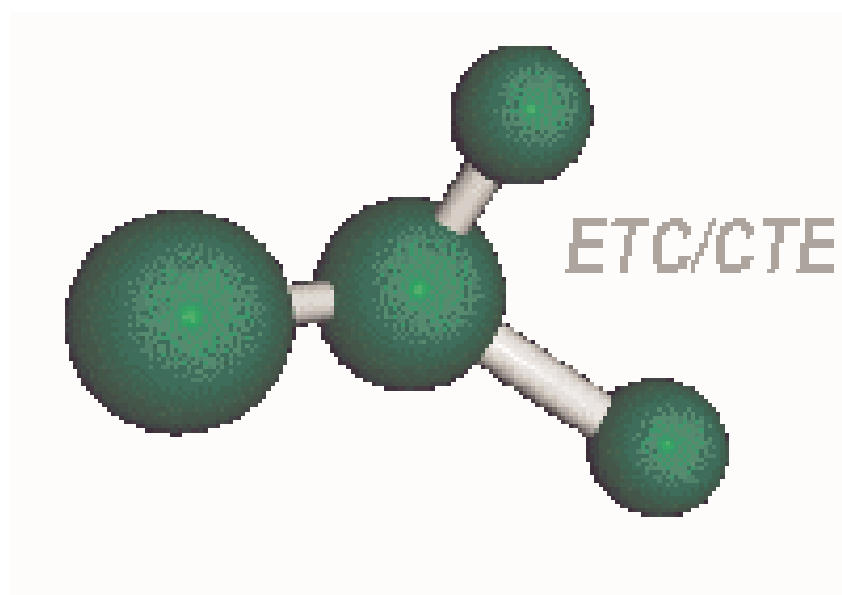


*Détermination de la limite de dosage pour  
l'analyse des PCB dans les émissions de  
cheminée et dans les échantillons de cendres*



*Ébauche 1  
DAQA/DRME  
Centre de technologie environnementale  
Janvier 2001*



Environnement  
Canada

Environnement  
Canada



# Résumé

---

Environnement Canada a inscrit les polychlorobiphényles (PCB) sur la liste des substances de la Voie 1 - soit les substances toxiques qui sont persistantes, biocumulatives et anthropiques. La quasi-élimination des substances de la Voie 1 dans l'environnement est le principal objectif de la politique de gestion des substances toxiques

La limite de dosage (LD) utilisée dans le présent rapport sera le point de référence pour la quasi-élimination des rejets de PCB par les installations de combustion. La LD est la concentration la plus faible de composés ciblés pouvant être dosés en toute confiance. On la détermine en évaluant la variabilité (écart-type) d'analyses répétées des composés à une concentration proche de la limite de détection.

Pour la présente étude, on a choisi un collecteur-brûleur de gaz de décharge et les cendres volantes d'un incinérateur de déchets solides urbains. Des échantillons de gaz ont été prélevés dans la cheminée à l'aide de 12 trains d'échantillonnage, additionnés de PCB, et analysés grâce à une méthode de référence pour PCB. On a également analysé dix sous-échantillons d'un échantillon de 5 g de cendres additionné de PCB. La LD est définie comme étant dix fois l'écart-type des mesures répétées. La LD pour doser les PCB dans les émissions de la cheminée et dans les échantillons de cendres de l'incinérateur est évaluée respectivement à  $2 \text{ ng/m}^3$  (7,5 ng/échantillon) et à 0,8 ng/g (4 ng/échantillon). Ces valeurs s'appliquent à un pic de congénère de PCB unique.

