



AMORCE

Avec le soutien technique
et financier de

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie

PUBLICATION

Bilan des
technologies
mises en oeuvre
pour la mesure
des dioxines en
semi-continu

Série Technique

Réf. AMORCE DT 77
Réf. ADEME 8698

Avril 2016



Déchets

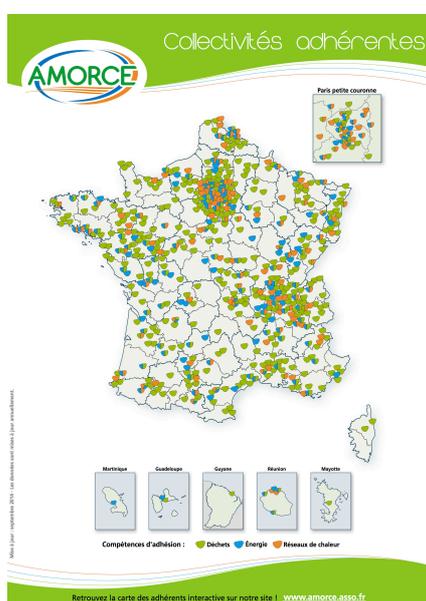
AMORCE – 18, rue Gabriel Péri – CS 20102 – 69623 Villeurbanne Cedex
Tel : 04.72.74.09.77 – Fax : 04.72.74.03.32 – Mail : amorcer@amorcer.asso.fr

www.amorce.asso.fr -  @AMORCE

PRÉSENTATION D'AMORCE

Créée en 1987, AMORCE est l'association nationale des collectivités territoriales et des professionnels pour une gestion locale des déchets, de l'énergie et des réseaux de chaleur. Au 1^{er} janvier 2016, l'association regroupe **823 adhérents** dont plus de 550 collectivités rassemblant plus de 60 millions d'habitants, ainsi que près de 270 entreprises, fédérations professionnelles et associations.

Première association spécialisée de collectivités territoriales, toutes thématiques confondues, AMORCE est à l'origine de plusieurs mesures importantes qui ont permis d'accompagner les collectivités territoriales dans la mise en œuvre des politiques publiques environnementales sur leurs territoires. Tel fut le cas notamment de la TVA à taux réduit sur les déchets, des REP (Responsabilité Elargie du Producteur) Meubles, Graphique, DASRI, Déchets dangereux, Textiles, du 1% déchets pour des actions de coopération décentralisées, du Fonds chaleur.



AMORCE intervient dans **3 domaines d'actions : les déchets, l'énergie et les réseaux de chaleur** en accompagnant les collectivités territoriales dans les composantes des politiques publiques environnementales qu'elles veulent mettre en œuvre. AMORCE dispose d'une solide expertise sur :

- la technique
- l'impact sur l'environnement
- la réglementation
- l'économie (coûts, financements, fiscalité)
- les modes de gestion, les marchés
- l'organisation entre les structures et les différents niveaux de collectivités
- les politiques au niveau européen, national, territorial
- l'information, la concertation, le débat public

AMORCE constitue un lieu unique de partage des connaissances et des expériences entre collectivités territoriales et professionnels sur ces compétences. Ce réseau d'élus et de techniciens permet à chacun de disposer des informations les plus récentes et les plus pertinentes.

L'association représente ses adhérents auprès des institutions françaises et européennes, afin de défendre leurs intérêts et leurs propositions. Nos équipes travaillent au sein des commissions à l'élaboration des réglementations environnementales de demain. Nos propositions sont très souvent reprises par les parlementaires.

Contacts pour ce guide : Lucie LESSARD et Jessica TILBIAN



PRÉSENTATION DE L'ADEME



L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.

Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil.

Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Contact pour ce guide : Sandra LE BASTARD

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90406 - 49004 Angers Cedex 01
Tel : 02 41 20 41 20
www.ademe.fr

AMORCE / ADEME – Avril 2016

Guide réalisé en partenariat et avec le soutien technique et financier de l'ADEME
Réf ADEME 8698

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des collectivités et des professionnels ayant participé à notre travail en répondant au questionnaire envoyé.

Nous remercions également le SVDU (Syndicat national du traitement et de la Valorisation des Déchets Urbains et assimilés) pour sa relecture du document.

RÉDACTEURS

Lucie LESSARD, llessard@amorce.asso.fr et **Jessica TILBIAN**, jtilbian@amorce.asso.fr

Relecture : Sandra LE BASTARD (ADEME), Nicolas ROUSSAT (AMORCE) et le SVDU

PRÉAMBULE

Depuis le 1^{er} juillet 2014, les exploitants d'installation de traitement thermique des ordures ménagères ont l'obligation d'effectuer des mesures en semi-continu des dioxines et des furanes, en complément des mesures ponctuelles réalisées au minimum deux fois par an, afin de contrôler le respect des valeurs limites à l'émission. Les dioxines et les furanes sont des composés aromatiques polycycliques chlorés, dont certaines formes, très toxiques, peuvent présenter des risques pour l'environnement et la santé humaine. Depuis une vingtaine d'années, la réglementation encadrant les émissions de dioxines par les installations de traitement thermique de déchets a fortement évolué, devenant de plus en plus contraignante afin de limiter les rejets dans l'atmosphère de ces molécules. Actuellement, trois technologies de mesure en semi-continu des dioxines dans les installations de traitement thermique sont utilisées en France : AMESA (Adsorption Method for Sampling of dioxins and furans), DECS (Dioxins Emissions Continuous Sampling) et DMS (Dioxin Monitoring System).

Cette publication, basée sur une enquête envoyée aux maîtres d'ouvrage des unités en fonctionnement a pour objectif d'établir un bilan des différentes technologies utilisées pour le suivi en semi-continu des dioxines. Les questionnaires reçus ont permis d'obtenir des données techniques et économiques sur la mise en place et l'utilisation de ces appareils ainsi que des informations sur les moyens de communication des résultats mis en place par les collectivités/exploitants pour informer le grand public sur les rejets de l'usine.

Note : il sera question dans ce document des installations de traitement thermique. Elles désignent à la fois des unités qui valorisent l'énergie produite (certaines atteignant une performance énergétique leur donnant droit à une modulation de TGAP) et des unités ne valorisant pas l'énergie.

Liste des tableaux et figures

➤ Liste des tableaux

- Tableau 1 : Nombre de lignes de traitement et capacité moyenne des installations de traitement thermique ayant répondu à l'enquête _____ 13

➤ Liste des figures

- Figure 1 : Schéma de fonctionnement de l'AMESA (source : Mesure en semi-continu de dioxines à l'émission des unités d'incinération des ordures ménagères, Situation en France en 2007, ADEME) _____ 10
- Figure 2 : Schéma de fonctionnement du système AMESA (source : Système de contrôle des émissions de dioxines/furanes par prélèvement à long terme, AMESA-D, Environnement S.A) _____ 10
- Figure 3 : Schéma de fonctionnement du DECS (source : *Mesure en semi-continu de dioxines à l'émission des unités d'incinération des ordures ménagères, Situation en France en 2007, ADEME*) _____ 11
- Figure 4 : Schéma de fonctionnement du DMS (source : Mesure en semi-continu de dioxines à l'émission des unités d'incinération des ordures ménagères, Situation en France en 2007, ADEME) _____ 12
- Figure 5 : Évolution du nombre de lignes de four équipées pour la mesure des dioxines en semi-continu (taille de l'échantillon : 74 installations soit 142 lignes) _____ 14
- Figure 6 : Coût d'investissement global en € HT lié à la mesure des dioxines en semi-continu par installation en fonction du nombre de lignes de four (taille de l'échantillon : 62 installations soit 121 lignes dont 76 technologies AMESA, 24 DECS et 21 DMS) _____ 15
- Figure 7 : Répartition des coûts d'investissement moyens des installations par catégories de dépense (taille de l'échantillon : 22 installations, 42 lignes) _____ 16
- Figure 8 : Frais d'exploitation annuels en € HT liés à la mesure en semi-continu de dioxines par installation en fonction du nombre de lignes (taille de l'échantillon : 56 installations soit 109 lignes dont 64 technologies AMESA, 25 DECS et 20 DMS) _____ 17
- Figure 9 : Répartition des frais d'exploitation annuels moyens des installations par type de poste (taille de l'échantillon : 33 installations, 64 lignes) _____ 17
- Figure 10 : Valeurs mensuelles moyennes des analyses de dioxines en semi-continu en fonction des tonnages traités par ligne de four en 2014 (taille de l'échantillon : 64 installations soit 119 lignes dont 75 technologies AMESA, 23 DECS et 21 DMS) _____ 18
- Figure 11 : Écarts entre les valeurs de prélèvements continus et ponctuels observés lors du test de réception du matériel (taille de l'échantillon : 33 installations, 68 lignes) _____ 19
- Figure 12 : Écarts entre les valeurs de prélèvements continus et ponctuels sur les tests effectués en 2014 (taille de l'échantillon : 32 installations, 57 lignes) _____ 19
- Figure 13 : Pourcentage d'installations rencontrant certaines difficultés dans le fonctionnement courant des appareils de mesure en semi-continu des dioxines (taille de l'échantillon : 69 installations soit 132 lignes dont 83 technologies AMESA, 25 DECS et 24 DMS) _____ 22
- Figure 14 : Satisfaction des maîtres d'ouvrage par rapport à la technologie utilisée pour la mesure des dioxines en semi-continu (taille de l'échantillon : 67 installations, 129 lignes) _____ 23

