installation lorsque celle-ci sera en fonctionnement.

La méthode proposée par l'INERIS repose sur l'utilisation de jauges de retombées autour de l'installation. Les points de prélèvements sont placés en fonction des sorties d'un modèle de calcul de la dispersion des émissions autour de l'UIOM.

2. GLOSSAIRE

- Dioxines et furanes : Composés organo-chlorés, composés de deux cycles aromatiques, d'oxygènes et de chlores (Figure 1). Ces molécules se forment essentiellement lors de phénomènes de combustion mal maîtrisés ou dont l'efficacité n'est pas maximale. Leur synthèse nécessite au minimum la présence de composés halogénés (généralement sous formes d'halogénures métalliques), d'un catalyseur (le cuivre, le fer...) ou de précurseurs (molécules de structure chimique proche de celle des dioxines). Les dioxines et furanes sont des composés stables donc peu biodégradables, à caractère lipophile donc bio-cumulatif. Les dioxines sont au nombre de 75 et les furanes au nombre de 135, on parle de congénères. Sur ces 210 congénères seuls 17 (substitués en 2,3,7,8) sont actuellement considérés comme toxiques. Ces 17 congénères n'ont pas le même degré de nocivité.

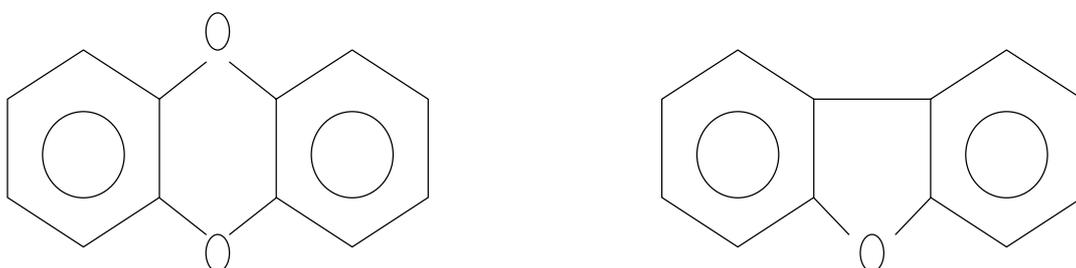


Figure 1 : Représentations des dioxines (dessin de gauche) et furanes (dessin de droite).

- I.TEQ : International Toxic Equivalent. C'est le coefficient attribué à chaque congénère, proportionnellement à son degré de nocivité. Ces coefficients s'échelonnent entre 1 et 0.001. Les concentrations mesurées sont donc exprimées en I.TEQ en fonction des différentes dioxines et furanes présentes dans l'échantillon en utilisant la formule suivante :

$$I.TEQ = \sum_1^{17} \text{Concentration en congénère } i \times I.TEF_i$$

Exemples : C_1 de Diox₉ ($I.TEF_9=1$) et C_2 de Fura₁₄ ($I.TEF_{14}=0.1$) donnera

$$C_{I.TEQ} = C_1 \times 1 + C_2 \times 0.1$$

- mg : milli gramme = 10^{-3} g = 0.001 g
- µg : micro gramme = 10^{-6} g
- ng : nano gramme = 10^{-9} g
- pg : pico gramme = 10^{-12} g
- fg : femto gramme = 10^{-15} g

- UIOM : Unité d'Incineration d'Ordures Ménagères.

3. INTRODUCTION

L'objet de cette étude est de proposer une méthode de suivi des retombées des dioxines et furanes autour d'un incinérateur d'ordures ménagères.

Nous avons opté pour une méthode dont la mise en œuvre est simple et robuste.

Ce travail a été réalisé en collaboration avec Hervé PERNIN et s'appuie sur les principaux résultats d'une étude bibliographique précédemment réalisée par l'INERIS (NOMINE, 1999) mais également sur l'expérience opérationnelle de l'INERIS en ce domaine (divers affaires d'expertises auprès de clients tiers).

4. MILIEUX POSSIBLES D'ANALYSES DES DIOXINES ET FURANES

Il est possible d'analyser les dioxines et furanes dans les différents milieux de leur transfert à l'environnement depuis leur point d'émission. Cependant, ces différentes matrices ne permettent pas toutes de déterminer sans ambiguïté leur origine et/ou les quantités accumulées.

4.1 EMISSIONS DE L'UIOM

Si les émissions diffuses sont négligeables (notamment par la maîtrise parfaite des mâchefers, résidus d'épuration des fumées, des eaux de lavage épurées...), un niveau de concentration à l'émission ne dépassant pas la valeur réglementaire de 0.1 ng I.TEQ/Nm³ (circulaire ministérielle du 24 février 1997) est suffisant pour garantir une exposition de la population par voie alimentaire inférieure ou égale à 0.3% de la dose journalière admissible recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (1pg/kg/j) (INSERM, 2000).

Le suivi périodique de la concentration en dioxines et furanes à la cheminée permet de valider le bon fonctionnement de l'installation et notamment de son système de traitement de fumées. Cette périodicité sera fixée dans l'arrêté d'autorisation préfectorale. Pour des raisons de coûts cette périodicité ne peut-être élevée, cependant d'autres paramètres peuvent témoigner d'un bon fonctionnement de l'installation (opérations de maintenance régulière, température de combustion de 850°C maintenue pendant au moins deux secondes, suivi en continu des rejets atmosphériques en CO, SO₂, NO_x, HCl, COVT...).

L'article 11 de la directive 2000/76/CE du Parlement européen et du Conseil du 4 décembre 2000 sur l'incinération des déchets fixe des exigences en matière de mesures à l'émission et sur leur périodicité. Elles peuvent servir de valeur guide. Il précise notamment pour les dioxines et furanes les fréquences suivantes :

'Au moins deux mesures par an des métaux lourds, des dioxines et des furanes; toutefois, au cours des douze premiers mois d'exploitation, une mesure est effectuée au moins tous les trois mois.'

4.2 MESURES A L'AIR AMBIANT

Partant des émissions à la cheminée, la mesure des dioxines et furanes à l'air ambiant correspond à une première étape de dispersion des dioxines et furanes dans l'environnement. Il n'existe pas de réglementation fixant des niveaux à ne pas dépasser à l'air ambiant, cependant les résultats de mesure peuvent être comparés à ceux couramment mesurés dans différents environnements.