## Abréviations

<i>Abréviation</i>	<i>Signification</i>
$\sigma$	écart-type d'une population
CD	concentration de détection
CG-SM	chromatographie (en phase) gazeuse - spectrométrie de masse
CLHP	chromatographie (en phase) liquide haute performance
CTE	Centre de technologie environnementale
DM	discriminateur de masse
EQT	équivalent toxique
E-T	écart-type
ETR	écart-type relatif
FET	facteur d'équivalence toxique
GD	gaz de décharge
LCPE	Loi canadienne sur la protection de l'environnement
LD	limite de dosage
MM5	méthode modifiée n° 5
ng/g	nanogramme/gramme de poids sec, dans les conditions de référence (nano = $10^{-9}$ )
ng/m <sup>3</sup>	nanogramme/mètre cube, dans les conditions de référence
ng/mL	nanogramme/millilitre
PCB	polychlorobiphényles (ou biphényles polychlorés)
PGST	Politique de gestion des substances toxiques
pi <sup>3</sup> /min	piéde cube par minute
s	écart-type pour un échantillon
UICPA	Union internationale de chimie pure et appliquée

# Remerciements

---

Le présent rapport est le fruit d'un travail d'équipe. Membres de l'équipe qui ont apporté une importante contribution à ce projet, dans des domaines spéciaux :

**Échantillonnage** : Dominic Cianciarelli<sup>a</sup>, Ian Rigden<sup>a</sup> et Stéphanie Bourgeau<sup>a</sup>

**Préparation de l'échantillon** : Gary Poole<sup>b</sup>, Anna Moudrakovskaia<sup>b</sup>, Mike Lister<sup>b</sup>, Aline Dombroskie<sup>b</sup> et John Coltess<sup>b</sup>

**Analyse CG-SM** : Mylaine Tardif<sup>b</sup>, Monique Lanoy<sup>b</sup> et David Harnish<sup>b</sup>

**Coordinateur et auteur du rapport** : Chung Chiu<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Division de la recherche et de la mesure des émissions, CTE

<sup>b</sup> Division des analyses et de la qualité de l'air, CTE

## Introduction

Les biphényles polychlorés ou polychlorobiphényles (PCB) ont été produits à l'échelle commerciale entre 1929 et 1977. On estime que 610 000 tonnes en tout ont été produites dans le monde <sup>(1)</sup> et qu'environ 40 000 tonnes de PCB ont été importées au Canada avant 1997 <sup>(2)</sup>. Du fait de leurs propriétés particulières, les PCB ont été largement utilisés comme fluides diélectriques dans les transformateurs et les grands condensateurs, comme fluides de transfert thermique, fluides hydrauliques, huiles lubrifiantes, enfin comme additifs dans les pesticides, les peintures, les papiers pour copie, les adhésifs et les matières plastiques <sup>(3)</sup>.

Tous les PCB utilisés en Amérique du Nord ont été produits aux États-Unis sous le nom commercial Aroclor - une série de produits chlorés à divers degrés. Théoriquement, il y a une possibilité de 209 composés ou congénères de type PCB. On a identifié jusqu'à 157 congénères, représentant chacun plus de 0,01 % en masse, dans les mélanges commerciaux d'Aroclor <sup>(4)</sup>.

Environnement Canada a désigné les PCB comme étant des substances toxiques selon la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE). Une substance est considérée toxique si elle exerce des effets nocifs sur l'environnement et (ou) si elle peut constituer un danger pour la vie ou la santé humaine.

La Politique de gestion des substances toxiques (PGST), publiée en juin 1995, sert de cadre à un processus décisionnel fondé sur la science, pour la gestion efficace des substances toxiques. Voici les principaux objectifs de cette gestion :

- a) Quasi-élimination des substances de la Voie 1 dans l'environnement - c.-à-d. de substances toxiques d'origine surtout anthropique, qui sont persistantes et biocumulatives.
- b) Gestion des substances de la Voie 2 - tout au long de leur cycle de vie, pour prévenir ou réduire au minimum leurs rejets dans l'environnement.

Un rapport d'évaluation <sup>(2)</sup> publié par Environnement Canada conclut que les PCB répondent à tous les critères d'une substance faisant partie de la Voie 1 et qu'ils sont donc voués à une quasi-élimination.

