

Destruction des PCDD/PCDF combinée au dépoussiérage par filtres à manches



Expérience de l'emploi
d'un système de filtration
catalytique dans une
usine d'incinération de
déchets médicaux

Keith J. Fritsky

W. L. Gore & Associates, Inc.
101 Lewisville Road
Elkton, MD
USA
kfritsky@wlgore.com

John H. Kumm*

EA Engineering
Science & Technology
15 Loveton Circle
Sparks, MD
USA
jkumm@eaest.com

Michael Wilken

Michael Wilken
UmweltConsulting
Florastrasse 8
D-12163 Berlin
Germany



Résumé

Phoenix Services, Inc. possède et exploite l'incinérateur régional de déchets médicaux de Baltimore, dans le Maryland (USA). La nouvelle réglementation concernant les dioxines et furanes imposait une limite considérablement inférieure aux niveaux d'émission du passé. Afin de trouver une méthode susceptible de répondre aux nouvelles exigences, Phoenix Services a effectué des essais avec du charbon actif.

Bien que les résultats aient été acceptables, Phoenix Services a décidé de remplacer ses filtres à manches en fibre de verre tissée par des filtres catalytiques, permettant à la fois de détruire les dioxines et furanes et de collecter les particules de poussière. Le système de filtration catalytique offrait plusieurs avantages à Phoenix Services, dont la destruction des dioxines et furanes au lieu de leur adsorption sur charbon actif. Les filtres catalytiques constituaient également une solution passive, n'exigeant pas d'investir dans un nouvel équipement d'injection de charbon actif.

En janvier 2000, une campagne a été lancée en vue de mesurer les concentrations en dioxines/furanes et particules de poussière. Ces mesures ont permis d'évaluer le système de filtration catalytique. Les enseignements clés de cette étude ont été notamment les suivants:

- Les émissions de dioxines/furanes étaient inférieures à 0,1 ng (TEQ)/Nm³ à 11% de O₂. Cette concentration est inférieure d'environ deux ordres de grandeur aux moyennes du passé, et bien inférieure aux limites de la nouvelle réglementation, aussi bien pour les sources existantes que pour les nouvelles sources de ce type.
- La quantité de dioxines/furanes détruite par les filtres catalytiques était d'environ 1,73 ng (TEQ)/Nm³ à 11% de O₂.
- Les émissions de particules étaient 12 à 17 fois plus faibles que la limite réglementaire.

Introduction

Description de l'usine

L'incinérateur régional de déchets médicaux de Baltimore traite les déchets médicaux réglementés et déchets généraux des hôpitaux et cliniques de Baltimore, dans le Maryland, ainsi que les déchets médicaux réglementés d'établissements de santé de toute la partie centrale de la côte atlantique des Etats-Unis. La zone de couverture de l'usine est limitée par arrêté local à un rayon d'environ 400 km autour de Baltimore. L'usine, entrée en service commercial en 1991, est le plus grand incinérateur dédié aux déchets médicaux dans le monde et est désormais possédée et exploitée par Phoenix Services, Inc.

L'unité de traitement se compose de deux lignes d'incinération identiques du type à atmosphère contrôlée, ayant chacune une capacité de traitement de 77 tonnes de déchets par jour. L'ensemble de l'usine est autorisée à traiter jusqu'à 136,4

tonnes par jour. Chaque ligne d'incinération comprend trois chambres de combustion (primaire, secondaire et tertiaire), un générateur de vapeur à récupération de chaleur et un système de contrôle de pollution à injection sèche et filtres en tissu. Les déchets sont chargés dans la chambre primaire de l'incinérateur par un poussoir hydraulique.

La chambre primaire se compose d'une série de foyers étagés, équipés chacun d'un poussoir hydraulique. Une quantité d'air comburant sous-stœchiométrique est apportée en continu par tuyauteries à chaque foyer, maintenant la température dans la chambre de combustion à environ 900 °C. En l'espace d'environ 8 heures, les solides sont culbutés d'un foyer à l'autre et réduits en scories. Les gaz combustibles se dégageant des solides pyrolysés sont brûlés avec excès d'air dans la chambre secondaire, maintenue à une température d'environ 1000 °C. Les gaz de combustion sont alors maintenus à plus de 1000 °C pendant une seconde supplémentaire dans la chambre tertiaire. En sortie de la chambre tertiaire, de l'air de refroidissement est ajouté pour ramener la température des gaz à environ 427 °C, les gaz de combustion passant alors dans la chaudière à tubes de fumée. L'air de refroidissement est conçu de manière à ramener la température des gaz de combustion au-dessous du point de fusion des sels métalliques alcalins caractéristiques des gaz de combustion de déchets solides et susceptibles de colmater les surfaces d'échange de chaleur.

L'énergie récupérée sous forme de vapeur dans la chaudière est délivrée aux dispositifs d'entraînement des ventilateurs de tirage par aspiration et utilisée pour chauffer le bâtiment et l'eau de désinfection des conteneurs recyclables de transport des déchets. Les fumées sortent de la chaudière à environ 275 °C et entrent dans un distributeur permettant de relier l'un ou l'autre des deux incinérateurs à l'un ou l'autre des deux systèmes de dépollution.

Les gaz quittant le distributeur passent ensuite à travers des conduites de transfert au laveur à sec. L'usine a été conçue à l'origine pour utiliser de la chaux éteinte sèche (Ca(OH)₂) pour le lavage des gaz acides (HCl et SO₂). La gamme de température visée pour la réaction avec ce matériau est comprise entre 120 °C et 150 °C. Une tour de refroidissement verticale à eau claire a été installée à l'origine pour assurer le refroidissement additionnel des gaz exigé en aval de la chaudière. Le chaux éteinte était introduite par gravité dans un réacteur conçu sur mesure pour recycler en interne les solides afin de minimiser la consommation d'adsorbant.