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| PRESENTATION D'AMORCE | 1 |
| PRESENTATION DE L'ADEME | 2 |
| REMERCIEMENTS | 3 |
| PREAMBULE | 4 |
| LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES | 5 |
| SOMMAIRE..... | 6 |
| INTRODUCTION..... | 7 |
| 1. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES TECHNOLOGIES DE MESURES EN SEMI-CONTINU UTILISEES DANS LES UNITES DE TRAITEMENT THERMIQUE | 9 |
| 1.1. TECHNOLOGIE AMESA | 9 |
| 1.2. TECHNOLOGIE DECS | 11 |
| 1.3. TECHNOLOGIE DMS | 11 |
| 2. PRESENTATION DE L'ENQUETE | 13 |
| 2.1. OBJECTIF | 13 |
| 2.2. METHODE | 13 |
| 2.3. REPRESENTATIVITE DE L'ECHANTILLON | 13 |
| 3. ANALYSE DES RESULTATS | 14 |
| 3.1. MISE EN PLACE DU SUIVI EN SEMI-CONTINU DES DIOXINES DANS LES USINES DE TRAITEMENT THERMIQUE | 14 |
| 3.2. COUTS ET FINANCEMENT DE LA MISE EN PLACE DES DISPOSITIFS DE MESURE | 15 |
| 3.3. RESULTATS DES MESURES..... | 18 |
| 3.4. COMMUNICATION DES RESULTATS AUX CITOYENS..... | 20 |
| 3.5. NIVEAU DE SATISFACTION GLOBAL | 21 |
| CONCLUSION | 24 |
| BIBLIOGRAPHIE | 25 |
| GLOSSAIRE | 26 |

INTRODUCTION

État des lieux du parc d'installations de traitement thermique en France

En 2012, les 126 unités de traitement thermique ont traité 14,5 millions de tonnes de déchets, soit 28 % des déchets ménagers du territoire français¹. Les 113 installations équipées d'un dispositif de récupération d'énergie ont produit 4 214 GWh d'énergie électrique et 8 494 GWh d'énergie thermique en 2012. Le parc est composé majoritairement d'installations ayant une capacité réglementaire inférieure à 150 000 tonnes/an (78 %), mais plus de la moitié du tonnage total entrant dans les unités de traitement thermique en 2012 a été traité par des installations d'une capacité supérieure à 150 000 tonnes/an.

Enjeux autour des dioxines

Le terme « dioxine » regroupe les PolyChloroDibenzoDioxines (PCDD ou dioxines) et les PolyChloroDibenzoFuranes (PCDF ou furanes). Ces molécules sont des composés aromatiques polycycliques chlorés, dont le nombre d'atomes de chlore ainsi que leur position va conditionner la toxicité de la molécule. Cette toxicité est évaluée à l'aide d'un indicateur développé au niveau international, l'équivalent toxique (I-TEQ).

La production de dioxines peut survenir lors de processus de combustion dans lesquels on retrouve du chlore, telle l'incinération des déchets ménagers. Cependant, entre 1990 et 2013, les émissions de dioxines par les installations de traitement thermique ont diminué de 99,9 % et cette source d'émission représente aujourd'hui moins de 1 % des émissions de dioxines dans l'air en France².

Cadre réglementaire sur la mesure des dioxines à l'émission

L'arrêté du **20 septembre 2002**³ précise les conditions de combustion dans les fours d'incinération (fixées par l'arrêté du 25 janvier 1991⁴). Les fumées doivent être portées à une température de 850 °C pendant deux secondes et la température doit être relevée en continu. L'arrêté du 20 septembre 2002 impose pour le contrôle des rejets en dioxines et furanes à l'émission des fumées de l'incinération deux mesures ponctuelles par an au minimum, afin de vérifier le respect du seuil réglementaire d'émission (aussi appelé valeur limite à l'émission - VLE), fixé à **0,1 ng I-TEQ/Nm³** pour les installations de traitement thermique par la directive européenne du 4 décembre 2000. La norme EN 1948 précisant les modalités d'échantillonnage et d'analyse des dioxines à l'émission a été adoptée le 27 décembre 1996 par le Comité Européen de Normalisation. Cette norme a été transcrite en norme AFNOR sous la référence NF EN 1948 « Émissions de sources fixes, détermination de la concentration en PCDD/PCDF et PCB de type dioxine ». La norme recense 3 méthodes de prélèvement : la méthode à filtre/condenseur, la méthode à dilution et la méthode à sonde refroidie. Les prélèvements doivent être effectués sur une période d'échantillonnage d'une durée de 6 à 8 h par un organisme accrédité par le Comité Français d'Accréditation ou agréé par le Ministère.

¹ Enquête sur les installations de traitement des ordures ménagères (ITOM) 2012, ADEME

² Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France, CITEPA, 2015 – Format SECTEN

³ 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 : <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000234557>

⁴ Arrêté du 25 janvier 1991 relatif aux installations d'incinération de résidus urbains : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000316147>

L'arrêté du **03 août 2010**⁵ a rendu obligatoire la mise en place d'un dispositif de mesure en semi-continu des dioxines dans chaque unité de traitement thermique. 13 mesures annuelles sont effectuées sur un échantillon représentatif moyen d'une durée de prélèvement de 4 semaines. Les échantillons sont ensuite analysés en laboratoire. Depuis l'entrée en vigueur de cet arrêté (1^{er} juillet 2011 pour les nouvelles unités et 1^{er} juillet 2014 pour les unités en fonctionnement), deux types de mesures des dioxines doivent désormais être effectuées : des mesures en semi-continu et des contrôles ponctuels.

En cas de dépassement de la VLE d'une mesure en semi-continu, la DREAL doit être informée et une mesure ponctuelle doit être réalisée dans un délai maximal de 10 jours.

⁵ Arrêté du 03 août 2010 modifiant l'arrêté du 20 septembre 2002 : <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000022727297&categorieLien=id>

1. Principales caractéristiques techniques des technologies de mesures en semi-continu utilisées dans les unités de traitement thermique

Les 3 systèmes automatiques de prélèvement des dioxines en semi-continu présents sur le marché français sont basés sur les techniques décrites dans la norme NF EN 1948 :

- Système **AMESA** (Adsorption Method for Sampling of dioxins and furans) basé sur la méthode à sonde refroidie,
- Système **DECS** (Dioxins Emissions Continuous Sampling) basé sur la méthode à filtre/condenseur,
- Système **DMS** (Dioxin Monitoring System) basé sur la méthode à dilution.

Les systèmes de mesure sont composés :

- d'une unité de prélèvement au niveau de la cheminée composée d'éléments fixant les dioxines (filtre en fibre de verre ou quartz, ballon à condensat ou adsorbant solide ou liquide),
- d'une unité de contrôle, généralement située dans le local dédié aux analyseurs, jouant le rôle d'interface entre l'unité de prélèvement et l'opérateur.

La période de prélèvement doit commencer au plus tard dès l'introduction des déchets dans le four. Ces systèmes de prélèvement permettent d'accumuler les émissions de dioxines pendant toute la durée de prélèvement fixée par la réglementation française, soit 4 semaines environ (dans la pratique les prélèvements durent entre 28 et 32 jours, en fonction de la présence d'un weekend ou non). Si le milieu est sensible, un arrêté préfectoral peut fixer une période de prélèvement plus courte. Cette mesure en semi-continu permet ainsi de réduire les incertitudes de mesure liées aux faibles émissions pour se rapprocher des taux de dioxines effectivement émis.

Les résultats doivent être communiqués à l'autorité compétente (DREAL) au minimum tous les trimestres. Le temps d'indisponibilité du dispositif de mesure en semi-continu ne peut excéder 15 % du temps de fonctionnement annuel de la ligne d'incinération correspondante. Les prélèvements sont effectués isocinétiquement dans le conduit de la cheminée, c'est-à-dire que la vitesse et la direction du gaz entrant dans la buse sont les mêmes que celles entrant dans le conduit au point de prélèvement. Pendant toute la durée des prélèvements, des paramètres doivent être suivis et relevés à intervalles réguliers de 15 min dans la cheminée et la ligne de prélèvement afin d'assurer le maintien des conditions isocinétiques et le bon déroulé des mesures : vitesse et température dans la cheminée, débit dans la ligne de prélèvement, température au niveau du filtre et de l'adsorbant et teneur en oxygène.

Les principes de fonctionnement des 3 technologies utilisées dans les installations de traitement thermique sont décrits ci-dessous.

1.1. Technologie AMESA

Ce système est basé sur la méthode à sonde refroidie de la norme EN 1948-1, à une variante près : les condensats traversent la cartouche en même temps que les gaz. Cette déviation à la norme EN 1948-1 est autorisée par la norme EN 1948-5 dédiée aux prélèvements de longues durées.

Le prélèvement du gaz est réalisé par une buse fixée en position centrale sur la cheminée. Les gaz passent par une sonde refroidie, entraînant leur condensation et leur refroidissement. Les

gaz et les condensats ainsi obtenus traversent la cartouche de prélèvement, composée d'un filtre de laine de quartz (et/ou d'un filtre résine) et d'une résine adsorbante de type XAD-2, avant d'être séparés et éliminés. Les analyses en laboratoire sont effectuées au niveau du filtre et de la résine adsorbante.