La limite de dosage (LD) est la concentration la plus faible d'une substance qui peut être mesurée avec exactitude au moyen de méthodes d'analyse et d'échantillonnage précises, mais courantes (paragraphe 65.1, LCPE). Toute mesure inférieure à la LD constitue un dosage peu fiable. La LD devrait donc être utilisée comme base dans l'établissement d'une cible de quasi-élimination.

La ligne directrice recommandée par l'American Chemical Society's Committee on Environmental Improvement <sup>(5)</sup> a été adoptée pour la détermination de la LD. Depuis

1998 <sup>(6)</sup>, l'American Society for Testing and Materials a également adopté cette ligne directrice comme pratique normalisée. Le calcul pour la LD s'établit comme suit :

$$LD = 10\sigma$$

où  $\sigma$  est estimé être égal à  $s$ , l'écart-type de dosages répétés d'un analyte à une concentration proche de la limite de détection. Un dosage à la LD correspond à une incertitude de  $\pm 30\%$  ( $10\sigma \pm 3\sigma$ ) au niveau de confiance de 99 %. La valeur  $10\sigma$  permet d'être sûr qu'une mesure supérieure à cette valeur sera certainement supérieure à  $3\sigma$ , la concentration de détection (CD). La région entre  $3\sigma$  et  $10\sigma$  représente une plage de dosage avec plus d'incertitude, et la région au-dessus de  $10\sigma$  se trouve dans la plage de dosage.

Le présent rapport résume la méthode d'échantillonnage et d'analyse permettant de déterminer la LD pour le dosage des PCB dans les échantillons d'émissions de la cheminée et de cendres d'incinération.

## Méthodologie

Une source de combustion à émissions stables, avec une concentration non décelable ou très faible de PCB constitue un site idéal pour l'étude de la LD. Après une étude des sources d'émissions disponibles et en tenant compte de la rentabilité, c'est un collecteur-brûleur de gaz d'une décharge de déchets solides urbains près d'Ottawa qui a été choisi. En tout, 12 séries d'essais ont été effectués à l'aide de 12 trains de prélèvement correspondant à la méthode modifiée n° 5 (MM5), excepté la sonde de prélèvement réutilisée chaque fois après nettoyage. Avant chaque échantillonnage, on ajoutait au filtre du train de prélèvement un mélange de PCB, dont la concentration représentait 5 à 10 fois la limite de détection estimative. Chaque jour, on transportait le train de prélèvement jusqu'au laboratoire afin de récupérer l'échantillon. Des cendres d'incinération de déchets municipaux à faible teneur en PCB ont également été choisies pour l'étude. Le mélange de PCB ajouté au filtre du train et aux cendres volantes contenait deux groupes de composés ciblés : un groupe de 20 congénères pour l'analyse des PCB totaux, et un autre groupe de 12 PCB de type dioxine pour la détermination de l'équivalent toxique (EQT). Le **tableau 1** présente les congénères de PCB et les concentrations ajoutées.

## Échantillonnage

### Lieu et point d'échantillonnage

L'échantillonnage a été effectué à l'incinérateur de la décharge du chemin Trail à Nepean (Ontario). Cette décharge est le principal site d'élimination de déchets solides urbains pour la Municipalité régionale d'Ottawa-Carleton. Le site est une décharge contrôlée, vu qu'il y a un revêtement de polyéthylène sur et sous les déchets. La décharge du chemin

Trail est divisée en quatre sections, dont les sections I, II et III sont déjà remplies et fermées. La section IV a commencé à recevoir des déchets.