Une compilation de données récentes donne les valeurs suivantes :

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

Tableau 1 : Concentrations typiques de dioxines et furanes à l'air ambiant (LHOMAN, JONES 1998)

L'examen comparatif des profils de congénères à l'émission et à l'air ambiant peut donner une indication sur l'identification de la source de dioxines et furanes.

Cependant cette méthode nécessite la mise en place d'appareillage lourd (coûts et logistiques) sur des périodes longues pour d'une part prélever des quantités quantifiables et d'autres part lisser les variations ponctuelles des conditions météorologiques aux alentours du site évalué.

Il est donc délicat d'intégrer cette méthode dans un plan de surveillance en continu car elle nécessiterait une mesure en continu des émissions à la source et dans l'air ambiant sous le vent de la source, pour permettre une comparaison des profils de congénères.

De plus, cette mesure ne donnerait que peu d'information sur le transfert effectif des dioxines et furanes vers le milieu récepteur final qui est le sol et les produits cultivés à sa surface. Et comme il est admis que l'exposition moyenne des populations se fait à plus de 95% par voie alimentaire, en particulier par ingestion de graisse animales, et à seulement 5% par inhalation (INSERM, 2000), cette méthode reste donc aussi limitée pour la quantification de l'impact environnemental et/ou sanitaire d'une source.

Les avantages et inconvénients de la méthode sont résumés dans le tableau suivant :

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 à 72 heures), la soumission aux variations météorologiques est forte (On conseille un mois d'exposition).
Base de données importantes de concentrations	

Tableau 2 : Avantages et inconvénients des mesures à l'air ambiant (NOMINE, 1999)

4.3 MESURES DES DEPOTS

Les dépôts sont une étape supplémentaire dans la chaîne de transfert qui va de la source à l'exposition humaine. La mesure des concentrations de ces dépôts intermédiaires entre la concentration dans l'air ambiant et le milieu récepteur peut présenter de ce fait un intérêt non négligeable.

4.3.1 Collecteurs de précipitation

Là non plus il n'existe pas de niveau réglementaire mais des valeurs typiques peuvent servir de référence aux résultats de mesures comme celle proposés par H.FIEDLER :

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

Tableau 3 : Concentration typique de dioxines et furanes dans des collecteurs de précipitations (NOMINE, 1999)

Les temps de prélèvement sont nettement supérieurs à ceux pratiqués à l'air ambiant puisqu'ils s'échelonnent entre un et deux mois et intègrent donc les variations météorologiques ponctuelles. Ces mesures sont assez représentatives de ce qui est déposé sur le sol, cependant la fraction gazeuse et les particules fines seront faiblement captées par ce type de système passif et on peut s'attendre théoriquement à une distorsion des profils de congénères en faveur des dioxines et furanes les plus chlorés. Cependant, la pratique ne semble pas confirmer cet inconvénient (WALLENHORST, 1997 ; LIEBL et al. ,1993).

Les avantages et inconvénients de la méthode sont résumés dans le tableau suivant :

Avantages	Inconvénients
Mise en œuvre simple. Système autonome	Limite de détection élevée (surface d'exposition faible) si faible durée d'exposition
Moins sensibles aux variations météorologiques à court terme. Période d'intégration plus longue (1 à 2 mois)	Risque possible de distorsion des profils des congénères. Identification de la source plus délicate
Systèmes de prélèvements validés	

Tableau 4 : Avantages et inconvénients des mesures de retombées sur des surfaces artificielles. (NOMINE, 1999)

4.3.2 Parties aériennes des végétaux

La plupart du temps ces végétaux sont cultivés dans des pots sans contact direct avec la terre pour éviter toutes interférences éventuelles avec des pollutions de sols (pesticides, épandages...) et pour mieux maîtriser les temps d'exposition.

Par rapport aux surfaces artificielles, les végétaux présentent l'intérêt d'avoir une surface d'échange beaucoup plus importante et de refléter plus précisément les dépôts entrant dans la chaîne alimentaire que les surfaces artificielles.

En contrepartie, cette surface est mal connue (et elle évolue dans le temps), et les concentrations mesurées en pg/g de végétal ne peuvent pas être traduites en pg/m².

Lorsque l'on utilise les parties aériennes des végétaux à des fins métrologiques c'est pour leur capacité intégrative des retombées à leur surface (grande surface d'exposition) et non pour en faire un objet de suivi de la qualité sanitaire des produits de consommation.

Notons également que dans le cas de végétaux "naturels", le temps total d'intégration n'est pas connu, ce qui rend difficile une expression des résultats en pg par unité de temps.

Par conséquent, à moins que des essais de validation particulièrement poussés soient réalisés, les concentrations obtenues dans les végétaux ne peuvent être utilisées que par comparaison à des espèces comparables. Les comparaisons inter espèces sont en effet peu significatives, de même que leur comparaison avec des flux de dépôts.

Il n'existe pas de valeurs réglementaire exclusive (au sens d'une interdiction de consommation). Pour référence nous citerons les concentrations moyennes relevés dans différents « bio indicateurs ».

Les choux

Zone	ng ITEQ/kg sec
Rurale et abords des villes	0,4 à 2,2 (moyenne 1,05)
Villes et zones industrielles	2,2 à 6 (moyenne 3,15)
Proximité d'une source	2,2 à 10 (moyenne (7.04)

Tableau 5 : Classification des sites selon TÜV (BIOMONITOR, 1997)

L'herbe

Type de zone	ng ITEQ/kg sec	Fourchette
Zone rurale	0.47	0.2 – 1.86
Zone urbaine	2.63	1.56 – 3.16
Zone de proximité UIOM	2.96	0.21 – 4.54

Tableau 6 : Concentration dans l'herbe standardisée (NOBEL, 1993)

D'autres bio indicateurs peuvent être utilisés comme les lichens ou les salades mais peu de références existent pour caractériser les concentrations dans ces différents supports.

Les avantages et inconvénients de la méthode sont résumés dans le tableau suivant :

Avantages	Inconvénients
Mise en œuvre simple. Système autonome	Surface d'exposition croissante
Intégration longue	Pas de raccord possible avec les dépôts (pg/m ²)
	Systèmes de prélèvements non validés

Tableau 7 : Avantages et inconvénients des mesures de retombées sur des surfaces naturelles.