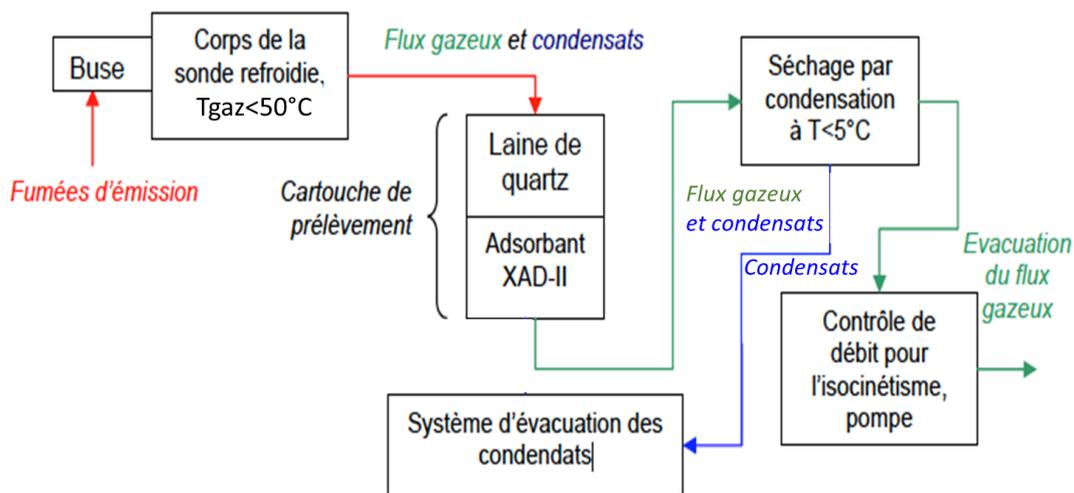


Figure 1 : Schéma de fonctionnement de l'AMESA (source : Mesure en semi-continu de dioxines à l'émission des unités d'incinération des ordures ménagères, Situation en France en 2007, ADEME)

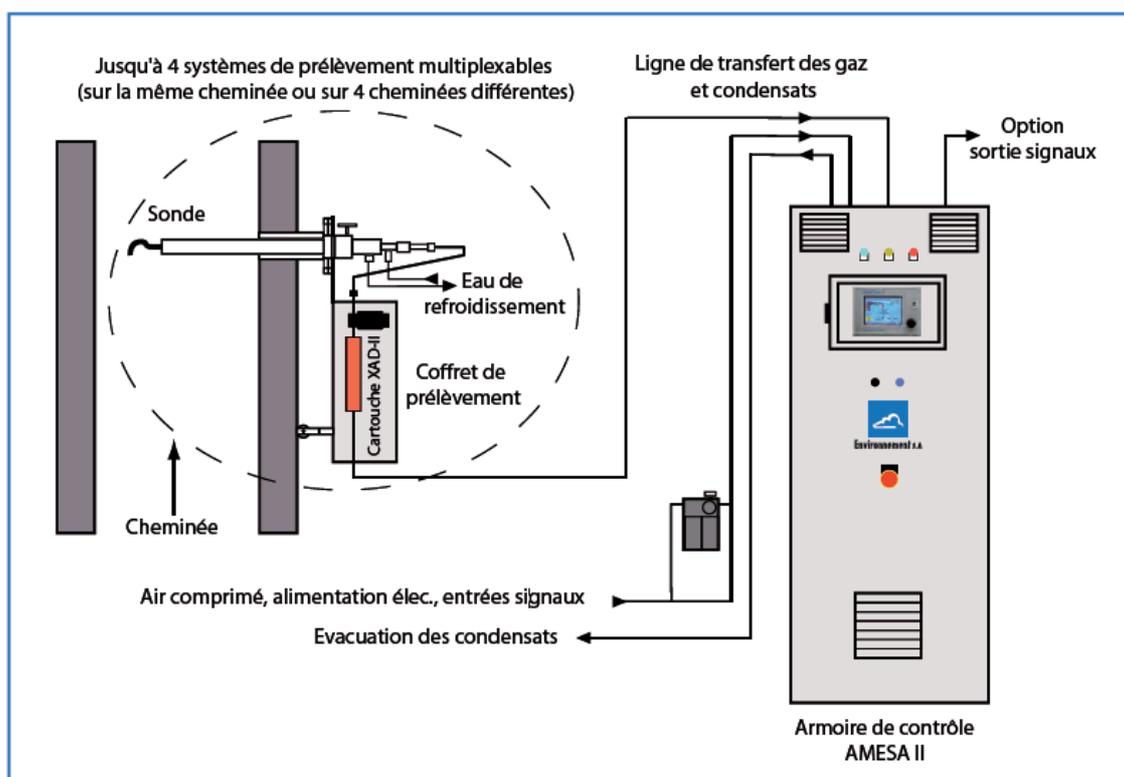


Figure 2 : Schéma de fonctionnement du système AMESA (source : Système de contrôle des émissions de dioxines/furanes par prélèvement à long terme, AMESA-D, Environnement S.A)

1.2. Technologie DECS

Ce dispositif est basé sur la méthode filtre/condenseur de la norme EN 1948-1, à la différence près que, les condensats passant par la cartouche d'adsorption, ils ne sont pas analysés. Cette déviation à la norme EN 1948-1 est autorisée par la norme EN 1948-5 dédiée aux prélèvements de longues durées.

Les fumées sont aspirées par une pompe et passent par une sonde, chauffée à une température inférieure à 125 °C. Elles traversent ensuite un filtre en fibre de quartz, permettant le captage des dioxines présentes dans les particules. Les gaz sont ensuite refroidis à une température inférieure à 20 °C et condensés avant de traverser une cartouche de résine XAD-2 permettant l'adsorption des dioxines non retenues par le filtre. Les condensats et les gaz sont séparés puis éliminés. Les analyses en laboratoire sont ensuite effectuées sur le filtre et la cartouche contenant la résine XAD-2.

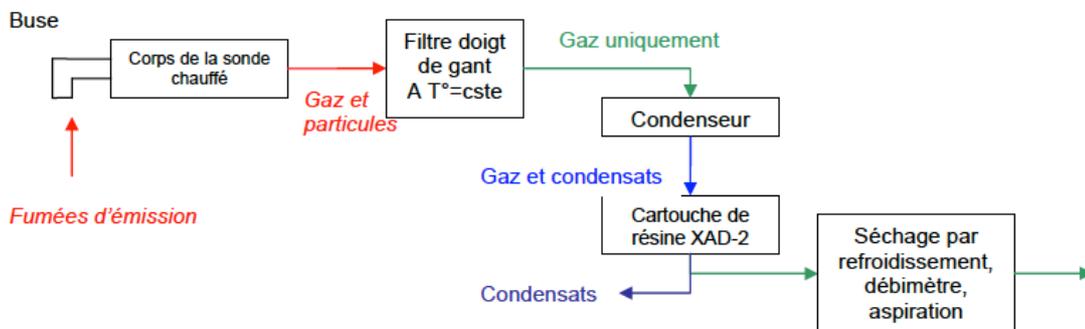


Figure 3 : Schéma de fonctionnement du DECS (source : *Mesure en semi-continu de dioxines à l'émission des unités d'incinération des ordures ménagères, Situation en France en 2007*, ADEME)

1.3. Technologie DMS

Ce dispositif est basé sur la méthode à dilution. Les deux sondes utilisées pour prélever les gaz dans la cheminée sont fixes, contrairement à ce qui est décrit dans la norme EN 1948-1. Cette déviation à la norme EN 1948-1 est autorisée par la norme EN 1948-5 dédiée aux prélèvements de longues durées.

Les gaz sont prélevés par deux sondes fonctionnant en alternance, une disposée en position centrale et une en position latérale. Ils passent ensuite par une sonde chauffée, avant d'être mélangés avec de l'air séché et filtré pour redescendre à une température inférieure à 40 °C. Ceci permet d'éviter que la température des gaz prélevés soit inférieure au point de rosée des fumées (température à laquelle un gaz se liquéfie). Les gaz dilués traversent ensuite la cartouche de prélèvement, composée d'un filtre en fibres de verre sec permettant de capter les poussières fines (< 2,5 micromètres) et d'un bloc de mousse de polyuréthane adsorbante pour la collecte des dioxines gazeuses. Contrairement aux autres méthodes de prélèvement, cette méthode ne nécessite pas la mise en place d'un système de refroidissement des gaz, ni d'évacuation des condensats. La technologie DMS peut également être proposée en système « compact » avec une seule sonde de prélèvement.

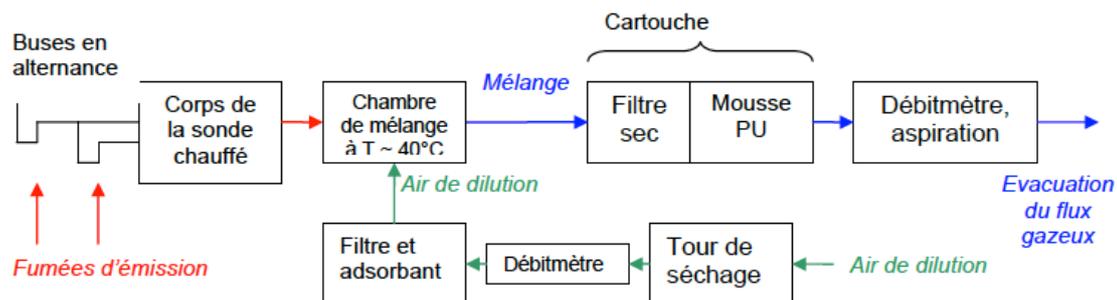


Figure 4 : Schéma de fonctionnement du DMS (source : Mesure en semi-continu de dioxines à l'émission des unités d'incinération des ordures ménagères, Situation en France en 2007, ADEME)

2. Présentation de l'enquête

2.1. Objectif

Cette enquête a été réalisée pour établir un bilan des technologies utilisées pour la mesure en semi-continu des dioxines dans les installations de traitement thermique des déchets ménagers.