Suite à des problèmes d'exploitation, la chaux éteinte a été remplacée en 1994 par du bicarbonate de sodium (NaHCO₃). A cette époque, la tour de refroidissement a été mise hors service puisque la réaction entre l'adsorbant alcalin qu'est le sodium et les gaz acides peut avoir lieu à une température supérieure. Avec refroidissement par radiation et admission d'air, la température d'entrée dans les filtres à manches pouvait être maintenue inférieure à la limite de 260 °C.

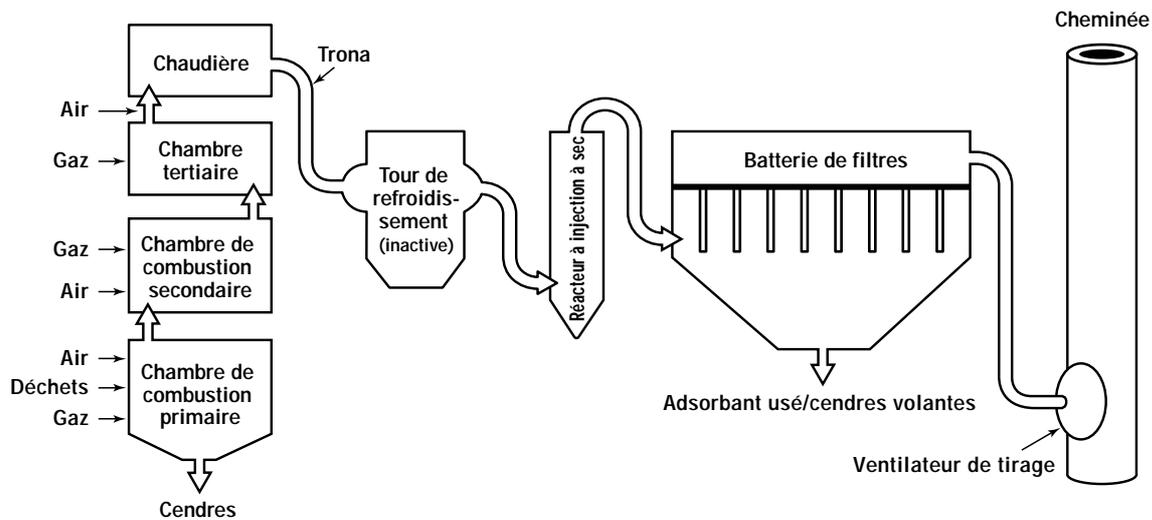


Figure 1. Synoptique de l'usine d'incinération de déchets médicaux de Phoenix Services (les entrées de gaz naturel ne sont utilisées qu'au démarrage et à l'arrêt).

En 1996, le bicarbonate de sodium a été remplacé par du sesquicarbonate de sodium ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ou trona (ou encore tronite), adsorbant sodé moins coûteux, actuellement utilisé dans l'usine. Après être passées dans le système de lavage à sec, les fumées chargées de poussière entrent dans une batterie de filtres à manches à quatre compartiments à jet pulsé. Les gaz de combustion sont aspirés à travers les filtres par un ventilateur de tirage, pour être évacués ensuite par une cheminée unique, commune aux deux lignes d'incinération. La figure 1 montre un synoptique de l'une des lignes.

Normes d'émission

Compte tenu de son caractère unique en son genre d'installation à grande échelle exposée aux yeux du public, l'Etat du Maryland a imposé de sévères normes d'émission à l'usine, dès le début du projet, aussi bien quant aux critères qu'au niveau des polluants atmosphériques dangereux. En septembre 1997, en application des articles 111 et 129 de la loi relative à la propreté de l'air (« Clean Air Act »), l'Agence américaine de l'environnement (« EPA ») a promulgué de nouvelles normes et directives sur les performances des sources d'émission pour les incinérateurs nouveaux et existants de déchets hospitaliers, médicaux et infectieux. Les exigences les plus sévères concernaient les unités capables de traiter plus de 5,5 tonnes de déchets par jour.

Les nouvelles limites d'émission de particules, monoxyde de carbone (CO), oxydes d'azote (NO_x) et gaz acides (HCl et SO_2) sont essentiellement les mêmes que celles imposées par le permis d'exploitation d'origine. Toutefois, pour certains polluants atmosphériques dangereux (plomb [Pb], cadmium [Cd], mercure [Hg] et dioxines/furanes [PCDD/PCDF]), la nouvelle réglementation impose des limites

basées sur les concentrations. Auparavant, la conformité en termes d'émission de polluants atmosphériques dangereux était basée sur les risques, faisant appel à des modèles de dispersion pour démontrer l'acceptabilité de l'impact des émissions sur l'environnement. Les limites basées sur les concentrations stipulées dans la nouvelle réglementation sont beaucoup plus sévères que celles basées sur les risques. Même si les résultats d'essais antérieurs de conformité indiquaient qu'il était possible de respecter les nouvelles limites fixées pour les métaux, la nouvelle limite de 2,3 ng (TEQ)/dscm à 7 % de O_2 (1,76 ng (TEQ)/ Nm^3 à 11 % de O_2) adoptée pour les PCDD/PCDF est, considérablement inférieure aux niveaux de PCDD/PCDF mesurés par le passé durant les essais de conformité menés à l'usine.