Cette décharge a commencé à être exploitée à la fin de l'année 1980; tous les déchets qui entrent au site sont pesés, et il existe des dossiers détaillés sur les déchets reçus. La superficie totale du site est de 200 hectares, incluant la zone tampon de 135 hectares, et l'épaisseur des déchets est de 20 mètres. Les sections I, II et III comportent un système pour recueillir les gaz de décharge (GD) et les brûler à la torche. Environ 1200 pi<sup>3</sup>/min de GD, renfermant à peu près 35-45 % de méthane, sont recueillis et brûlés dans une cheminée de 10 m à environ 1000 °C, avec un temps de séjour de 0,75 s. La présence du revêtement de polyéthylène sur et sous les déchets et le grand nombre de puits de gaz sur toute la surface de deux sections permettent de recueillir presque 100 % des gaz. La section IV sera probablement connectée ultérieurement au système de collecte des gaz, et la décharge du chemin Trail prévoit utiliser tout le GD du site pour produire de l'électricité.

Le prélèvement a été effectué par un orifice de 4 po situé à environ 12 pi en-dessous de la sortie de la cheminée, comme le montre la **Figure 1**. Les échantillons ont été prélevés en un seul point à un taux proportionnel.

### **Description du train d'échantillonnage**

Chaque matin, avant le prélèvement, le filtre était traité en laboratoire avec une solution de PCB. Pour cela on transférait sur le filtre un volume de 200 µL d'une solution d'isooctane contenant de 2,5 à 10 ng/mL du mélange de PCB, et on laissait sécher à l'air pendant environ 2 minutes. Le filtre était ensuite scellé et transporté jusqu'au site de prélèvement.

Le train de prélèvement de la MM5 est constitué des éléments suivants : sonde refroidie à l'eau, habitacle chauffé pour le filtre, conduite d'aspiration étanche, vacuomètre, régulateurs de débit, pompe à vide, compteur de gaz sec. La pression des gaz et la pression à l'orifice étaient mesurées à l'aide d'un manomètre à tube incliné. Les températures étaient mesurées dans la cheminée, la boîte chaude, à la sortie des impacteurs disposés en série, à l'entrée et à la sortie du compteur de gaz sec, enfin à l'entrée de l'Amberlite XAD-2. La plupart des composantes du train, représenté à la **Figure 2**, ont été montées au laboratoire du CTE. Des vérifications d'étanchéité étaient effectuées au début et à la fin de chaque série de mesures, et après chaque ouverture d'un raccord dans le train. Les gaz de cheminée étaient prélevés proportionnellement au temps sur une période de trois heures.

### **Nettoyage et vérification de la verrerie**

Avant le programme d'analyses, toute la verrerie du train, les brosses de la sonde, la laine de verre et la feuille d'aluminium ont été nettoyées avec les solvants appropriés. La propreté de la verrerie a été vérifiée par analyse des liquides de rinçage des trains de prélèvement utilisés dans l'étude. On a préparé en tout douze ensembles complets de

verrerie et on a utilisé des bouteilles d'entreposage pour échantillons du commerce, pré-nettoyées et vérifiées. Le XAD-2 a été pré-nettoyé et analysé pour déceler toute contamination éventuelle avant l'étude. Les détails et les procédures de nettoyage sont présentés dans la méthode d'échantillonnage de référence SPE 1/RM/2 <sup>(7)</sup>.

### **Récupération de l'échantillon**

Après chaque série de prélèvements, le train était récupéré au laboratoire du CTE. Pour le transport entre le site de prélèvement et le laboratoire, toutes les ouvertures étaient fermées hermétiquement avec des capuchons ou des bouchons de verre pré-nettoyés, ou encore avec de la feuille d'aluminium. Les procédures de récupération de l'échantillon consistaient à broser et à rincer trois fois chacune des composantes du train avec de l'acétone et de l'hexane. Pour la récupération de l'échantillon, on a utilisé uniquement des flacons de lavage en téflon. Les tubes ambrés étaient munis d'un capuchon et enveloppés dans une feuille d'aluminium propre. Les échantillons liquides ont été entreposés dans des bouteilles pré-nettoyées couleur d'ambre, avec des couvercles en téflon. Les composantes du train de prélèvement, comprenant le filtre, le XAD, le glycol et le solvant de rinçage de la sonde, le condenseur du porte-filtre, les impacteurs et tous les raccords de verrerie ont été récupérés selon la méthode de référence <sup>(7)</sup>. Tous les échantillons ont été conservés au réfrigérateur jusqu'à l'analyse. Le Tableau 2 présente toutes les données d'échantillonnage suivantes : volume de gaz, température de la cheminée, concentration de l'oxygène et du dioxyde de carbone.