2.2. Méthode

Un questionnaire a été envoyé fin 2015 à l'ensemble des collectivités maîtres d'ouvrage d'installations de traitement thermique en France. Ce questionnaire vise à identifier les principales caractéristiques des technologies de mesure en semi-continu des dioxines mises en place : coût d'investissement, frais d'exploitation, résultats mensuels obtenus, principales difficultés rencontrées, satisfaction des maîtres d'ouvrage et moyens de communication utilisés vis-à-vis du grand public.

2.3. Représentativité de l'échantillon

L'enquête a été envoyée à 116 collectivités identifiées comme maîtres d'ouvrage d'une installation de traitement thermique de déchets ménagers, représentant 124 unités. 76 questionnaires, dont 66 complétés dans leur intégralité, ont été reçus et exploités dans la suite de l'étude. L'ensemble des questions n'étant pas obligatoire, une taille d'échantillon inférieure a été utilisée pour l'exploitation des données de certaines questions et les conclusions tirées doivent être nuancées en conséquence. La taille de l'échantillon utilisé pour construire chaque graphe est précisée en légende.

Parmi les 76 réponses, 36 installations sont des délégations de service public, 31 sont en marché de prestation de service, 6 sont gérées en régie et 3 sont des installations privées.

Ces 76 usines ont traité 7,5 millions de tonnes de déchets ménagers en 2014, soit plus de la moitié des tonnages traités par les installations de traitement thermique⁶. La plus petite unité a traité 8 161 tonnes et la plus grosse 346 313 tonnes. Les installations sont composées de 1 à 4 lignes de four. Près de 50 % des installations ayant participé à l'enquête possèdent 2 lignes de four pour une capacité de traitement moyenne de 100 322 tonnes/an. Seulement 4 % des installations présentent 4 lignes de four (cf. *Tableau 1*).

| | Nombre d'installations de traitement thermique | Capacité de traitement moyenne des installations (T/an) |
|----------|--|---|
| 1 ligne | 25 | 41 515 |
| 2 lignes | 35 | 100 322 |
| 3 lignes | 13 | 183 453 |
| 4 lignes | 3 | 197 568 |

Tableau 1 : Nombre de lignes de traitement et capacité moyenne des installations de traitement thermique ayant répondu à l'enquête

⁶ Enquête sur les installations de traitement des ordures ménagères (ITOM) 2012, ADEME

3. Analyse des résultats

3.1. Mise en place du suivi en semi-continu des dioxines dans les usines de traitement thermique

Technologies mises en place

Parmi les 76 installations ayant participé à l'enquête, 49 sont équipées de la technologie AMESA, 14 installations de la technologie DECS et 13 de la technologie DMS. Étant donné que chaque ligne de four est équipée de son propre dispositif de mesure, cela représente 94 systèmes AMESA, 25 systèmes DECS et 26 systèmes DMS.

Évolution du nombre d'installations équipées pour la mesure des dioxines en semi-continu

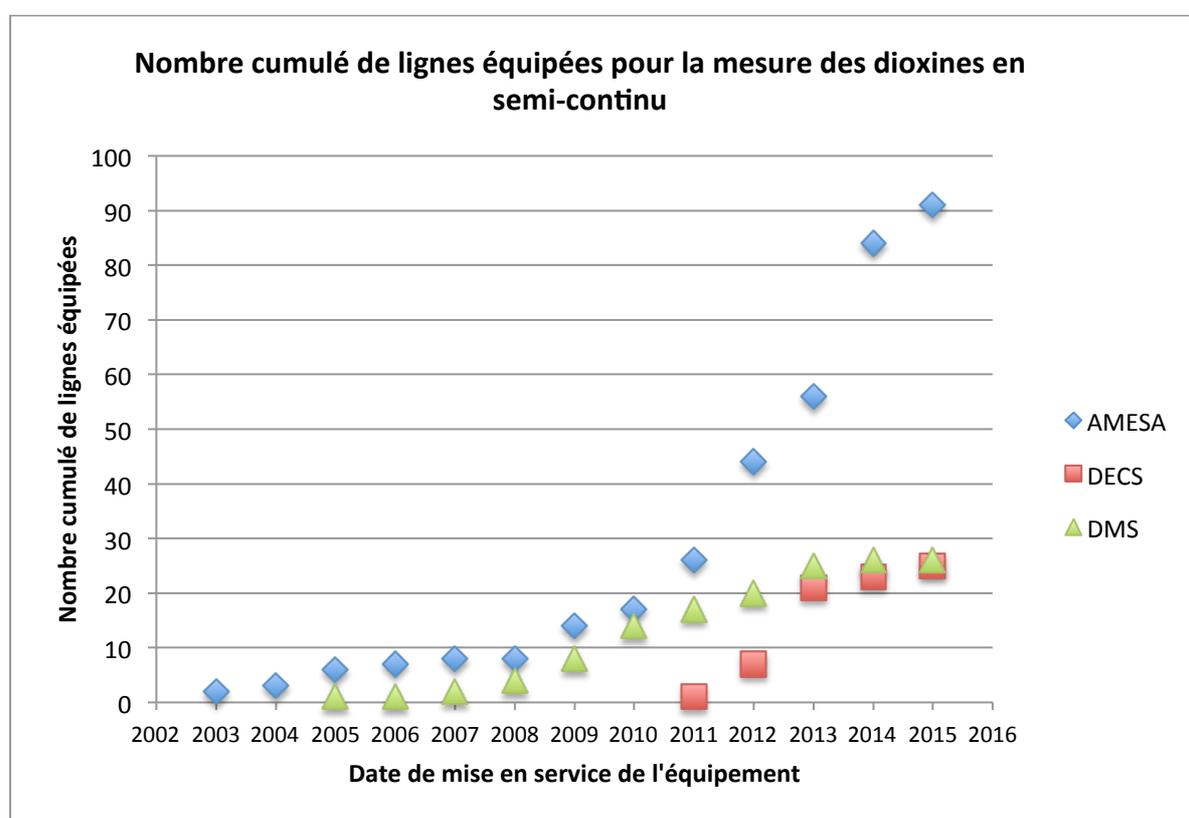


Figure 5 : Évolution du nombre de lignes de four équipées pour la mesure des dioxines en semi-continu (taille de l'échantillon : 74 installations soit 142 lignes)

À partir de la publication de l'arrêté du 03 août 2010 imposant la mesure en semi-continu des dioxines à compter du 1^{er} juillet 2014 pour les installations en fonctionnement (et du 1^{er} juillet 2011 pour les nouvelles unités), le nombre de lignes équipées a connu une forte progression (cf. Figure 5). Les collectivités ont bien anticipé l'obligation de mise en place de mesures des dioxines : 22 % des lignes de four étaient déjà équipées en 2010 et 50 % en 2012.

3.2. Coûts et financement de la mise en place des dispositifs de mesure

Coût d'investissement

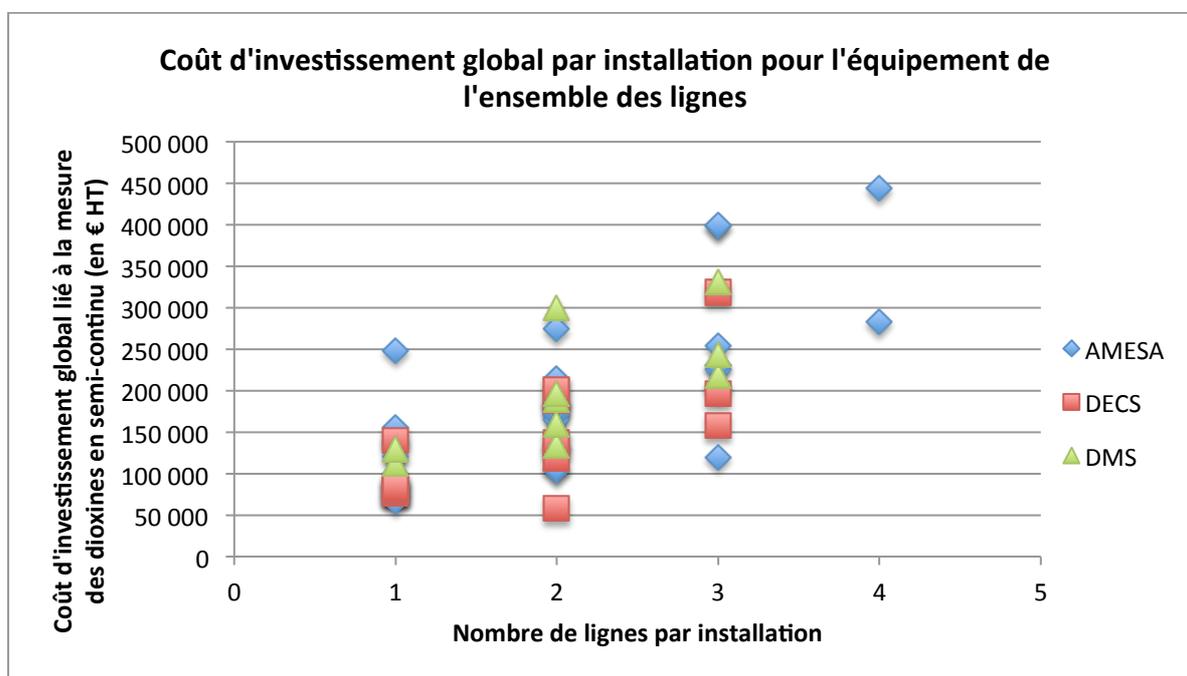


Figure 6 : Coût d'investissement global en € HT lié à la mesure des dioxines en semi-continu par installation en fonction du nombre de lignes de four (taille de l'échantillon : 62 installations soit 121 lignes dont 76 technologies AMESA, 24 DECS et 21 DMS)