Alternatives envisagées

Pour aller au devant des exigences éventuelles de réduction des émissions de PCDD/PCDF, Phoenix avait effectué des essais, fin 1995, à la fois avec du charbon actif (CA) et un produit propriétaire à base de charbon actif, injectés dans les fumées. Les résultats étaient acceptables dans les deux cas et permettaient d'établir une référence pour le futur taux d'injection.

Les essais de conformité menés la même année et l'examen des résultats en matière de dioxines/furanes révélèrent une distribution congénère des PCDD/PCDF, caractéristique d'une synthèse de novo. Parallèlement aux cendres volantes, le chlorure ferrique (FeCl_3) est également considéré comme catalyseur de la synthèse de novo des PCDD/PCDF. Le chlorure ferrique est présent sur les surfaces d'aciers doux ayant été corrodées par l'acide chlorhydrique.

De telles surfaces existent dans les tubes de chaudières, les cuves d'eau de la tour de refroidissement inactive et les tuyauteries de raccordement. L'idée qu'une injection de l'adsorbant alcalin plus en amont pourrait réduire le chlorure ferrique disponible comme catalyseur de la synthèse des PCDD/PCDF donna lieu à un autre essai, fin 1996. A cette époque, le trona fut injecté par voie pneumatique dans les fumées, juste en aval de la chaudière, dans le cadre d'un essai supplémentaire de conformité aux teneurs en dioxines/furanes imposées. Bien que ne fournissant qu'un seul point de données, les résultats étaient encourageants puisque, sur la base du TEQ, les PCDD/PCDF étaient réduits à environ 50% des niveaux moyens enregistrés par le passé.

Une autre incitation à déplacer l'injection de l'adsorbant le plus en amont possible était de réduire la consommation d'adsorbant. Les laveurs à sec utilisant de la chaux éteinte sont souvent installés avec des systèmes de recyclage réinjectant la poussière des manches contenant du calcium non converti afin de réduire la consommation totale d'adsorbant. Un système de recyclage pneumatique en phase diluée avait été ajouté en 1994 au laveur à sec de l'usine et était encore utilisé avec l'adsorbant sodé. Bien qu'ayant un effet positif mesurable sur la consommation totale d'adsorbant sodé, le recyclage avait l'inconvénient d'accroître d'un facteur 2 à 3 la charge de poussière à l'entrée des filtres à manches. Et comme la majeure partie de cette matière solide a déjà été convertie en sels, elle est pour ainsi dire inerte et crée simplement une perte de charge dans les filtres, ce qui augmente les cycles de nettoyage des manches et réduit leur durée de vie mécanique.

Le trona réagit rapidement avec les gaz acides lorsqu'il est en suspension dans le courant de fumées, et sa consommation totale peut être diminuée de manière significative en augmentant simplement le temps de maintien en suspension, avant qu'il n'atteigne les manches. De plus, à la différence de la chaux éteinte, le trona agit à des températures des gaz beaucoup plus élevées, permettant de mettre à profit la dépendance du taux de réaction en fonction de la température. En 1999, des systèmes permanents ont été installés pour le transport pneumatique en phase diluée et l'injection de trona dans les fumées, juste en aval des chaudières. Cette modification a permis d'arrêter le système de recyclage d'adsorbant, d'améliorer le fonctionnement des filtres à manches et de réduire la consommation d'adsorbant. Cependant, bien qu'ayant révélé également un effet favorable sur les concentrations de PCDD/PCDF à la suite d'essais, l'amélioration en elle-même n'était pas suffisante pour ramener les émissions de PCDD/PCDF au-dessous de la nouvelle norme. Une augmentation supplémentaire de l'élimination des dioxines/furanes était par conséquent nécessaire.

Fin 1997, W. L. Gore & Associates, Inc. a proposé un nouveau moyen de filtration à Phoenix Services, Inc. La nouvelle conception alliait un élément filtrant à la destruction catalytique des dioxines et furanes. Par rapport à l'injection classique de CA, la nouvelle technologie offrait à Phoenix les avantages suivants :

- 1) Destruction des PCDD/PCDF en phase gazeuse, au lieu d'une simple adsorption sur un solide.
- 2) Solution passive ne nécessitant pas de nouveau système d'alimentation en produit chimique.
- 3) Conversion à la nouvelle technologie par simple remplacement des manches des filtres.
- 4) Réduction des futures contraintes potentielles liées à l'élimination de résidus solides contaminés par PCDD/PCDF.
- 5) Avantages associés à un élément filtrant à membrane en ePTFE (captage de particules, perte de charge et durée de vie mécanique).

Début 1998, des filtres d'essai ont été installés dans l'une des batteries de filtres de l'usine. 10 mois plus tard, il était constaté que l'activité catalytique des filtres ne s'était pas dégradée, et Phoenix Services décida de remplacer ses manches tissées en fibre de verre par des filtres catalytiques. A partir de mai 1999, les deux batteries de filtres furent complètement équipées du système de filtration catalytique pour contrôler simultanément les émissions de PCDD/PCDF et de particules.

Description du système de filtration catalytique

Le système utilisé par Phoenix Services est le système de catalytique REMEDIA D/F (1, 2). Ce système est une évolution de deux technologies éprouvées: la catalyse et la filtration par surface. Le système se compose d'une membrane en ePTFE et d'un substrat en feutre catalytique. Ce substrat est un feutre aiguilleté fait de fibres de ePTFE contenant un catalyseur éprouvé détruisant les dioxines. Le feutre catalytique détruit les PCDD/PCDF à basse température (180 °C à 260 °C) au moyen d'une réaction catalytique. Les molécules de PCDD/PCDF diffusent à la surface du catalyseur et réagissent pour donner des quantités insignifiantes de CO₂, H₂O et HCl.