4.3.3 Concentrations dans les sols

Les sols sont le réceptacle ultime des dépôts de dioxines et furanes. Elles y ont une durée de vie très longue ; demi-vie estimée à plusieurs dizaines d'années en sous-sol et une dizaine d'années en surface. Les dioxines et furanes se diffusent mal dans le sol puisque 80% des dioxines et furanes se retrouvent dans les 15 premiers centimètres du sol. (BRZUZY, 1995)

Ce milieu ne peut-être utilisé pour suivre des variations à court terme de dépôts de dioxine et reflète une pollution cumulée. L'historique du site doit être parfaitement connu avant de choisir les points de prélèvement et cela sur une période de 75 ans (BRZUZY 1995).

Du fait de cet effet mémoire du sol et pour éviter tous biais des résultats, le site doit être plat, végétalisé, non soumis à l'érosion ou à des inondations, exempt d'épandages et de pesticides. Pour cette raison son utilisation sur des sols agricoles nous semble délicate.

Il n'existe pas de valeur réglementaire en France qui fixerait des seuils à ne pas dépasser. Cependant en Allemagne, des valeurs de classification des sols fixent l'utilisation des sols en fonction des concentrations mesurées. Ces valeurs de classification sont basées sur l'analyse des sols et non de la production issue de ceux-ci.

	pg I-TEQ/g
Valeur cible	5
Valeur justifiant un contrôle des produits alimentaires produits	5 à 40
Restriction des cultures	> 40

Tableau 8 : Concentrations en dioxines et furanes fixant l'utilisation des sols en Allemagne.

A notre connaissance il n'existe pas de projet d'harmonisation de ces valeurs de classification au niveau européen.

Les avantages et inconvénients de la méthode sont résumés dans le tableau suivant :

Avantages	Inconvénients
Base de données importante	Maîtrise de l'historique du site nécessaire
Facile à mettre en œuvre	Variabilité des résultats importante, nécessitant un nombre important de prélèvements
	Distorsions des profils

Tableau 9 : Avantages et inconvénients des mesures de dioxines et furanes dans les sols.

4.4 ANALYSES DANS LE LAIT

L'analyse des dioxines et furanes dans le lait de mélange (coopérative) n'est pas l'outil idéal d'un programme de surveillance d'une installation mais du suivi des qualités sanitaires du lait.

En effet, le système de collecte du lait ne permet pas de connaître avec exactitude les surfaces de pâture représentatives du lait collecté et de faire la part entre les différents cas de figure (zones exposées à la source surveillée ou à une autre, zone de référence).

Le lait est la seule matrice soumise à des valeurs réglementaires 'exclusives' ; c'est à dire au-delà desquels un aliment est considéré comme impropre à la consommation. (Tableau 10)

	pg I-TEQ/g MG
Valeur cible	1
Obligation de recherche des sources	3
Impropres à la consommation	> 5

Tableau 10 : Limites réglementaires des concentrations de dioxines et furanes dans le lait.

Sauf à avoir une vache témoin qui paîtrait exclusivement dans des champs sous le vent de l'installation et une vache équivalente (race, âge...) dans une zone de référence, sur lesquels des mesures périodiques des concentrations en dioxines et furanes dans le lait seraient réalisés, la mesure dans le lait des dioxines et furanes ne peut être un outil de surveillance d'une installation.

En effet, que cela soit pour un cheptel ou pour une vache il est délicat de répondre par l'affirmative aux questions suivantes :

- Le contenu d'une citerne de lait apportée à la coopérative provient-il de la même exploitation ?
- Les vaches d'une même exploitation paissent-elles dans le même pré ?
- Peut-on garantir l'origine et la composition de l'alimentation autre que celle du pré ?

Si cela est possible, la comparaison sur une zone restreinte d'un point zéro avec une situation ultérieure n'est valable que si les conditions 'expérimentales' sont identiques, or il est objectivement impossible de garantir la reproductibilité de celles-ci sur plusieurs années, notamment en ce qui concerne l'alimentation.

L'analyse du lait est donc un outil de suivi de la contamination de fond et de l'exposition des populations à celle-ci.

5. METHODOLOGIE DE SURVEILLANCE

Rappelons brièvement les problèmes liés aux différents milieux récepteurs.

- Air : Difficultés de mise en œuvre, ne quantifie pas les dépôts.
- Sols : Intégration sur de longues durées, mesures faussées si sol remanié, problème de la maîtrise de l'historique du sol.
- Lait : Même si l'on dispose d'une vache spécifique; la maîtrise des conditions expérimentales sur le long terme (alimentation identique...) est délicate. En effet le lait peut être intégratif de bien d'autres aliments que le fourrage provenant des surfaces agricoles exposées et ne nous semble pas à ce titre un outil objectif de surveillance de l'installation.
- Végétaux : les dioxines et furanes n'étant pas absorbés par les végétaux mais déposés dessus et compte tenu des difficultés présentées précédemment concernant les parties aériennes des végétaux, l'INERIS ne voit pas l'avantage de ces techniques par rapport aux collecteurs de précipitation. Les végétaux ne permettent pas un suivi annuel en continu de l'installation puisqu'en hiver ils sont absents des surfaces agricoles exposées.

Ainsi, le suivi des dépôts sur surface artificielle semble donc être le plus adéquat pour tracer une pollution et d'en appréhender l'impact et l'origine.

Pour ce faire, l'INERIS recommande la mise en œuvre de collecteurs de précipitation cylindrique type "Owen, "Bergerhoff " ou similaire. Pour ces dispositifs, nous disposons en effet d'une expérience préalable (ADAM, ROUÏL ; 2000). L'utilisation de ces collecteurs est de plus décrite par des normes allemande (VDI 2119 :1996), française (X 43-006 :1974) et internationale (ISO 4222.2 :1989).

L'utilisation de ce matériel sera faite suivant une stratégie qui se décline en trois phases de suivi des dioxines et furanes présente dans l'environnement autour de l'UIOM. Tout d'abord la réalisation d'un "Point zéro", avant la mise en service de l'UIOM puis un "Point 1" au moment de sa mise en service et enfin une surveillance en "Routine" lors de l'exploitation de l'installation.

L'INERIS insiste fortement sur la nécessité d'installer une station météo complète (vitesse et direction du vent, la température...) sur le site qui assurera un suivi permanent local. Ces informations seront toujours indispensables à l'interprétation des mesures de points zéro ou de mesures en routine quelle que soit la méthodologie suivie. Le manque d'informations précises à ce sujet est bien souvent une limite à l'interprétation des campagnes de mesures.

5.1 POINT 0

Il s'agit de quantifier la contamination initiale d'un site avant la mise en service de l'UIOM. Il s'agit aussi de déterminer les bases sur lesquelles la surveillance en routine sera établie.