Le coût d'investissement moyen lié à la mise en place de la mesure en semi-continu des dioxines se situe aux alentours de 90 000 € HT par ligne de four. De manière plus détaillée, la technologie DMS revient environ à 100 000 € HT/ligne de four (le modèle compact à une seule sonde reviendrait à 80 000 € HT/ligne de four selon le constructeur), 98 000 € HT pour la technologie AMESA et 80 000 € HT pour la technologie DECS. Le coût moyen par ligne, toutes technologies confondues, diminue avec le nombre de lignes équipées : 108 000 € HT/ligne lorsque l'installation est équipée d'une seule ligne de four, 87 000 € HT/ligne lorsqu'il y a 2 lignes et 84 000 € HT/ligne lorsqu'il y a 3 lignes. Seules les unités à 4 lignes de four présentent un coût moyen par ligne supérieur (102 000 € HT), mais ce résultat peut s'expliquer par le manque de représentativité des installations à 4 lignes de four dans l'échantillon, seulement 2 unités ayant répondu à cette question (cf. Figure 6).

46 % des installations ont déclaré avoir reçu des subventions de l'ADEME (ainsi que d'un Conseil Départemental pour une installation). Le montant moyen des subventions accordées est de 38 000 € par ligne, ce qui représente en moyenne 43 % de l'investissement total.

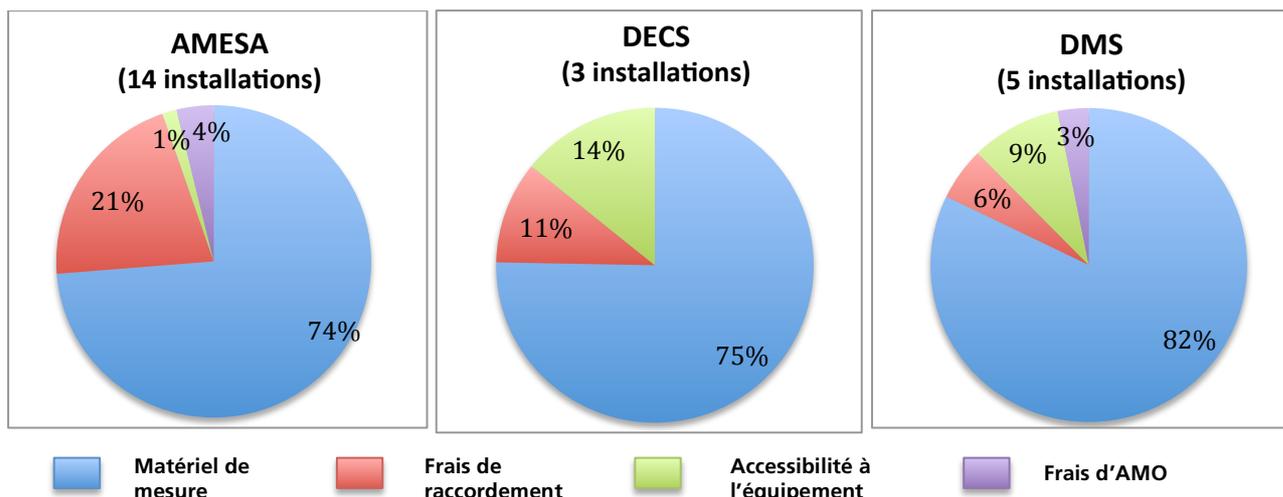


Figure 7 : Répartition des coûts d'investissement moyens des installations par catégorie de dépense (taille de l'échantillon : 22 installations, 42 lignes)

Quel que soit le nombre de lignes de four présentes dans les installations, la répartition des coûts entre les différents postes de dépenses reste sensiblement la même. Les graphiques de la figure 7 ont été faits à partir des données de chaque installation. La répartition des coûts entre les différents postes de dépenses ne dépend pas du nombre de lignes de four présentes dans les installations. Lors de la mise en place des systèmes de mesure en semi-continu de dioxines, le poste de dépense le plus important, toutes technologies confondues, a été l'achat du matériel de mesure (environ $\frac{3}{4}$ de l'investissement global). La répartition des autres postes de dépenses varie en fonction de la technologie utilisée : entre 5 et 21 % pour les frais de raccordement et entre 1 et 15 % pour l'accessibilité à l'équipement. Les frais d'AMO représentent moins de 4 % des dépenses. À noter que ces chiffres sont à prendre avec précaution, car certains maîtres d'ouvrage ont parfois comptabilisé les frais de raccordement et l'accessibilité avec le coût du matériel de mesure.

Parmi les aménagements ayant été nécessaires lors de la mise en place des dispositifs de mesure en semi-continu, environ $\frac{1}{3}$ des maîtres d'ouvrage ont déclaré avoir dû construire des abris et environ $\frac{1}{4}$ des passerelles.

Frais d'exploitation annuels

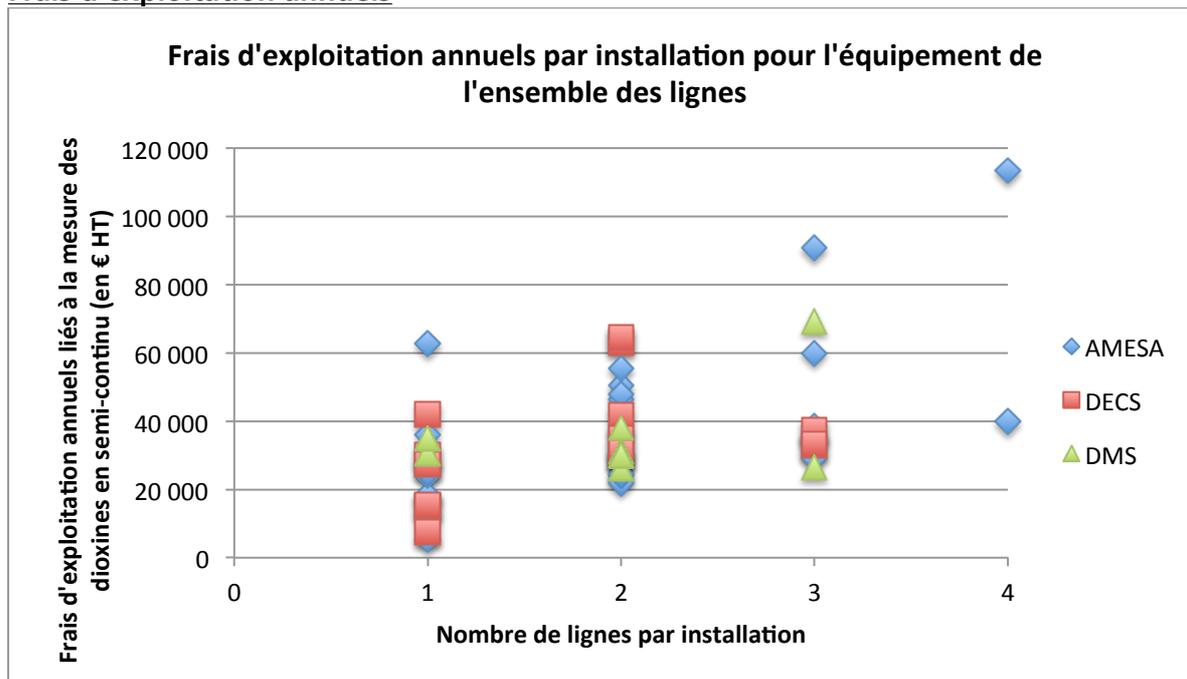


Figure 8 : Frais d'exploitation annuels en € HT liés à la mesure en semi-continu de dioxines par installation en fonction du nombre de lignes (taille de l'échantillon : 56 installations soit 109 lignes dont 64 technologies AMESA, 25 DECS et 20 DMS)

Les frais d'exploitation annuels des systèmes de mesure en semi-continu de dioxines (maintenance préventive, maintenance curative et gestion des cartouches de prélèvement) présentent une forte disparité entre les installations, qui peut s'expliquer par une éventuelle non prise en compte de l'ensemble des coûts sur certaines installations. Les frais d'exploitation annuels moyens liés à la mesure en semi-continu des dioxines sont de 20 700 € HT par ligne pour la technologie DECS, 19 800 € HT pour la technologie AMESA et 19 000 € HT pour la technologie DMS. Les frais moyens par ligne, toutes technologies confondues, diminuent avec le nombre de lignes équipées : 27 000 € HT/ligne lorsque l'installation est équipée d'une seule ligne de four, 19 000 € HT/ligne lorsqu'il y a 2 lignes et 15 000 € HT/ligne lorsqu'il y a 3 lignes. Seules les unités à 4 lignes de four présentent des frais moyens par ligne supérieurs (19 000 € HT), mais ce résultat peut s'expliquer par le manque de représentativité du nombre d'unités à 4 lignes de four (Figure 8).