Les filtres emploient également une membrane micro poreuse en ePTFE pour la rétention des particules, laminée sur le substrat en feutre catalytique. Cette membrane en GORE-TEX® capte les particules submicroniques, les empêchant de pénétrer dans le substrat en feutre catalytique

ou de le traverser. La membrane offre donc un moyen de capturer les particules contenant des PCDD/PCDF adsorbés. Le principe de la catalyse et de la filtration par surface est illustré à la figure 2.

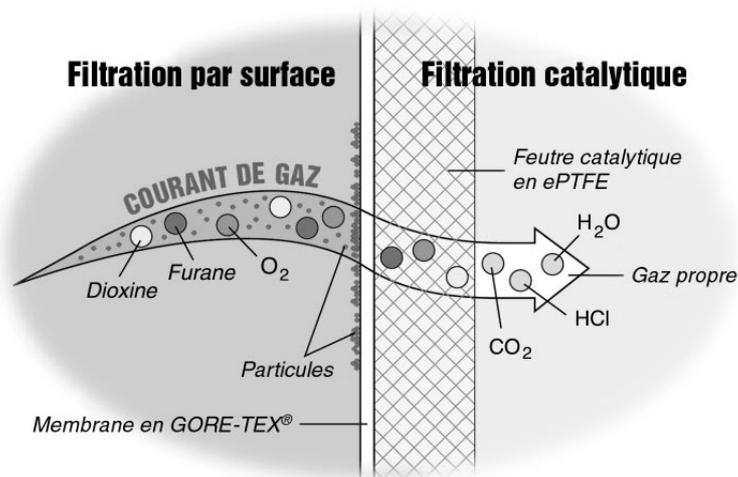


Figure 2. Vue en coupe du filtre catalytique. La membrane retient les particules, tandis que le feutre catalytique détruit les PCDD/PCDF gazeux.

Mesures des PCDD/PCDF et particules

Description

En janvier 2000, des mesures de PCDD/PCDF ont été effectuées pour évaluer les performances des filtres catalytiques dans la batterie n° 2. Deux points d'échantillonnage ont été choisis: dans la conduite d'entrée dans la batterie de filtres (gaz sales) et dans la cheminée (gaz propres). Les deux points étaient échantillonnés simultanément. Chaque point a fait l'objet de deux échantillonnages, opérés à des jours différents. La méthode d'échantillonnage employée était la méthode 23 de l'EPA.

Deux échantillonnages de particules ont en outre été effectués aux mêmes points. L'échantillonnage avait lieu avant le lancement d'un échantillonnage des PCDD/PCDF. L'analyse visant à déterminer les concentrations totales en PCDD/PCDF a été effectuée par CPG/SM à haute résolution. Les concentrations en particules ont été déterminées par la méthode 5 de l'EPA. Les conditions de fonctionnement de l'usine au moment des mesures étaient des conditions moyennes et sont résumées dans le tableau 1. Durant toutes les mesures, tous les déchets étaient acheminés à l'incinérateur n° 1, et toutes les fumées à la batterie de filtres n° 2.

	Echantillonnage 1	Echantillonnage 2
Quantité totale de déchets (kg/h)	3138	3157
Température d'entrée dans la chaudière n° 1 (°C)	955	947
Débit de vapeur de la chaudière n° 1 (kg/h)	10639	9891
Température d'entrée dans la batterie de filtres n° 2 (°C)	202	194
Température d'entrée dans le ventilateur de tirage n° 2 (sortie de la batterie de filtres n° 2)	177	167
Perte de charge des filtres (mm H ₂ O)	140-150	140-150

Tableau 1. Conditions de fonctionnement moyennes de l'usine durant la campagne de mesures (par échantillonnage)

Résultats

La figure 3 représente les concentrations totales en PCDD/PCDF (phases solide + gazeuse) dans les gaz sales et les gaz propres. Les résultats obtenus pour l'échantillonnage n° 2 dans les gaz sales ne sont pas fiables en raison d'une fuite dans le dispositif d'échantillonnage. Ils ne sont donc pas représentés sur la figure 3. Les chiffres de l'échantillonnage n° 1 font apparaître une efficacité de 98,4 % de l'élimination des PCDD/PCDF.

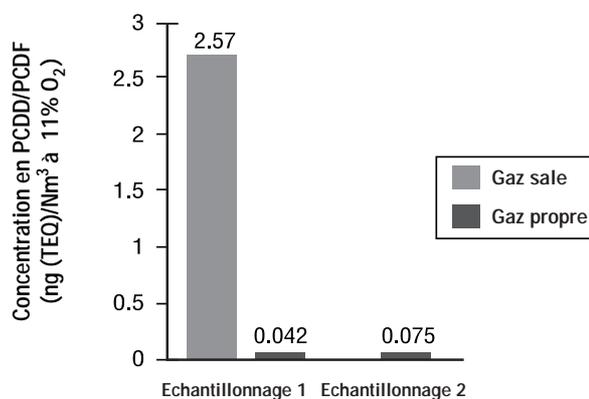


Figure 3. Concentration totale en PCDD/PCDF dans les gaz sales et les gaz propres (par échantillonnage)

La figure 4 représente les concentrations totales en particules dans les gaz sales et les gaz propres pour les deux échantillonnages. L'efficacité moyenne d'élimination des particules est de 99,95 % sur les deux échantillonnages. Les concentrations en particules dans les gaz propres sont 12 à 17 fois plus faibles que le seuil de 26 mg/Nm³ à 11 % de O₂ fixé par la directive d'émission.