### **Analyse**

Les échantillons du train récupérés à partir de composantes de la moitié antérieure et de la moitié postérieure du train ont été combinés en un seul échantillon pour l'analyse des PCB. La portion solide (filtre et XAD-2) de l'échantillon a été additionnée d'une solution contenant douze substituts de PCB marqués au <sup>13</sup>C, addition suivie d'une extraction au soxhlet pendant 16 heures. La portion aqueuse (condensé et éthylenglycol) a été extraite avec le dichlorométhane. Les deux extraits ont été combinés avec les liquides de rinçage de la verrerie et, après remplacement du solvant par de l'hexane, ils ont été concentrés jusqu'à un faible volume avant le fractionnement.

On a pesé environ cinq grammes de l'échantillon de cendres dans un dé en fibre de verre, puis on leur a ajouté des PCB d'origine locale et des substituts marqués par un isotope. On a laissé séché les échantillons marqués pendant 30 minutes avant de les introduire dans un extracteur à soxhlet. Chaque échantillon de cendres a été soumis à une extraction avec 400 mL de toluène pendant 20 heures. Après remplacement du solvant par de l'hexane, les extraits ont été réduits à un petit volume avant le fractionnement sur colonne.

L'extrait concentré a été purifié en le faisant passer sur une colonne multicouches acide/base/nitrate d'argent/silice. Cet extrait purifié a été divisé en deux pour un autre fractionnement. Pour les PCB totaux, la moitié de l'extrait a été fractionné par élution avec différents solvants sur une colonne d'alumine. Après concentration de l'éluant à



moins de 0,18 mL, on a ajouté 0,02 mL d'un étalon pour test de récupération et on a ajusté le volume final à 0,2 mL avant l'analyse par chromatographie gazeuse - spectrométrie de masse (CG-SM). Pour l'extraction, le fractionnement et l'analyse CG-SM, on a utilisé la méthode de référence d'Environnement Canada SPE 1/RM/31<sup>(8)</sup>.

On a procédé à une injection à dépôt direct de 2 µL sur colonne d'un CG Agilent 6890 en interface avec un discriminateur de masse (DM) 5973. Le CG était équipé d'une précolonne de 10 m x 0,5 mm de silice fondue désactivée et d'une colonne analytique de 30 m de DB-XLB (à 14 % de diphénylméthylpolysiloxane) à 0,25 mm de DI et à pellicule de 0,25 µm d'épaisseur. Cette colonne analytique était directement insérée dans le DM fonctionnant à 70 eV, à une température source de 230 °C. La température du CG a été programmée à 90 °C pour 2 min, 15 °C/min jusqu'à 180 °C, 3 °C/min jusqu'à 240 °C, 10 °C/min jusqu'à 285 °C, puis maintenue pendant 10 min.

Pour l'analyse de l'EQT, les 12 congénères de PCB toxiques doivent être exempts de toute interférence par d'autres PCB. Cela a été accompli par fractionnement de l'autre moitié de l'extrait grâce à la chromatographie en phase liquide haute performance (CLHP) avec une colonne de silice éthyldiméthylsilylée. La fraction renfermant les PCB ciblés a été concentrée presque à sec puis redissoute dans 0,05 mL d'étalon pour test de récupération avant l'analyse par CG-SM. Les procédures analytiques détaillées sont décrites dans un autre document<sup>(9)</sup>.