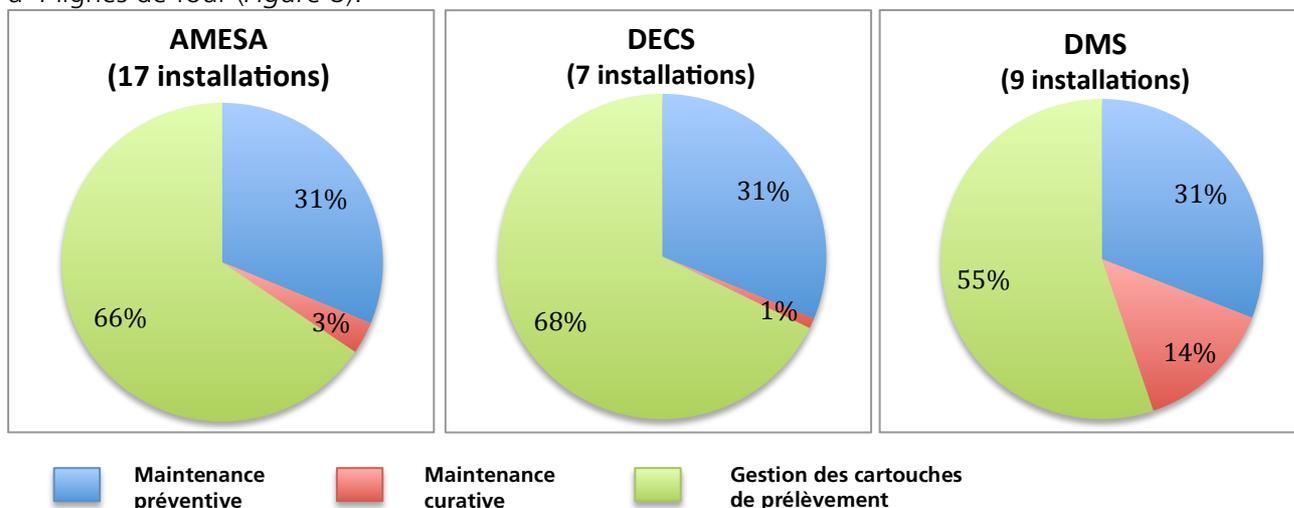


Figure 9 : Répartition des frais d'exploitation annuels moyens des installations par type de poste (taille de l'échantillon : 33 installations, 64 lignes)

La figure 9 montre que, quelle que soit la technologie utilisée, environ 2/3 des frais d'exploitation annuels correspondent à la gestion des cartouches de prélèvement et 1/3 à la maintenance préventive. Les coûts de maintenance curative sont supérieurs pour les installations utilisant la technologie DMS : cela s'explique par le fait que pour les 2 autres technologies, les fabricants proposent des contrats comprenant à la fois le service préventif et curatif. Ainsi, la maintenance curative est en partie comprise dans la part correspondant à la maintenance préventive.

3.3. Résultats des mesures

Résultats des analyses mensuelles de mesure en semi-continu de dioxines

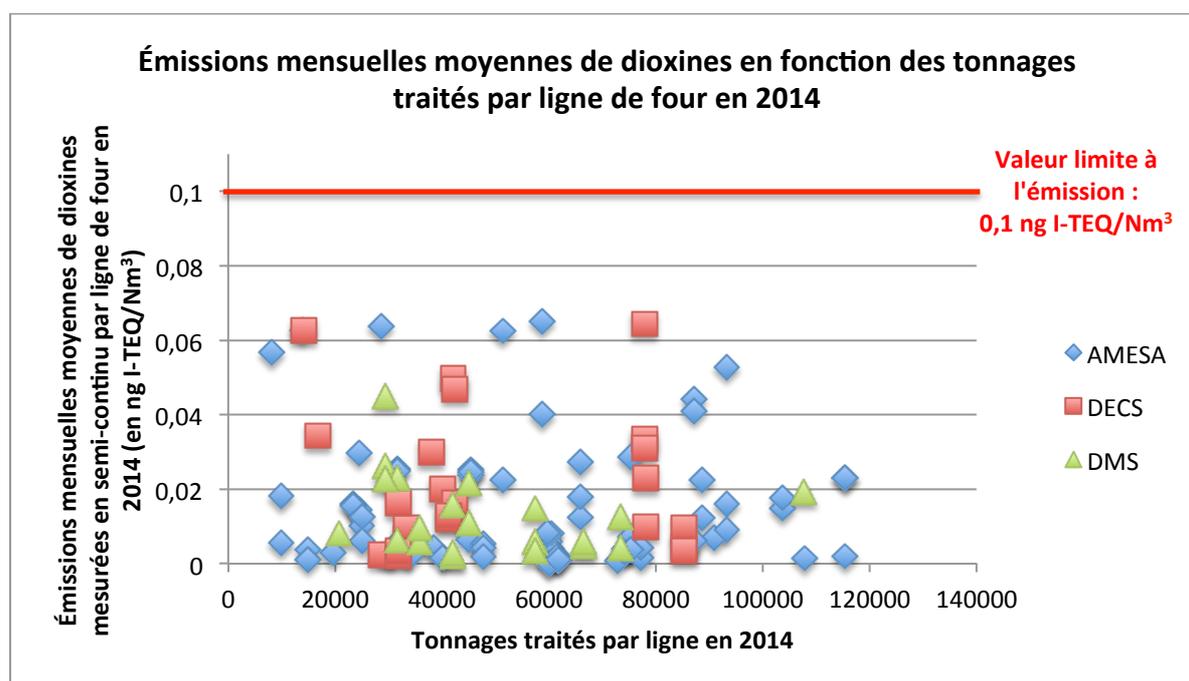


Figure 10 : Valeurs mensuelles moyennes des analyses de dioxines en semi-continu en fonction des tonnages traités par ligne de four en 2014 (taille de l'échantillon : 64 installations soit 119 lignes dont 75 technologies AMESA, 23 DECS et 21 DMS)

Les moyennes mensuelles des mesures de dioxines en semi-continu effectuées sur chaque ligne de four sont toutes largement inférieures à la valeur limite à l'émission, fixée par la réglementation à 0,1 ng I-TEQ/Nm³. Au vu de la forte disparité des valeurs obtenues, il n'existe pas vraiment de lien entre tonnages traités et quantités de dioxines mesurées en semi-continu, ni de différences significatives entre les différentes technologies utilisées (cf. Figure 10).

Écarts entre les valeurs de prélèvements en semi-continu et ponctuels observés lors du test de réception du matériel

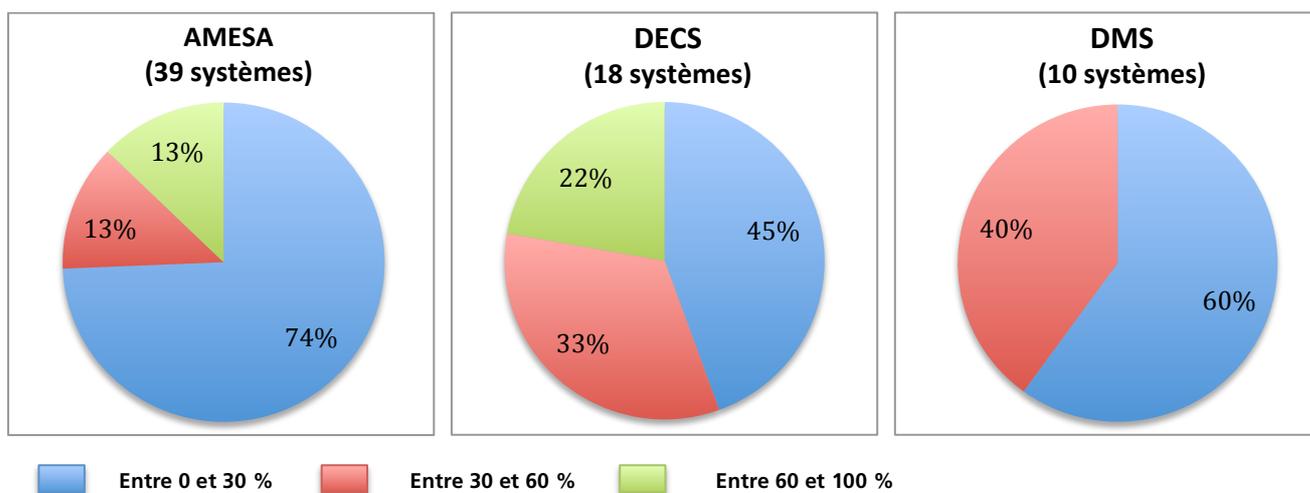


Figure 11 : Écarts entre les valeurs de prélèvements continus et ponctuels observés lors du test de réception du matériel (taille de l'échantillon : 33 installations, 68 lignes)

74 % des lignes équipées de la technologie AMESA, 60 % de la technologie DMS et 45 % de la technologie DECS ont présenté un écart lors du test de réception de matériel compris entre 0 et 30 %. Aucune ligne équipée de la technologie DMS n'a présenté un écart supérieur à 60 % lors du test de réception du matériel, contrairement aux technologies DECS et AMESA, dont respectivement 22 et 13 % des lignes équipées ont présenté un tel écart (cf. Figure 11).