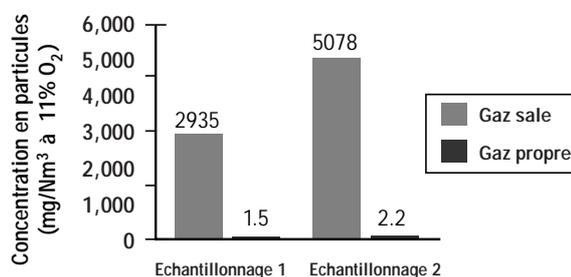


Figure 4. Concentration en particules dans les gaz sales et les gaz propres (par échantillonnage)

Comparaison entre exigences réglementaires et valeurs historiques

La figure 5 représente les émissions totales de PCDD/PCDF dans la cheminée pour l'étude en question, où la batterie de filtres était équipée du système de filtration catalytique. Il s'agit des PCDD/PCDF en phases solide + gazeuse (I-TEQ), moyennés sur les deux échantillonnages. Cette valeur est comparée à la nouvelle directive d'émission de l'EPA applicable aux incinérateurs de déchets médicaux existants et à la moyenne historique mesurée en 1998, qui était la dernière mesure effectuée avant l'installation du système de filtration catalytique. Les émissions de PCDD/PCDF avec le système de filtration catalytique sont inférieures de plus d'un ordre de grandeur à la fois à la nouvelle limite de l'EPA et à la moyenne historique. Elles sont également inférieures à la norme européenne encore plus sévère de 0,1 ng (TEQ)/Nm³ à 11 % de O₂.

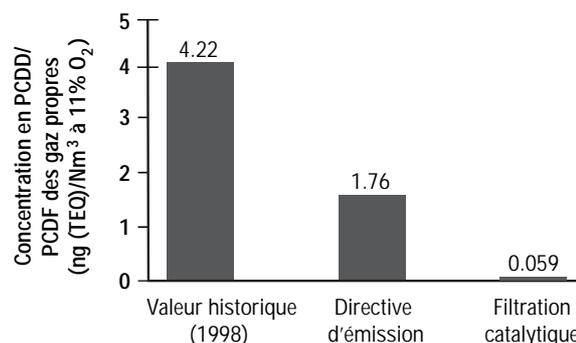


Figure 5. Comparaison de la concentration totale moyenne en PCDD/PCDF à la directive d'émission et à la valeur historique

Discussion

D'autres grandes usines utilisant les filtres catalytiques ont obtenu des émissions de particules inférieures à 1 mg/Nm^3 et des émissions de PCDD/PCDF inférieures à $0,05 \text{ ng (TEQ)/Nm}^3$. Ces autres usines sont fondamentalement différentes à bien des égards, que ce soit par le type de combustible utilisé, la configuration du processus, la température dans les filtres, les caractéristiques des particules et/ou les concentrations d'entrée en PCDD/PCDF. Pour Phoenix Services, des actions pourraient être engagées pour réduire encore éventuellement les concentrations en PCDD/PCDF et particules de l'usine. Un contrôle d'étanchéité des batteries de filtres pourrait, par exemple, identifier le chemin par lequel les particules entrent dans les gaz propres.

En ce qui concerne la réduction plus poussée des émissions de PCDD/PCDF, une action pourrait être engagée pour nettoyer la tuyauterie en aval des batteries de filtres. Il est en effet probable que, les années passées, des particules se soient accumulées sur les parois de cette tuyauterie lorsqu'une manche de filtre s'était usée et présentait un trou. Lorsque les parois de la tuyauterie sont froides, les particules déposées sur les parois contiennent une certaine quantité de PCDD/PCDF. Au démarrage et au chauffage des parois par les fumées, une partie des PCDD/PCDF liés aux particules peuvent se désorber et passer dans le courant de gaz.

Dans le cas de Phoenix Services, les émissions de PCDD/PCDF pour l'échantillonnage n° 2 ($0,075 \text{ ng (TEQ)/Nm}^3$) étaient 1,8 fois supérieures à celles de l'échantillonnage n° 1 ($0,042 \text{ ng (TEQ)/Nm}^3$). L'une des raisons probables de cette différence peut être trouvée dans le tableau 1, aux températures d'entrée dans les filtres et dans le ventilateur. Ces températures sont supérieures pour l'échantillonnage n° 1. Comme l'activité catalytique décroît avec la température, les émissions plus faibles de PCDD/PCDF pour l'échantillonnage n° 1 s'expliquent. La température d'entrée dans le ventilateur pour l'échantillonnage n° 2 est inférieure de 13°C à la température minimale recommandée pour les filtres catalytiques (180°C). Comme il y a une section de tuyauterie entre la sortie des filtres et l'entrée dans le ventilateur, il est probable que la température réelle de sortie des filtres soit supérieure de quelques degrés à la température d'entrée dans le ventilateur. Il est toutefois raisonnable de penser que la température réelle de sortie des filtres n'est pas supérieure à la température minimale exigée pour une filtration catalytique optimale. C'est ce qui a pu contribuer aux émissions supérieures de PCDD/PCDF pour l'échantillonnage n° 2. Une autre action possible pour réduire encore plus les émissions de PCDD/PCDF serait donc d'augmenter la température dans la batterie de filtres et de faire en sorte que la température de sortie soit supérieure au minimum recommandé.