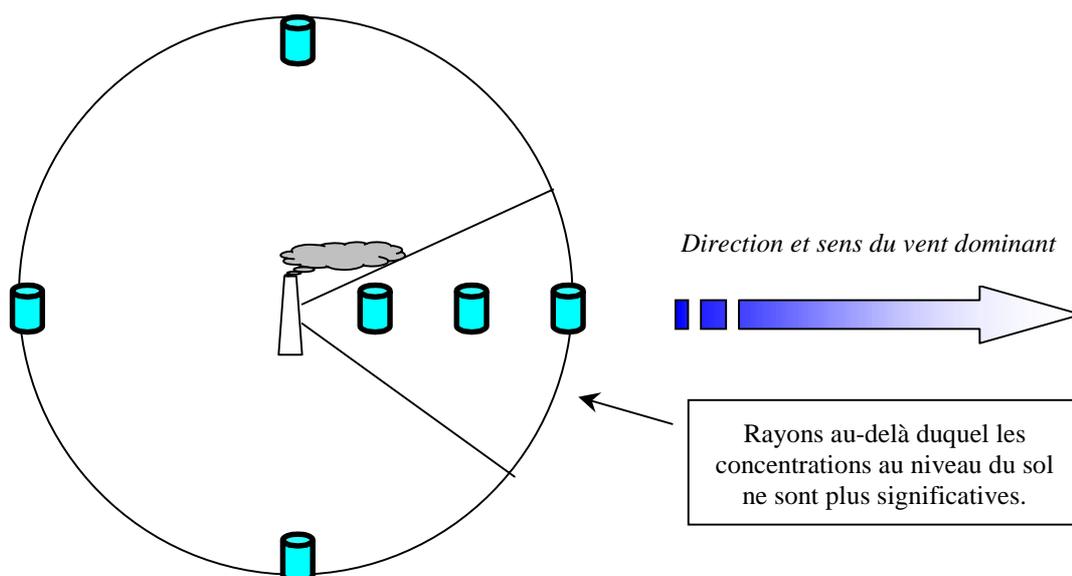


Figure 2 : Schéma de répartition des points de prélèvement.

Nous proposons de disposer des jauges de prélèvement dans un rayon délimité par un périmètre au-delà duquel les concentrations modélisées au niveau du sol ne sont plus significatives, dit 'périmètre limite' (Figure 2).

Le choix de cette limite est délicate. D'une part, parce que la relation liant les dépôts au sol et les concentrations dans l'air est mal connue. Cependant comme on souhaite suivre les points de dépôts maximum et minimum la relation probablement proportionnelle entre ces deux quantités nous suffit. D'autre part, parce que dans le cas de la modélisation des concentrations en dioxines autour d'un incinérateur rejetant $0,1 \text{ ng I-TEQ/m}^3$ les concentrations modélisées sont faibles comparées aux concentrations dans un site de fond rural. Nous préconisons alors de délimiter la zone d'implantation des blancs aux points où la concentration en dioxines au sol est égale à 10% de la valeur des concentrations maximum.

Les points de prélèvement sont au nombre de six. Deux sont disposés perpendiculairement à l'axe de dispersion du panache et un au vent, ces trois points seront situés sur le 'périmètre limite' et serviront de point de référence. Trois autres points sont situés sous le vent de l'UIOM, entre le point d'émission et le rayon limite. Ils devront être exposés de manière permanente aux retombées atmosphériques.

Nous proposons que deux campagnes de deux mois soient réalisées, une en hiver et l'autre en été. Ces campagnes devront être reproduite autant de fois que possible avant la mise en route de l'installation (sur deux ou trois ans par exemple).

Les points zéro permettront de déterminer la moyenne annuelle de chaque année n des valeurs relevées pour tous les points de prélèvements autour de l'installation (M_{An1}^0 à M_{An1+n}^0) et la moyenne sur les n années pour chaque point de prélèvement i , ($m_{i,An1 \rightarrow An1+n}^0$).

Dans le cas où l'installation est déjà en fonctionnement cette méthode pourra utiliser comme "Point zéro" des valeurs de références mesurées dans des environnements comparables relevés dans la littérature. Cependant ces valeurs seront à utiliser avec précaution.

5.2 POINT 1

Un point devra être réalisé 3 à 6 mois après le démarrage de l'UIOM suivant le même protocole que le point 0. Il n'y a pas de fondement scientifique ou réglementaire à ce délai, cette durée correspond simplement au délai normal de réception technique d'un ouvrage.

5.3 SURVEILLANCE EN ROUTINE

La surveillance en routine devra être basée sur une estimation des dépôts éventuels de dioxines et furanes au voisinage de l'UIOM. Pour ce faire, des collecteurs de précipitation identiques à ceux utilisés lors du 'Point 0' et du 'Point 1' devront être utilisés sur les mêmes points de prélèvements.

Ce suivi sera fait en continu sur des périodes consécutives de deux mois. Les niveaux des concentrations recherchées imposent des périodes d'intégration longues pour prélever des quantités techniquement mesurables. Le programme proposé par l'INERIS est à ce titre, un suivi à long terme de pollution chronique qui est peu sensible à des épisodes accidentels de courte durée qui sont eux détectables grâce à l'analyse des paramètres de bon fonctionnement de l'UIOM.

5.4 CONTROLES QUALITE

On réalisera sur au moins un des dispositifs de prélèvement mis en œuvre au cours de la campagne d'essais, un ajout dosé des différents congénères marqués prévus par la norme NF EN 1948-1. La quantification de ces marqueurs à l'issue de la période de prélèvement permettra de préciser si des pertes ou des dégradations se sont produites au cours de la période de prélèvement. Le rendement de récupération de chacun des marqueurs injectés devra être compris entre 40 et 135%.

Par ailleurs, afin d'apprécier le niveau de contamination résiduel ou induit par la manipulation des dispositifs de prélèvement au cours de leur préparation, de leur transport et de leur installation sur le site, on réalisera, en début et en fin de campagne, un blanc de site. A cette fin, un système de prélèvement vierge sera installé sur le site, en suivant point par point toutes les étapes d'implantation d'un prélèvement réel (ajout de liquide dans les collecteurs de précipitation...). Ce blanc de site sera retiré immédiatement après sa mise en place et envoyé au laboratoire d'analyse. Le dépôt calculé, avec la durée d'exposition des systèmes de prélèvement réels, à partir des concentrations sur le blanc devra être inférieur à 1 pg I-TEQ/m²/j.