## Résultats et discussion

### Congénères de PCB choisis pour l'addition

Pour l'analyse des PCB totaux, on a ajouté à chaque train ou échantillon de cendres 2 ng de chacun des 20 congénères. Ces congénères sont les mêmes que ceux spécifiés dans la méthode de référence comme étalons. Ils représentent certains des principaux PCB présents dans notre environnement et ont donc été choisis pour l'étude sur la LD. La LCPE définit les PCB comme étant des chlorobiphényles de formule moléculaire  $C_{12}H_{10-n}Cl_n$  dans laquelle n est supérieur à 2 (c.-à-d. tri- à décachlorobiphényles). L'EQT n'a pas encore été incorporé dans la réglementation canadienne sur les PCB. Cependant, ces dernières années les chercheurs et les organismes gouvernements s'intéressent de plus en plus au suivi de l'équivalent toxique en PCB (EQT en PCB ou EQT-PCB). Afin d'obtenir des données appropriées sur l'EQT pour l'étude de la LD, on a également additionné aux échantillons 0,5 ng de chacun des PCB de types dioxines. Les niveaux d'addition donnés au **tableau 1** représentent environ 5 à 10 fois la limite de détection estimative de chaque méthode. Ces niveaux doivent permettre de doser tous les composés à analyser même si la récupération est médiocre.

### Analyse des PCB totaux

Environ 3,7 m<sup>3</sup> d'échantillon de gaz ont été prélevés par chaque train d'échantillonnage. Les **tableaux 3** et **3A** résument les résultats obtenus pour les PCB avec le train respectivement en ng/train et en ng/m<sup>3</sup>. La concentration moyenne des congénères varie

de 2,27 à 8,23 ng. Les résultats semblent montrer que la concentration de certains congénères dans le flux gazeux est assez importante. Les données de CG-SM indiquent qu'il y avait également présence, dans les échantillons du train, de congénères non additionnés. L'écart-type relatif (ETR) le plus élevé était de 30 % pour le PCB-18, l'un des composés les plus légers. Il semble que la variance ( $s^2$ ) diminue à mesure que le nombre de substitutions par le chlore augmente. Étant donné que les tri- (p. ex. PCB-18) et les tétrachlorobiphényles (p. ex. PCB-52) sont relativement volatils, on peut prévoir des pertes plus élevées dans ces deux groupes de composés lors du traitement de l'échantillon. Les récupérations de substituts pour les tri- à décachlorobiphényles se situent dans une plage de 40 à 75 %. Les valeurs pour les PCB ont été automatiquement corrigées en tenant compte du taux de récupération des substituts. Les écarts-types (E-T) ont été regroupés pour l'ensemble des 20 congénères ciblés. L'E-T cumulé a ensuite servi à déterminer la LD. Grâce à cette méthode, la LD a été déterminée à partir de chaque pic de congénère individuel.

La **figure 3** montre un exemple de chromatogramme de CG-SM pour les PCB dans des échantillons de train (n° 531). Les PCB ciblés ont été identifiés en comparant les temps de rétention avec ceux des étalons de référence, et les taux d'abondance d'ions caractéristiques avec ceux de la méthode de référence. Les masses ioniques présentées à la figure 3 correspondent aux ions d'intensité la plus faible des deux ions de dosage pour chaque homologue. Les nombres entre parenthèses représentent le numéro de l'UICPA pour le congénère de PCB, et x désigne un pic identifié comme étant du PCB. Beaucoup de pics non ciblés se sont révélés être des tri-, tétra-, penta-, hexa-, hepta- et octa-chlorobiphényles, comme le montre le chromatogramme des ions.

Comme le montrent les **tableaux 4 et 4a**, l'échantillon de cendres renferme moins de PCB naturels que l'échantillon du train. Cependant, les concentrations décelées de congénères PCB-23, PCB-33, PCB-70, PCB-118 et PCB-153 étaient plus élevées que les concentrations d'addition. La concentration moyenne des congénères varie de 0,3 à 0,78 ng/g. La variance et l'ETR, semblables à ceux de l'échantillon du train, sont élevés pour les tri- et tétrachlorobiphényles, et faibles pour les homologues avec un plus grand nombre de substitutions par des chlores. L'ETR varie de 5 % ou moins pour l'octa- le nona- et le décachlorobiphényle à plus de 20 % pour les trichlorobiphényles. Comme dans le cas des valeurs obtenues avec le train, les échantillons de cendres présentent un taux de récupération plus faible pour le PCB-28 et le PCB-52 en raison de leur volatilité élevée. La récupération de substitut de PCB-180 supérieure à 100 % est probablement due à une interférence de la matrice. La récupération du substitut est dans l'ensemble satisfaisante.