L'écart est d'autant plus important que la concentration en dioxines mesurée est faible. La norme EN1948-5 définit des écarts de 35 à 100 % pour des concentrations de 0.1 à 0.02 ng I-TEQ/m³. Il est donc tout à fait normal d'observer des écarts entre les valeurs mesurées en semi-continu et les valeurs ponctuelles. D'autant que ces mesures sont parfois faites sur des incinérateurs en fonctionnement nominal ayant des rejets inférieurs à 0.005 ng I-TEQ /m³.

Écarts entre les valeurs de prélèvements en semi-continu et les prélèvements ponctuels observés durant l'année 2014

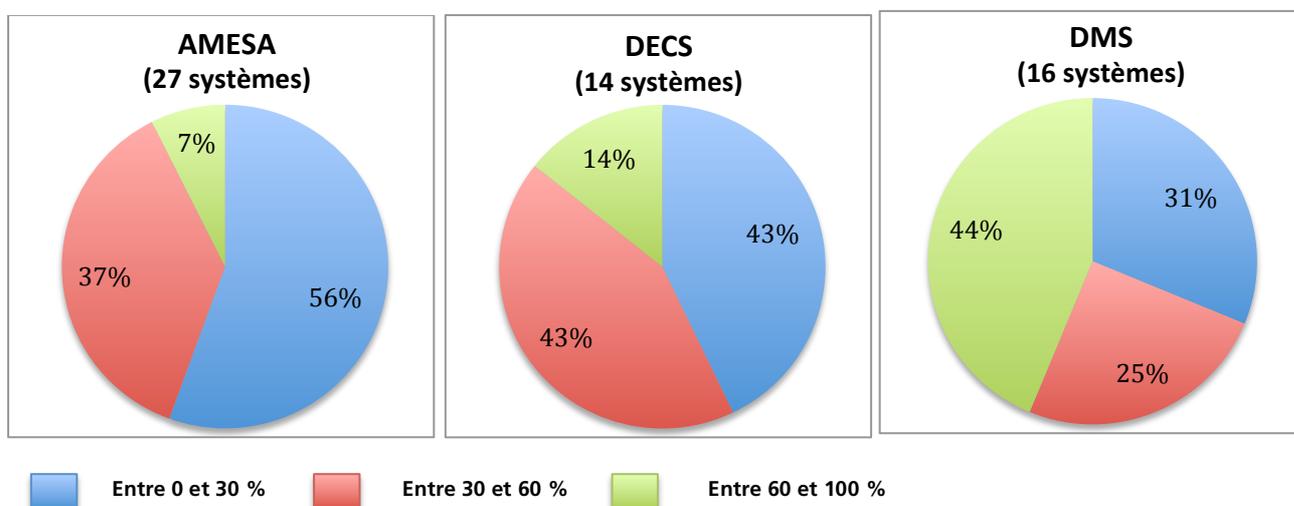


Figure 12 : Écarts entre les valeurs de prélèvements continus et ponctuels sur les tests effectués en 2014 (taille de l'échantillon : 32 installations, 57 lignes)

Les écarts observés entre les prélèvements en semi-continu et les prélèvements mensuels en 2014 sont très variables d'une technologie à une autre. Plus de la moitié des lignes équipées de la technologie AMESA ont présenté un écart compris entre 0 et 30 % tandis que les lignes équipées de la technologie DECS ont en grande majorité montré des écarts compris entre 0 et 60 %. Enfin, les écarts observés sur les lignes équipées du système DMS sont compris, pour près de la moitié des lignes, entre 60 et 100 % (cf. *Figure 12*). Pour ce dernier, les différences entre les écarts observés lors du test de réception du matériel et ceux observés lors du fonctionnement courant en 2014 peuvent s'expliquer par le fait que les réponses à ces deux questions n'ont pas été données par les mêmes installations.

Temps d'indisponibilité du système de mesure en 2014

Sur une année, le temps cumulé d'indisponibilité d'un dispositif de mesure en semi-continu des dioxines est basé sur le temps de fonctionnement de l'installation. Il ne peut excéder 15 % du temps de fonctionnement de la ligne d'incinération correspondante (arrêté du 3 août 2010). D'après les résultats de l'enquête, les différentes technologies présentent des temps d'indisponibilité similaires. En 2014, 86 % des systèmes de mesure ont présenté un temps d'indisponibilité inférieur à 5 %, 9 % un temps d'indisponibilité compris entre 5 et 10 % et moins de 5 % des systèmes ont été indisponibles pendant 10 à 15 % du temps de fonctionnement de l'installation.

Délai moyen de remise du rapport d'analyse

Les délais moyens de remise du rapport par les laboratoires d'analyse sont pour la plus grande majorité (74 % des installations) compris entre 4 et 7 semaines. 14 % des installations se voient remettre le rapport dans un délai inférieur à 4 semaines et 12 % dans un délai supérieur à 7 semaines.

3.4. Communication des résultats aux citoyens

69 % des maîtres d'ouvrage mettent à disposition du grand public les résultats d'analyses des dispositifs de mesure en semi-continu de dioxines. Les moyens de communication les plus utilisés sont la diffusion sur le site Internet de la collectivité maître d'ouvrage et la communication *via* leur rapport d'activité annuel. La communication peut aussi se faire à travers les commissions de suivi de site. Quelques collectivités ont déclaré diffuser les résultats dans les journaux locaux, à l'entrée de l'usine ou dans un lieu public (par exemple en mairie). La communication des résultats se fait à une fréquence mensuelle dans 1/3 des cas et 2/3 le font plus ponctuellement, en général une fois par an dans le rapport d'activité.

Parmi les 46 maîtres d'ouvrage ayant déclaré communiquer les résultats d'émissions de dioxines, un seul a indiqué avoir déjà eu des retours des citoyens. Ces derniers ont, pour la plupart, déclaré être rassurés de savoir que des mesures permanentes de dioxines étaient effectuées.

3.5. Niveau de satisfaction global

Difficultés rencontrées lors de la mise en œuvre de la technologie de prélèvement en semi-continu

Lors de la mise en œuvre de la technologie de prélèvement choisie par les maîtres d'ouvrage, certaines difficultés ont été rencontrées, indépendamment de la technologie utilisée :

- Choix et installation du matériel

Pour certains maîtres d'ouvrage, la première étape à franchir a été de sélectionner une technologie parmi les 3 constructeurs, ainsi que de répondre à des interrogations concernant les organismes d'analyse et les accréditations. Les difficultés suivantes ont aussi été citées par plusieurs maîtres d'ouvrage : la difficulté d'installation des cannes de prélèvement dans les conduits de cheminée et le manque de place pour le piquage au fur et à mesure des nouvelles réglementations (superposition par rapport aux autres mesures), la nécessité de se prémunir du froid et du gel lorsque la cheminée et les analyseurs sont en extérieur et la nécessité de poser des passerelles pour l'accessibilité aux préleveurs.

- Mise en service du matériel de prélèvement

Certaines installations ont cité des écarts importants entre les mesures en semi-continu des cartouches de prélèvement et les mesures ponctuelles lors du test de réception du matériel. D'autres problèmes ont pu également être rencontrés : sous-dimensionnement des systèmes de refroidissement ou des cannes de prélèvement, problèmes de réfrigération des armoires d'analyses ou de maintien de la température des sondes, problèmes de disponibilité liés au courant ondulé ou encore problèmes de bouchage de cannes suite à des défauts d'isocinétisme.

- Suivi informatique et maintenance

Quelques problèmes spécifiques à certaines installations ont été cités : difficultés à effectuer la programmation de la mise en service de l'appareil, problèmes de lecture de l'écran de commande et de la clé USB pour la sauvegarde des données, problèmes de communication entre le système de mesure et la supervision pour les critères de Marche et Standby des préleveurs ou encore changement fréquent d'interlocuteur.

En 2010, une installation a rencontré des difficultés avec l'installateur qui n'était pas encore suffisamment au fait des contraintes techniques et réglementaires du matériel lors de l'installation des préleveurs (à cette date seulement 20 % des usines interrogées étaient équipées et les retours d'expérience étaient donc encore faibles).