5.5 EXPLOITATION DES RESULTATS

Les valeurs obtenues pour une période de prélèvement donnée seront exploitées de la manière suivante :

- calcul de la moyenne des valeurs obtenues, et comparaison des valeurs individuelles à cette moyenne
- comparaison de la moyenne des valeurs obtenues sur la période aux moyennes sur des périodes antérieures (si disponible)

Nous proposons toutefois d'utiliser la valeur de 10 pg I-TEQ/m²/j en tant que seuil de quantification d'une augmentation ou d'une diminution des dépôts. Ainsi, on considèrera que deux valeurs (ou moyenne de valeurs) de dépôts sont significativement différentes si leur différence est supérieure à cette valeur de 10 pg I-TEQ/m²/j.

On considèrera que la source fixe autour de laquelle sont implantés les systèmes de prélèvement est susceptible d'être responsable de cette contamination, lorsque la valeur maximum de dépôts diffère de plus de 10 pg I-TEQ/m²/j de la moyenne des résultats obtenus sur la période considérée, et que la localisation de ce dépôt maximum se situe dans une direction représentant au moins 25% de la direction du vent sur la période considérée¹.

On consultera alors les relevés d'autosurveillance de l'installation et ses paramètres de fonctionnement pour confirmer ou infirmer l'attribution de la responsabilité à l'exploitant de l'UIOM.

La comparaison des moyennes sur des périodes différentes demande plus de prudence, du fait de la variabilité des conditions météorologiques d'une saison à l'autre. Il sera donc nécessaire de disposer des résultats de surveillance sur au moins 3 années avant de conclure à une augmentation ou à une diminution des dépôts observés, la résolution des méthodes de prélèvement étant fixée à 10 pg I-TEQ/m²/j.

Les valeurs des dépôts relevées pourront être comparées à titre indicatif à la valeur de 40 pg I-TEQ/m²/j. Cette valeur correspondrait, selon un calcul majorant, à une contamination des produits laitiers de 4 pg I-TEQ/g MG. Il est important de mentionner que, dans certaines zones, le niveau de 40 pg I-TEQ/m²/j proposé ci-dessus peut être bien inférieur à la pollution de fond. Par conséquent, il n'est pas envisageable d'utiliser isolément les valeurs obtenues au cours de l'état initial ou des mesures en routine, ni de les comparer brutalement, entre elles ou avec la valeur de 40 pg I-TEQ/m²/j, caractéristique d'un environnement faiblement contaminé.

¹Il peut apparaître qu'une direction de vent peu fréquente soit cependant souvent associée avec des précipitations. Elle est à prendre en compte dans l'interprétation des résultats voir testée en terme de déposition de dioxines et furanes au sol.

Méthode de surveillance des retombées de dioxines et furanes autour d'une UIOM

Après chaque campagne n, de surveillance en routine de l'installation, la valeur maximum ($V_{n,i \max}^S$) relevée sur l'ensemble des points de prélèvement i, sera comparée à la moyenne (M_n^S) pour l'ensemble des points de prélèvement de la campagne.

Premier point

Si les conditions suivantes sont réunies :

1. Différence entre $V_{n,i \max}^S$ et M_n^S est supérieure à 10 pg I-TEQ /m²/j ,
2. Localisation de ce dépôt maximum dans une direction représentant au moins 25% de la direction du vent sur la période considérée,
3. Les relevés d'autosurveillance de l'installation et de ses paramètres de fonctionnement font apparaître un dysfonctionnement de l'installation sur la période considérée.

Alors on pourra considérer que l'installation est responsable de ces retombées de dioxines et furanes.

Deuxième point

Si cette valeur maximum relevée sur l'ensemble des points de prélèvement, i, ($V_{n,i \max}^S$) est supérieure à 40 pg I-TEQ /m²/j.

Alors ces retombées seront susceptibles de contribuer à une augmentation de la contamination des produits laitiers égale à 4 pg ITEQ/g MG.

Précaution

Les valeurs mesurées lors des points zéro (M_{An1}^0 à M_{An1+n}^0), ($m_{i,An1 \rightarrow An1+n}^0$) permettront d'une part, de pondérer la responsabilité de l'installation dans une contamination éventuelle par rapport à un niveau de bruit de fond élevé dans la zone des mesures et d'autre part, de suivre l'historique et le niveau des retombées autour de l'installation.

Figure 3 : Résumé de l'approche proposée par l'INERIS.

5.6 JUSTIFICATION DES VALEURS LIMITES

Les valeurs proposées de 10 et 40 pg I-TEQ/m²/j citées précédemment sont issues d'un calcul plutôt majorant effectué par l'ADEME en 1996.

Sur la base de la consommation journalière d'une vache élevée en pleine nature, ces niveaux de dépôt conduisent en effet, compte tenu de la consommation et du métabolisme d'une vache 'moyenne', à une augmentation de la contamination des produits laitiers de, respectivement, 1 pg ITEQ/g MG et 4 pg ITEQ/g MG. Elle sont de plus en accord avec les valeurs habituellement observées pour la mesure des dépôts (Tableau 3).

Ces niveaux théoriques de dépôt correspondent donc à l'augmentation de la contamination des produits laitiers de 4 pg I-TEQ/g MG et 1 pg I-TEQ/g MG, soit 100% et 25% de la valeur recommandée par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France.

5.7 LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENT AUTOUR DE LA FUTURE UIOM

Pour définir quel seront les zones d'implantations des points de prélèvement il est nécessaire de répertorier les sources de dioxines déjà présente autour du futur site d'implantation de l'UIOM mais aussi d'évaluer les zones de retombées majoritaires² autour de l'installation du à ses propres émissions.

5.7.1 Inventaires des sources de dioxines et furanes aux voisinages de la future installation

Il est indispensable de réaliser un inventaire précis des émetteurs possibles autour de l'installation afin d'éviter de placer un capteur sous l'influence direct d'une de ces sources.

Les sources de dioxines et furanes sont nombreuses, on cite le plus fréquemment celles-ci :

- Productions de composés à base de polychlorophénols (herbicides, fongicides...)
- Combustion (incinération, feux, transports...)
- Transformation ou récupération métallurgique (aciéries, agglomération minerais de fer, seconde fusion, récupération du cuivre de câbles usagés)
- Industrie du papier
- Sources incontrôlables que sont par exemple le brûlage sauvage de câble ou de pneus, la combustion du bois en foyer domestique et le brûlage du reste de produits phytosanitaires, qui sont des activités significativement émettrices.