Des mesures de débit dans la cheminée indiquent que le débit réel est supérieur d'environ $11.800 \text{ Nm}^3/\text{h}$ au débit

d'entrée dans les filtres. Il y a donc un appel d'air significatif entre l'entrée dans les filtres et le ventilateur de tirage. L'air ambiant entrant dans la batterie de filtres, dans le ventilateur de tirage et dans les tuyauteries métalliques associées contribue à réduire la température des fumées. La réduction de cet appel d'air pourrait permettre d'augmenter les températures dans les filtres et d'assurer des performances catalytiques encore meilleures.

Destruction des PCDD/PCDF

Description

Un bilan des masses de PCDD/PCDF a été opéré pour la batterie de filtres, afin de calculer la quantité de PCDD/PCDF détruite par les filtres catalytiques. Comme il a été indiqué plus haut, les PCDD/PCDF ont été mesurés dans les gaz sales et dans les gaz propres. Ces courants sont représentés schématiquement à la figure 6. Les PCDD/PCDF en phase solide sont contenus dans les poussières de la trémie, et une certaine quantité de PCDD/PCDF gazeux peut être adsorbée sur le matériau filtrant, comme indiqué à la figure 6. Pour un système de filtration catalytique détruisant les PCDD/PCDF, la somme des PCDD/PCDF contenus dans les filtres, dans les poussières de la trémie et dans les gaz propres sera inférieure à ceux contenus dans les gaz sales. La différence est la quantité de PCDD/PCDF gazeux détruits par les filtres catalytiques.

Afin de calculer la quantité de PCDD/PCDF détruite, des analyses ont été effectuées pour mesurer les PCDD/PCDF contenus dans des échantillons de poussière de la trémie ($\text{ng TEQ par gramme de poussière}$) et les PCDD/PCDF adsorbés sur un seul filtre ($\text{ng TEQ par gramme du filtre}$). Les poussières du filtre et de la trémie ont été prélevées durant la campagne de mesures. Ces valeurs mesurées ont été converties en ng (TEQ)/m^3 de fumées afin de pouvoir les utiliser en liaison avec les valeurs de gaz sales et de gaz propres. Pour les poussières de la trémie, la conversion a été faite en multipliant la concentration en PCDD/PCDF par unité de masse par la concentration en particules des gaz sales.

Pour le filtre, cette conversion est un peu plus complexe. Premièrement, la concentration en PCDD/PCDF par unité de masse du filtre a été multipliée par la masse du filtre par unité de surface du filtre. Deuxièmement, ce produit a été multiplié par le rapport de la surface du filtre au débit volumétrique de fumées, afin d'obtenir un résultat en ng (TEQ)/Nm^3 de fumées. Troisièmement, ce résultat a été divisé par le nombre total d'heures de fonctionnement depuis l'installation des filtres catalytiques, de manière à obtenir un résultat final en (TEQ)/Nm^3 . Cette troisième étape est nécessaire puisque les PCDD/PCDF susceptibles d'avoir été adsorbés sur les filtres se sont accumulés sur toute la durée de fonctionnement.

Résultats

Afin d'opérer un bilan des masses sur les filtres, il est important de bien comprendre le partitionnement des PCDD/PCDF en phases gazeuse et solide dans les gaz sales et les gaz propres. Les concentrations totales en PCDD/PCDF dans les gaz sales et les gaz propres étaient indiquées à l'origine sous forme de trois fractions: 1) la phase solide collectée sur le filtre du train d'échantillonnage, 2) la phase gazeuse adsorbée sur le piège XAD et 3) les phases solide + gazeuse contenues dans le produit du rinçage du train d'échantillonnage. Le rinçage a été effectué pour l'ensemble du train d'échantillonnage selon la méthode 23 de l'EPA. Le produit du rinçage de la buse, de la sonde et du raccord sonde-filtre (contenant des PCDD/PCDF en phase solide) a été mélangé au produit du rinçage du raccord filtrecondenseur et du condenseur (contenant des PCDD/PCDF en phase gazeuse). Les PCDD/PCDF en phase gazeuse se composent de la fraction XAD plus la portion du produit du rinçage en phase gazeuse. Les portions du produit de rinçage en phase respectivement gazeuse et solide ne sont pas exactement connues en raison du mélange irréversible des deux portions. Des estimations raisonnables du partitionnement en phases solide et gazeuse peuvent toutefois être faites sur la base de l'hypothèse que la concentration en PCDD/PCDF dans les poussières de la trémie est très proche de la concentration en PCDD/PCDF sur les particules des gaz sales et des gaz propres.

Gaz sales – Echantillonnage n° 1

Comme on peut le voir à la figure 3, la concentration totale en PCDD/PCDF dans les gaz sales pour l'échantillonnage n° 1 est de 2,57 ng (TEQ)/Nm³ à 11 % de O₂. Les fractions sont les suivantes: filtre = 0,47 ng (TEQ)/Nm³, XAD = 0,50 ng (TEQ)/Nm³ et produit du rinçage = 1,60 ng (TEQ)/Nm³.