Difficultés rencontrées dans le fonctionnement courant

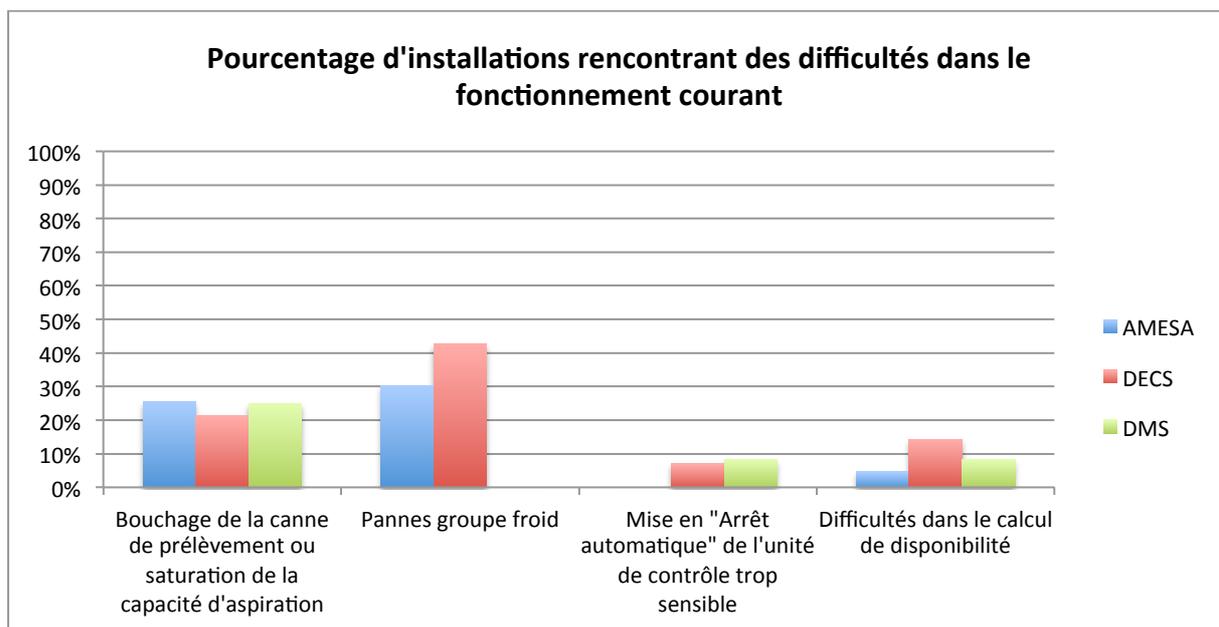


Figure 13 : Pourcentage d'installations rencontrant certaines difficultés dans le fonctionnement courant des appareils de mesure en semi-continu des dioxines (taille de l'échantillon : 69 installations soit 132 lignes dont 83 technologies AMESA, 25 DECS et 24 DMS)

La panne de groupe de refroidissement a été le problème le plus fréquemment rencontré par les installations équipées des technologies AMESA et DECS (la technologie DMS n'utilise pas de système de refroidissement), respectivement 30 et 43 % des installations. Environ ¼ des maîtres d'ouvrage ont déclaré avoir rencontré des problèmes de bouchage de canne de prélèvement ou de saturation de la capacité d'aspiration (cf. *Figure 13*).

15 % des maîtres d'ouvrage ont signalé d'autres types de problèmes apparaissant sur certaines installations : forte sensibilité des groupes froids, problèmes de condensation, usure des vannes et des pompes, oxydation du compteur de débit, problème avec les joints du compteur à gaz, grippage des pompes de prélèvement, tests d'étanchéité défectueux au changement de cartouche, défauts de communication entre l'armoire de commande et la canne de prélèvement, etc.

Niveau de satisfaction

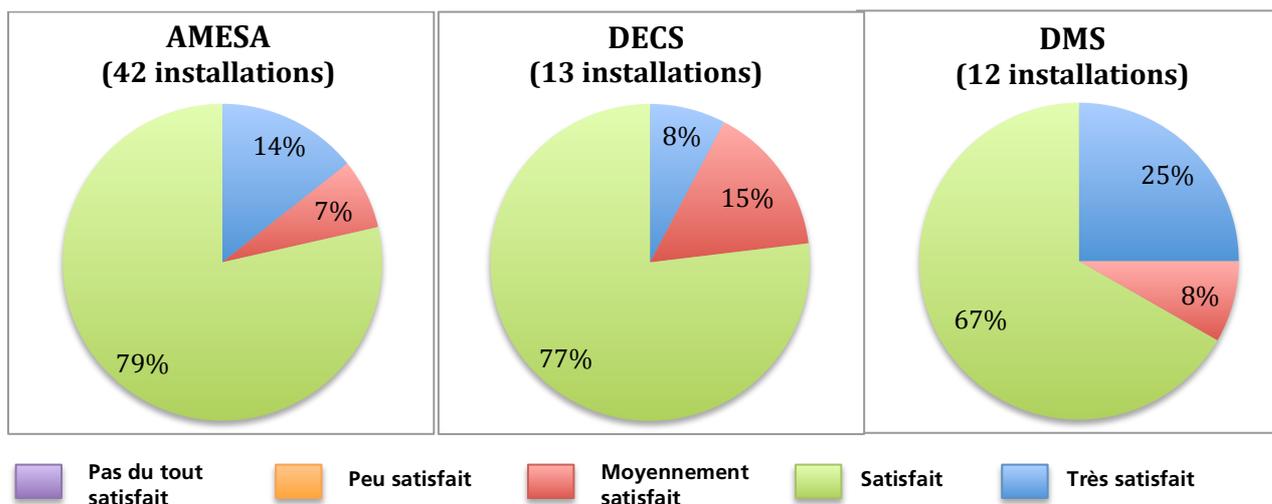


Figure 14 : Satisfaction des maîtres d'ouvrage par rapport à la technologie utilisée pour la mesure des dioxines en semi-continu (taille de l'échantillon : 67 installations, 129 lignes)

90 % maîtres d'ouvrage se déclarent satisfaits voire très satisfaits de leur(s) appareil(s) de mesure, toutes technologies confondues. Aucun maître d'ouvrage ne s'est déclaré pas du tout satisfait ou peu satisfait des appareils de mesure utilisés (cf. *Figure 14*).

Les maîtres d'ouvrage apprécient particulièrement, dans les 3 technologies utilisées, les qualités techniques suivantes : la simplicité de conception et d'utilisation des appareils (prélèvement, manipulation des cartouches), leur fiabilité, leur autonomie, leur robustesse, leur faible maintenance (dont une partie de la maintenance courante peut être effectuée par une personne en interne) ainsi que la fiabilité des résultats obtenus.

CONCLUSION

L'enquête menée auprès des maîtres d'ouvrage d'installation de traitement thermique des déchets ménagers a permis d'établir un bilan des technologies utilisées pour la mesure en semi-continu de dioxines. Ce bilan peut toutefois être nuancé au vu de la taille de l'échantillon, parfois assez faible sur certaines questions. La technologie la plus fréquemment utilisée pour les installations ayant répondu à l'enquête est la technologie AMESA (65 % des lignes équipées). Les deux autres technologies sont présentes dans des proportions similaires, puisque 18 % des lignes sont équipées de la technologie DMS et 17 % de la technologie DECS, cette dernière étant arrivée plus tardivement sur le marché. Il semblerait que cette répartition soit en réalité plus proche de 50 % de lignes équipées de la technologie AMESA, 25 % de DECS et 25 % de DMS.

Aspects économiques :

Le coût d'investissement moyen s'élève à environ 90 000 € HT par ligne de four et les frais annuels d'exploitation moyens sont de l'ordre de 20 000 € HT par ligne. Parmi les différents postes de dépenses des frais d'exploitation annuels, la gestion des cartouches de prélèvement est le plus onéreux, notamment dû au fait que les analyses en laboratoire sont particulièrement longues et coûteuses. Le coût de gestion des cartouches dépend du laboratoire et est indépendante de la technologie utilisée. Des économies d'échelle sont réalisées pour les unités disposant de plusieurs lignes de four, le coût d'équipement et de gestion par ligne diminuant avec l'augmentation du nombre de lignes de four par installation de traitement.

Aspects techniques :

Les émissions mensuelles moyennes de dioxines mesurées en semi-continu sur chaque ligne de four sont largement inférieures à la valeur limite à l'émission de 0,1 ng I-TEQ/Nm³ fixée par la réglementation. Ces mesures sont complémentaires des mesures ponctuelles car, les émissions de dioxines étant extrêmement faibles, la valeur obtenue par une mesure en semi-continu, sur une période beaucoup plus longue, sera plus précise. Elles permettent d'avoir un suivi tout au long de l'année des quantités de dioxines émises par l'installation. Le maître d'ouvrage garde ces données à disposition et peut les communiquer auprès de la population locale à travers divers moyens de communication, le plus utilisé étant la diffusion des résultats *via* le rapport annuel d'activité.

Satisfaction générale :

Le niveau de satisfaction général est très bon, 90 % des maîtres d'ouvrage se déclarant satisfaits de leur(s) dispositif(s) de mesure en semi-continu. Quelques difficultés ont été rencontrées lors de la mise en place de la technologie et dans le fonctionnement courant, mais globalement le matériel de mesure est simple d'utilisation, fiable et robuste.

BIBLIOGRAPHIE

Enquête ITOM données 2012, ADEME 2015

Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France, CITEPA, 2015 – Format SECTEN

Mesure en semi-continu de dioxines à l'émission des UIOM, Situation en France en 2007, ADEME

GLOSSAIRE

AMESA : Adsorption Method for Sampling of dioxins and furans

AMO : Assistant à Maîtrise d'Ouvrage

DECS : Dioxins Emissions Continuous Sampling

DMS : Dioxin Monitoring System

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

GWh : Giga Watt Heure

Nm³ : Normaux mètres cube

OMR : Ordures Ménagères Résiduelles

PCB : Polychlorobiphényle

PCDD : Polychlorodibenzoparadioxine

PCDF : Polychlorodibenzofuranne



AMORCE

18, rue Gabriel Péri – CS 20102 – 69623 Villeurbanne Cedex

Tel : 04.72.74.09.77 – **Fax** : 04.72.74.03.32 – **Mail** : amorce@amorce.asso.fr

www.amorce.asso.fr -  @AMORCE