Dans le cas où une ou plusieurs sources seraient identifiées et risqueraient de biaiser les résultats (cas d'une source proche en amont de l'installation par rapport au vent dominant) il peut être envisagé de placer des jauges supplémentaires dans le réseau de surveillance pour encadrer ces sources et obtenir ainsi le doublement du point influencé en amont de cette nouvelle source (Figure 4).

² Il est important de préciser que le terme 'majoritaire' est relatif aux autres concentrations et non à une échelle de danger. En effet, quel que soit le niveau des émissions modélisées il y aura toujours des zones d'impact majoritaire.

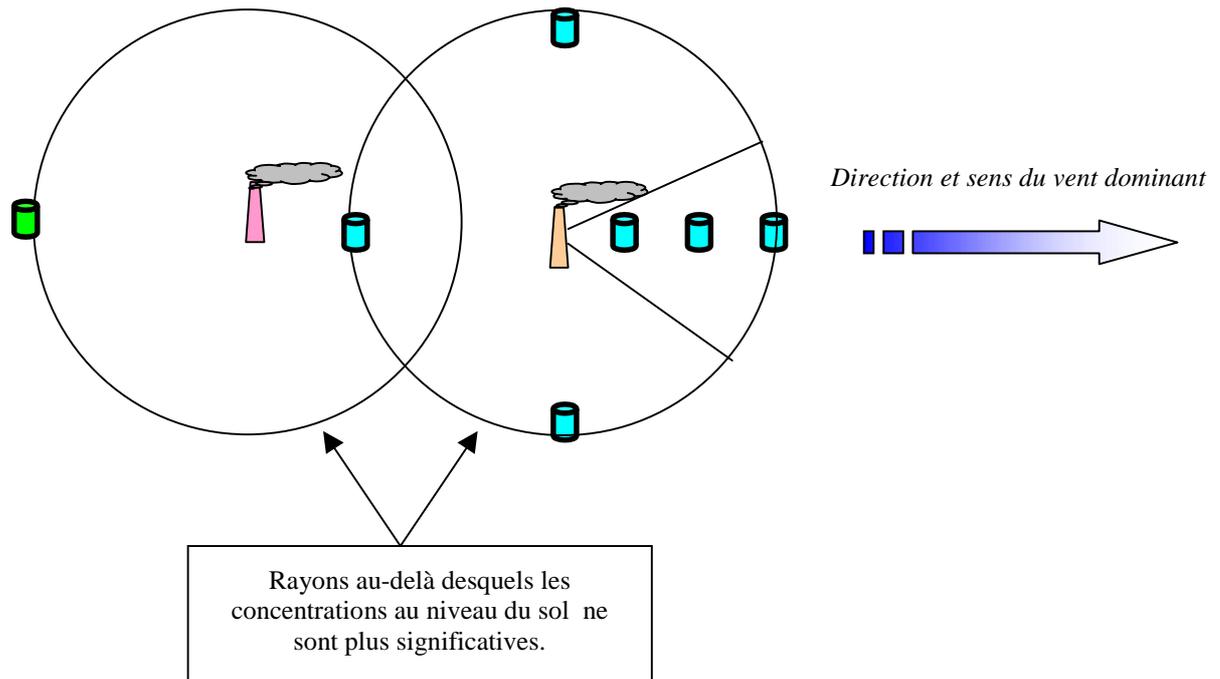


Figure 4 : Schéma de répartition des points de prélèvement dans le cas d'une source secondaire partageant la même zone d'influence et placé en amont de l'UIOM par rapport au vent dominant (en vert est représenté la nouvelle jauge).

5.7.2 Modélisation des retombées autour de l'UIOM

Nous ne préconisons aucun choix sur le modèle à utiliser, il devra cependant être compatible avec la topographie du site étudié. Quel que soit le modèle utilisé les données d'entrées minimales nécessaires sont :

1. Les paramètres d'émissions.
2. Les données météorologiques. Ces données sont le plus souvent fournies par Météo France, elles devront être enregistrées en un point le plus proche de la zone étudiée.

Le tableau ci-dessous reprend les données minimales nécessaires à la modélisation de retombées de dioxines et furanes autour d'une installation.

Paramètres d'émission	Paramètres météo
Hauteur cheminée (m)	Vitesse du vent (m/s^{-1})
Diamètre cheminée (m)	Direction du vent
Vitesse d'éjection ($m.s^{-1}$)	Nébulosité (indice décrivant la couverture nuageuse)
Température d'éjection ($^{\circ}C$)	
Concentrations en dioxines et furanes ($ng\ ITEQ / m^{-3}$)	

Tableau 11 : Données d'entrées nécessaires à la modélisation.

Il nous apparaît possible de faire l'hypothèse que les émissions et la dispersion des dioxines et furanes se font sous forme gazeuse ou de particules dont le diamètre est inférieur à 2 µm. Cette hypothèse semble être corroborée par un ensemble de résultats de mesures dans l'air ambiant qui montrent que toutes les dioxines en phase solide sont essentiellement associées à des particules de diamètres inférieurs à 2 µm (SUJITA 1993, TOWARA 1993, KAUPP 1994, KUROKAWA 1998). Cette hypothèse s'applique bien à des installations modernes équipées de dépoussiéreurs à très haute efficacité (ce qui est le cas des futures UIOM) mais est sujette à caution pour de vieilles installations (NOMINE, 1999).

5.7.3 Exemple d'emplacement des points de prélèvements

Pour illustrer le choix des emplacements des points de prélèvements selon cette méthodologie, nous prendrons la sortie d'une modélisation d'un incinérateur répondant aux nouvelles normes en terme d'émission de dioxines et dont les paramètres d'émissions sont décrits dans le tableau suivant.

Nous prendrons l'hypothèse d'un incinérateur situé dans une plaine agricole sous l'influence d'aucun autre émetteur de dioxines.

Paramètres	
Coordonnées X (m)	0
Coordonnées Y (m)	0
Hauteur cheminée (m)	35.5
Diamètre cheminée (m)	1.4
Vitesse d'éjection (m.s ⁻¹)	12
Température d'éjection (°C)	160
Granulométrie	< 2 µm
Concentrations en dioxines et furanes (ng ITEQ / m ⁻³)	0.1

Tableau 12 : Paramètres d'émissions

Nous avons utilisé des données météorologiques décrivant, comme c'est souvent le cas, deux configurations d'orientation et de force des vents. Une situation "Eté" majoritaire, caractérisée par des vents d'ouest et une situation "Hiver" caractérisée par des vents de nord-est.