La concentration en PCDD/PCDF dans les poussières de la trémie allait de 84 à 157 ng (TEQ)/kg sur la campagne de mesures de deux jours. Selon la figure 4, la concentration en particules des gaz sales allait de 2935 à 5078 mg/Nm³ à 11 % de O₂. En prenant la concentration moyenne dans les poussières de la trémie (120,5 ng (TEQ)/kg) et en la multipliant par la charge moyenne en particules (4007 mg/Nm³), on obtient un résultat de 0,48 ng (TEQ)/Nm³ à 11 % de O₂. Dans le cas des gaz sales, ce résultat concorde avec la fraction de PCDD/PCDF collectés par le filtre pour l'échantillonnage n° 1 (0,47 ng (TEQ)/Nm³), ce qui suggérerait que tous les PCDD/PCDF en phase solide se soient déposés sur le filtre du train d'échantillonnage. L'observation visuelle du produit du rinçage du train d'échantillonnage des gaz sales fait toutefois apparaître la présence de certaines particules dans ce produit. Une estimation plus raisonnable est donc de prendre la concentration maximale en PCDD/PCDF dans les poussières de la trémie (157 ng (TEQ)/kg) et de la multiplier par la charge maximale en particules (5078 mg/Nm³).

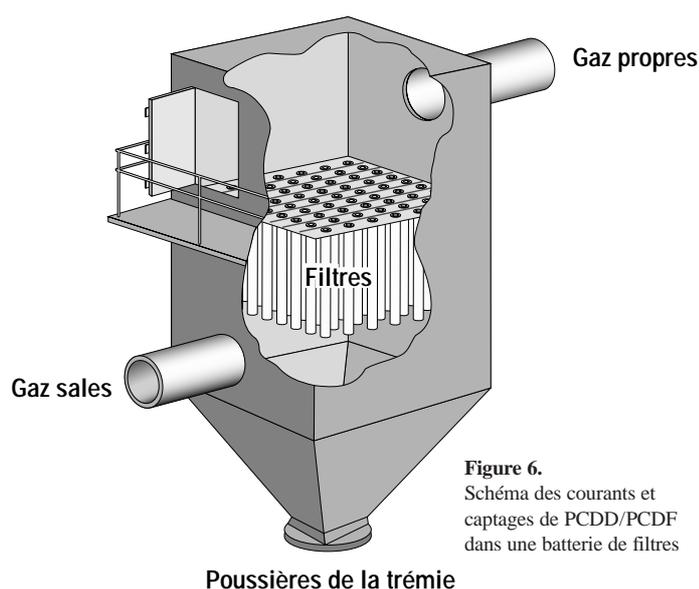


Figure 6.
Schéma des courants et captages de PCDD/PCDF dans une batterie de filtres

Ceci donne un résultat de 0,80 ng (TEQ)/Nm³ à 11 % de O₂. Il s'agit là de l'estimation des PCDD/PCDF en phase solide contenus dans les gaz sales pour l'échantillonnage n° 1. L'estimation des PCDD/PCDF en phase gazeuse contenus dans les gaz sales est de 1,77 ng (TEQ)/Nm³, résultat obtenu en soustrayant du total les PCDD/PCDF en phase solide (2,57 – 0,80).

Gaz propres – Echantillonnage n° 1

Comme on peut le voir à la figure 3, la concentration totale en PCDD/PCDF dans les gaz propres pour l'échantillonnage n° 1 est de 0,042 ng (TEQ)/Nm³ à 11 % de O₂. Les fractions sont les suivantes: filtre = 0,001 ng (TEQ)/Nm³, XAD = 0,029 ng (TEQ)/Nm³ et produit du rinçage = 0,012 ng (TEQ)/Nm³.

Selon la figure 4, la concentration en particules des gaz propres allait de 1,5 à 2,2 mg/Nm³ à 11 % de O₂. En prenant la concentration maximale dans les poussières de la trémie (157 ng (TEQ)/kg) et en la multipliant par la concentration maximale en particules (2,2 mg/Nm³), on obtient un résultat de 0,0003 ng (TEQ)/Nm³ à 11 % de O₂. Dans le cas des gaz propres, ce résultat est en accord général avec la fraction de PCDD/PCDF collectés par le filtre pour l'échantillonnage n° 1 (0,001 ng (TEQ)/Nm³).

Ceci suggère que tous les PCDD/PCDF en phase solide se sont déposés sur le filtre du train d'échantillonnage des gaz propres. Il est donc raisonnable de penser qu'il n'y a pas de PCDD/PCDF en phase solide dans le produit du rinçage des gaz propres, mais uniquement en phase gazeuse. Les PCDD/PCDF en phase gazeuse sont donc égaux à la somme de la fraction XAD et de celle du produit du rinçage, soit 0,041 ng (TEQ)/Nm³.

La figure 7 représente le schéma de la figure 6 avec les résultats du bilan des PCDD/PCDF. Les résultats sont donnés en termes de concentration en PCDD/PCDF et phase (respectivement gazeuse et solide). La quantité de PCDD/PCDF en phase gazeuse attribuée à l'adsorption sur les filtres catalytiques a été déterminée comme étant négligeable (<0,0003 ng (TEQ)/Nm³). La quantité de PCDD/PCDF en phase solide attribuée aux poussières de la trémie est égale à la différence entre les concentrations en phase solide dans les gaz sales et les gaz propres (0,80 – 0,001 = 0,799 ng (TEQ)/Nm³). En effectuant le bilan, la quantité de PCDD/PCDF en phase gazeuse détruite par les filtres catalytiques est de 1,73 ng (TEQ)/Nm³.