Dès lors la modélisation fait apparaître deux zones d'investigation prioritaire. L'une minoritaire, en terme de fréquence, associée à des vents de secteurs nord-est, et l'autre associée à des vents d'ouest.

Afin de disposer les jauges pour ces deux configurations météorologiques, nous proposons de placer les points de mesures sous le vent de secteurs ouest et nord est et de les placer comme décrit au paragraphe 5.1 (Figure 5 ; Tableaux 13). Nous aurons donc 8 points de prélèvements en permanence mais seul six seront analysés en fonction de la situation météorologique majoritaire (en terme de fréquence) sur la période de prélèvement (Tableau 14).

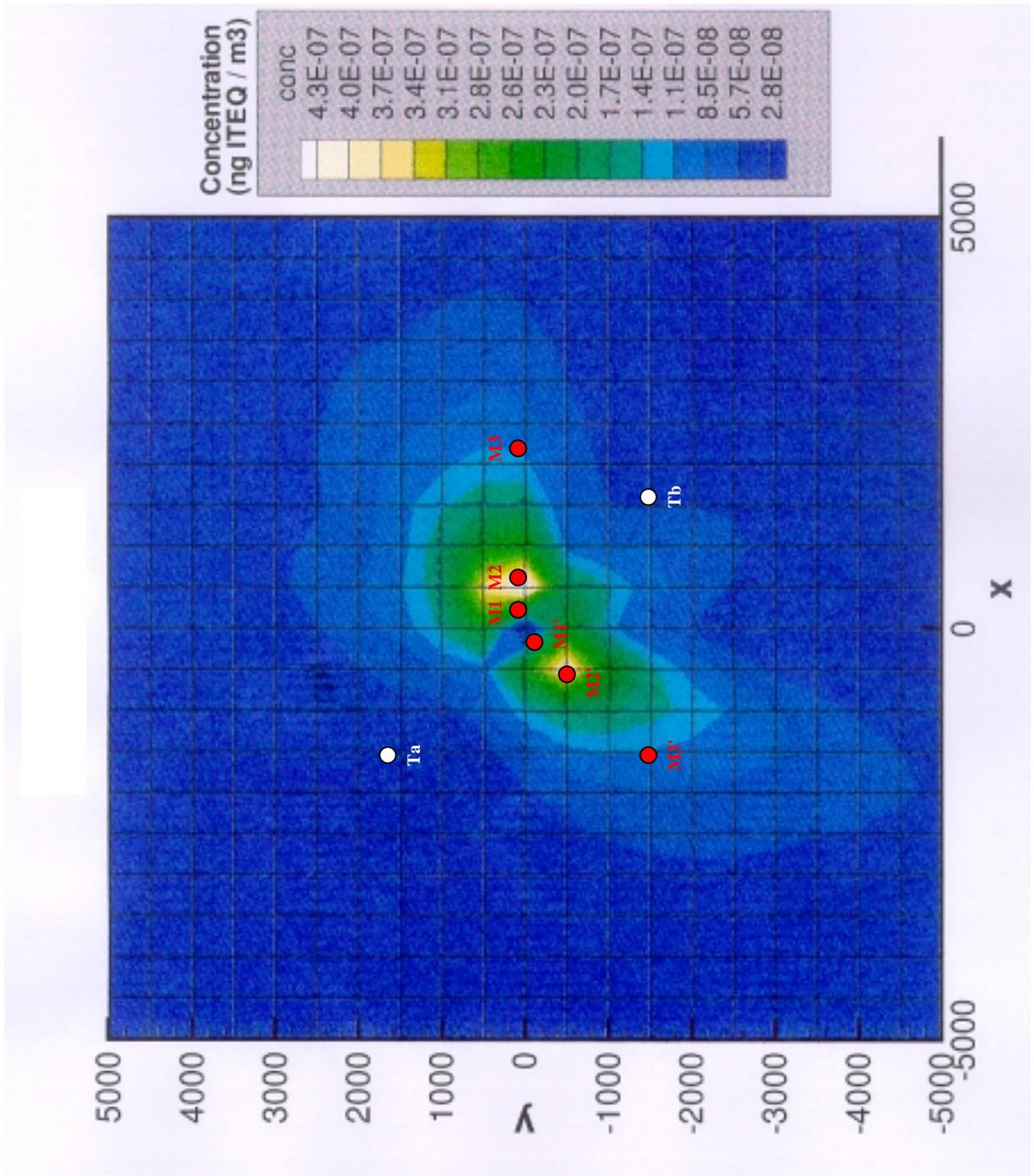


Figure 5 : Concentrations en dioxines et furanes autour de la future UIOM.

Fonction	Dénomination	Localisation X, Y (m)
Témoin	T _A	-1500, 1500
Témoin	T _B	1500, -1500
Mesure	M ₁	250, 0
Mesure	M ₂	500, 0
Témoin ou Mesure	M ₃	2000, 0
Mesure	M' ₁	-250, -250
Mesure	M' ₂	-500, -500
Témoin ou Mesure	M' ₃	-1500, -1500

Tableau 13 : Positions des jauges

Situation	Points de mesure	Points témoins
Eté	M1, M2, M3	TA, TB, M'3
Hiver	M'1, M'2, M'3	TA, TB, M3

Tableau 14 : Choix des prélèvements à analyser en fonction de la situation météorologique.

5.8 COUT ESTIMATIF DU PROGRAMME DE SURVEILLANCE

Nous détaillons ci-dessous les coûts associés aux différents éléments du programme de surveillance que nous proposons.

Investissement		
Matériel	Coût (détail)	Coût (total)
Station météo ³	-	10 400
Jauges de déposition ⁴	16 x 150	2 400
Exploitation		
Phase	Coût⁵ (détail)	Coût (total)
Point 0 ⁶	6 x 2 x 610	7 320
Point 1	6 x 2 x 610	7 320
Surveillance en routine	6 x 6 x 610 / année	21 960

Tableau 15 : Estimatif de coût de la méthode proposée (en Euros).

³ Comprenant anémomètre girouette, température, humidité, pression, pluviométrie, mât télescopique de 9 mètres.