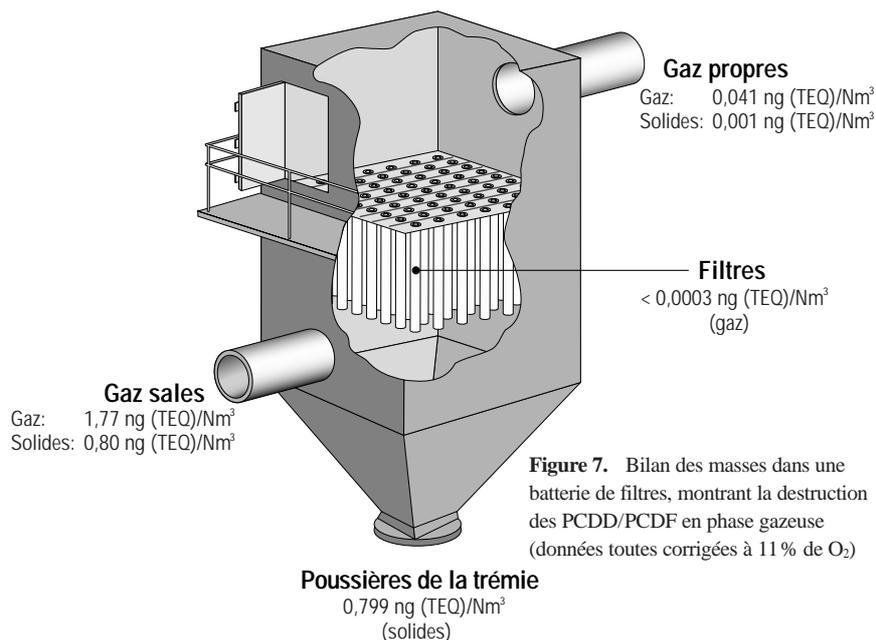


Figure 7. Bilan des masses dans une batterie de filtres, montrant la destruction des PCDD/PCDF en phase gazeuse (données toutes corrigées à 11 % de O₂)

Conclusions

Les enseignements clés de la campagne de mesures des PCDD/PCDF et particules sont les suivants:

- L'efficacité totale de l'élimination des PCDD/PCDF est de 98,4%.
 - La quantité de PCDD/PCDF en phase gazeuse détruite par les filtres catalytiques est de 1,73 ng (TEQ)/Nm³ à 11 % de O₂, soit 97,7%.
 - 99,9% des PCDD/PCDF en phase solide sont éliminés par les filtres catalytiques.
 - Les concentrations en PCDD/PCDF dans les gaz propres sont < 0,1 ng (TEQ)/Nm³ à 11% de O₂ et inférieures de plus d'un ordre de grandeur à la directive d'émission et aux valeurs historiques.
 - L'efficacité de l'élimination des particules est de 99,95 %, et les concentrations en particules des gaz propres sont de 12 à 17 fois inférieures à la directive d'émission.

L'espérance de vie du système de filtration catalytique utilisé par Phoenix Services est de cinq ans de fonctionnement. Afin de tester l'activité catalytique des filtres au fil du temps, certains filtres ont été retirés à différents moments depuis leur installation initiale en mai 1999. Chaque filtre a alors été testé en laboratoire, en mesurant son activité catalytique. A ce jour, l'activité est égale à 100 % de l'activité d'origine. La résistance mécanique résiduelle des filtres à ce jour est de 100 %. La perte de charge à travers les filtres est restée stable, à environ 150 mm H₂O, pour une fréquence moyenne de nettoyage de 28 cycles par 24 heures de fonctionnement.

Remerciements

Les échantillonnages de PCDD/PCDF et de particules ainsi que l'analyse des particules ont été effectués par David Ethier, de la société Air Compliance Technologies. Les analyses de PCDD/PCDF ont été opérées par la société MPU de Berlin, en Allemagne. Les auteurs tiennent à remercier Monte Tabor, Maintenance Manager de Phoenix Services, de leur avoir donné accès à l'usine et de les avoir assistés dans leurs activités sur le terrain. Les auteurs remercient également Diane Orndorff, de W. L. Gore & Associates, qui a préparé le manuscrit final de ce document. Son contenu a été présenté à l'origine en tant que communication à la Conférence Internationale sur les Technologies d'Incinération et de Traitement Thermique qui s'est tenue à Portland, dans l'Oregon (USA), du 8 au 12 mai 2000.

Abréviations

dscm	dry standard cubic meter (mètre cube à l'état sec normal)
ePTFE	expanded polytetrafluoroethylene (polytétrafluoroéthylène expansé)
CPG/SM	chromatographie en phase gazeuse/spectroscopie de masse
HAP	hazardous air pollutant (polluant atmosphérique dangereux)
ID	induced draft (ventilateur de tirage)
I-TEQ	quantité de 2,3,7,8 tétrachlorodibenzo-p-dioxine égale au total des PCDD/PCDF calculé en utilisant les facteurs d'équivalence internationale de toxicité
ng	nanogramme
CA	charbon actif
PCDD/ PCDF	dibenzo-p-dioxines polychlorées et dibenzofuranes polychlorés
PM	particulate matter (particulé)
TEQ	équivalent de toxicité
XAD	résine adsorbante utilisée dans le train d'échantillonnage des PCDD/PCDF

Notes

*John Kumm occupait le poste de « Operations Manager » chez Phoenix Services de juin 1996 à octobre 1999.

Références

- 1) J. L. BONTE et al., « Dioxin/Furan Destruction in the Baghouse » (Dioxin '99), Venise, Italie, septembre 1999.
- 2) M. PLINKE et al., « Catalytic Filtration – Dioxin Destruction in a Filter Bag » (AIChE 2000 Spring), Atlanta, Georgia, USA, mars 2000.



GORE®, GORE-TEX®, REMEDIA sont des marques déposées de W. L. Gore & Associates Inc.
© 2000 W. L. Gore & Associates, Inc.
Imprimée en Allemagne
4-323-010EF 10/00