⁴ Nous proposons de doubler les jauges aux différents points de prélèvement afin de disposer d'un contrôle. Les prélèvements issus de cette jauge ne seront donc analysés que s'il y a une nécessité de contrôler une valeur litigieuse. Il sera donc nécessaire de conserver l'échantillon prélever

⁵ Sur la base d'un coût analytique et de main d'œuvre de 610€ par échantillon.

⁶ Le coût de cette phase est à multiplier par le nombre d'année où le point zéro sera réalisé.

6. CONCLUSION

En théorie, la réduction des émissions de dioxines et furanes en dessous de 0,1 ng I-TEQ/m³ au moyen de technologies appropriées (réduction catalytique, utilisation de charbon actif...), qui est obligatoire sur les nouvelles installations, est suffisante pour garantir l'innocuité des émissions de dioxines et furanes.

Le contrôle périodique des émissions de dioxines et furanes en sortie de cheminée devront confirmer que les émissions de l'UIOM resteront en deçà du seuil réglementaire (0,1 ng I-TEQ/m³). En outre, une autosurveillance sur les polluants "classiques " (poussières, SO₂, CO, COVT...) et un suivi permanent des paramètres de fonctionnement permettront de garantir que les émissions restent en deçà du seuil réglementaire. Ils traduisent en effet un bon fonctionnement de l'installation.

L'INERIS propose ici une méthode de surveillance qui permet de suivre les niveaux de concentration des retombés éventuels en dioxines et furanes, de détecter des niveaux anormalement élevés et d'en identifier l'origine au voisinage d'une UIOM. L'objet de la méthode n'est pas de contrôler la qualité sanitaire des productions agricoles issues du voisinage de l'installation.

L'INERIS propose une méthode, il en existe certainement d'autres. Compte tenu de l'état actuel des connaissances, celle-ci nous paraît la plus réaliste tant sur sa cohérence scientifique que sur ces coûts de mise en œuvre.

Cette méthode vient en complément des mesures à l'émission et du suivi du bon fonctionnement de l'installation.

Elle est basée sur l'utilisation de jauges de dépôts disposées autour de l'UIOM en des emplacements déterminés après étude de la dispersion des émissions de dioxines et furanes émises à la cheminée de l'unité.

Des points zéro sont réalisés avant la mise en service de l'unité et des campagnes de mesures sont assurées 'en routine' après que l'installation aura été mis en service pour surveiller le niveau et l'origine des retombées autour de l'installation.

7. REFERENCES

ADAM K., ROUÏL L. – Rapport INERIS pour la DRIRE du Limousin - Evaluation de la contamination par les dioxines au voisinage de l'UIOM de Brive, juin 2000.

BIOMONITOR – Administration de l'Environnement, 1 rue Beuden, L-1229 Luxembourg – Biomonitoring des retombées atmosphériques et métaux lourds, d'hydrocarbures polyaromatiques, de polychlorobiphényles et de dioxines/furanes à proximité des installations sidérurgiques du Luxembourg – Troisième campagne d'étude octobre-décembre 1996. – 1997

BRZUZY L.P., HITES R.A. – Env. Sci. Technol. Vol 29, pp. 2090-2098, 1995 – Estimating the atmospheric deposition of polychlorinated dibenzofurans and dibenzo-p-dioxins in ambient air.

INSERM – Expertise collective – Dioxines dans l'environnement, Quels risques pour la santé ? – Synthèses et recommandations - 2000.

KAUPP H et al. – Atmospheric environment, vol 28, n°4, pp. 585-593, 1994 – Distribution of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in atmospheric particulate matter with respect to particle size.

KUROKAWA et al. – Chemosphere, vol 37, n°9-12, pp. 2151-2171, 1998 – Distribution of polychlorinated dibenzo-dioxins and dibenzofurans in various sizes of airborne particles.

LIEBL K., BÜCHEN M., OTT W., FRICKE W. – Organohalogen compounds, vol 12, pp. 85-87, 1993 – Polychlorinated dibenzo(p)-dioxins and dibenzofurans in ambient air ; concentration and deposition measurements in Hessen, Germany.

LOHMANN R., JONES K.C. – Dioxins and furans in air and deposition : a review of levels, behaviour and processes – The science of the Total Environment, 1998, pp. 53-81, 219.

NOBELW., MAIER-REITER W., FINKBEINER M., FRANK W., SOMMRE B., KOSTKA-RICK R. – Organohalogen compounds, vol 12, pp.171-174, 1993 – Levels of polychlorinated dioxins and furans in ambient air, plants and soils as influenced by emission sources and differences in land use.

NOMINE – Bibliographie réalisée par l'INERIS - Convention ADEME 98-78-047 – Méthodologie pour l'évaluation de la contamination par les dioxines au voisinage d'une source fixe - Mars 1999.

SUJITA et al. – Organohalogen compounds, vol 12, pp.127-130, 1993 – Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofuran, co-planar PCBs and mono-ortho PCBs in urban air.

TOWARA et al. – Organohalogen compounds, vol 12, pp.115-119, 1993 – Distribution of airborne PCDD/F in relation to particle size.

WALLENHORST Th., KRAUSS P., HAGENMAIER H. – Chemosphère, vol 39, n°5-7, pp. 1369-1378, 1997. – PCDD/F in ambient air and deposition in Baden-Württemberg Germany.

LISTE DE DIFFUSION

Nom	Adresse/Service	Nb
M.BIRCK	Dossier maître	1
J. VAUDELIN	DOC	1
M. NOMINE	DRCG	1
S. COLLET	DRC/AIRE	1
M. DURIF	DRC/AIRE	1
R. PERRET	DRC/AIRE	1
P. BLANC M. RICO O. VEYRET F. BERTHIER D. BELLENOUE	MATE/SEI	6
E. FIANI H. DESQUEYROUX	ADEME Direction Industrie, Département Air Energie 2, Square Lafayette BP 406 49004 ANGERS CEDEX 01	2
H. PERNIN	ADEME 27, rue louis Vicat 75737 PARIS CEDEX 15	1
R. PUFF	Délégué régional - Paris / Ile de France	1

TOTAL **16**

PERSONNES AYANT PARTICIPE A L'ETUDE

Travail	Nom	Qualité	Date	Visa
Rédacteur	Marc DURIF	Ingénieur DRC		
Responsable d'affaire	Marc DURIF	Ingénieur DRC		
Relecteur	Serge COLLET	Ingénieur DRC		
Vérificateur	Serge COLLET	Ingénieur DRC		
Approbateur	Rémi PERRET	Responsable de l'unité Qualité de l'Air		

 Fin du Complément non destiné au client 