### Obtention de l'EQT

Sur les 209 congénères de PCB possibles, environ une douzaine sont très préoccupants, car on a pu démontrer qu'ils exerçaient un certain nombre d'effets toxiques comparables à ceux observés pour la 2,3,7,8-TCDD. Il y a eu ces dix dernières années, un consensus international sur les congénères toxiques des PCB et sur leur facteur d'équivalence toxique (FET), données qui ont connu des changements au cours de la même période. Les

PCB ciblés et les FET adoptées pour la présente étude sont fondés sur la publication la plus récente de l'Organisation mondiale de la santé<sup>(10)</sup>. L'EQT en PCB est la somme des EQT de tous les congénères de PCB toxiques pris individuellement, lesquels ont été obtenus en multipliant la concentration du congénère par le FET correspondant.

Les résultats pour les échantillons du train sont présentés aux **tableaux 5 et 5A** respectivement en ng/échantillon et en ng/m<sup>3</sup>. La concentration ajoutée à tous les congénères toxiques, excepté deux composés, était de 0,5 ng par échantillon. Étant donné que le PCB-105 et le PCB-118 sont les congénères communs utilisés aussi bien pour les PCB totaux que pour l'obtention de l'EQT, on a ajouté 2,5 ng de chacun de ces deux composés à chaque échantillon. Bien que cette concentration dépasse la plage souhaitable (5 à 10 fois la limite de détection) pour l'étude sur la LD, la contribution à l'EQT par ces deux composés représente moins de 1,5 % de l'EQT en PCB. Par contre, le PCB-126 a le plus d'impact sur l'EQT en PCB en raison de la valeur élevée de son FET. Ce congénère a le même FET que le 2,3,7,8-TCDF. L'ETR varie entre 9 et 31 %, avec une moyenne de 11 % pour les 12 congénères toxiques, alors que l'ETR pour le PCB-126 est également de 11 %. Les taux de récupération de substituts se situent principalement dans la plage de 80 à 90 %.

**Les tableaux 6 et 6A** résument les résultats de l'analyse des cendres avec addition de composés. On n'a décelé aucune concentration naturelle de PCB de type dioxine. Les concentrations moyennes sont proches de la concentration ajoutée de 0,4 ng par échantillon, excepté pour les deux congénères communs, le PCB-118 et le PCB-105. L'ETR semble légèrement amélioré par rapport aux échantillons du train, se situant dans une plage de 8 à 14 %. L'ETR pour le congénère le plus toxique, le PCB-126, est de 10 %. Les taux de récupération de substitut pour mesurer l'EQT dans l'échantillon de cendres sont adéquats.

### **Résultats pour l'avant et l'arrière du train**

La première moitié (filtre et solvants de rinçage des composantes du train situées avant le filtre) et la deuxième moitié (absorbant et solvants de rinçage des composantes du train situées après le filtre) des deux derniers trains ont été analysées séparément pour connaître la quantité de PCB retenue sur le filtre. Les résultats présentés au tableau 7 montrent que plus de 98 % des PCB ajoutés avaient migré dans la deuxième moitié à la fin du prélèvement. Il ne restait dans la première moitié que des traces de PCB-101 et de PCB-194. Dans ces deux trains on a également analysé les PCB non ciblés. Les résultats montrent que des quantités significatives d'autres congénères de PCB, principalement des homologues tétra-, penta-, hexa- et hepta-, ont été décelés dans les échantillons de la deuxième moitié du train.

## **Conclusion**

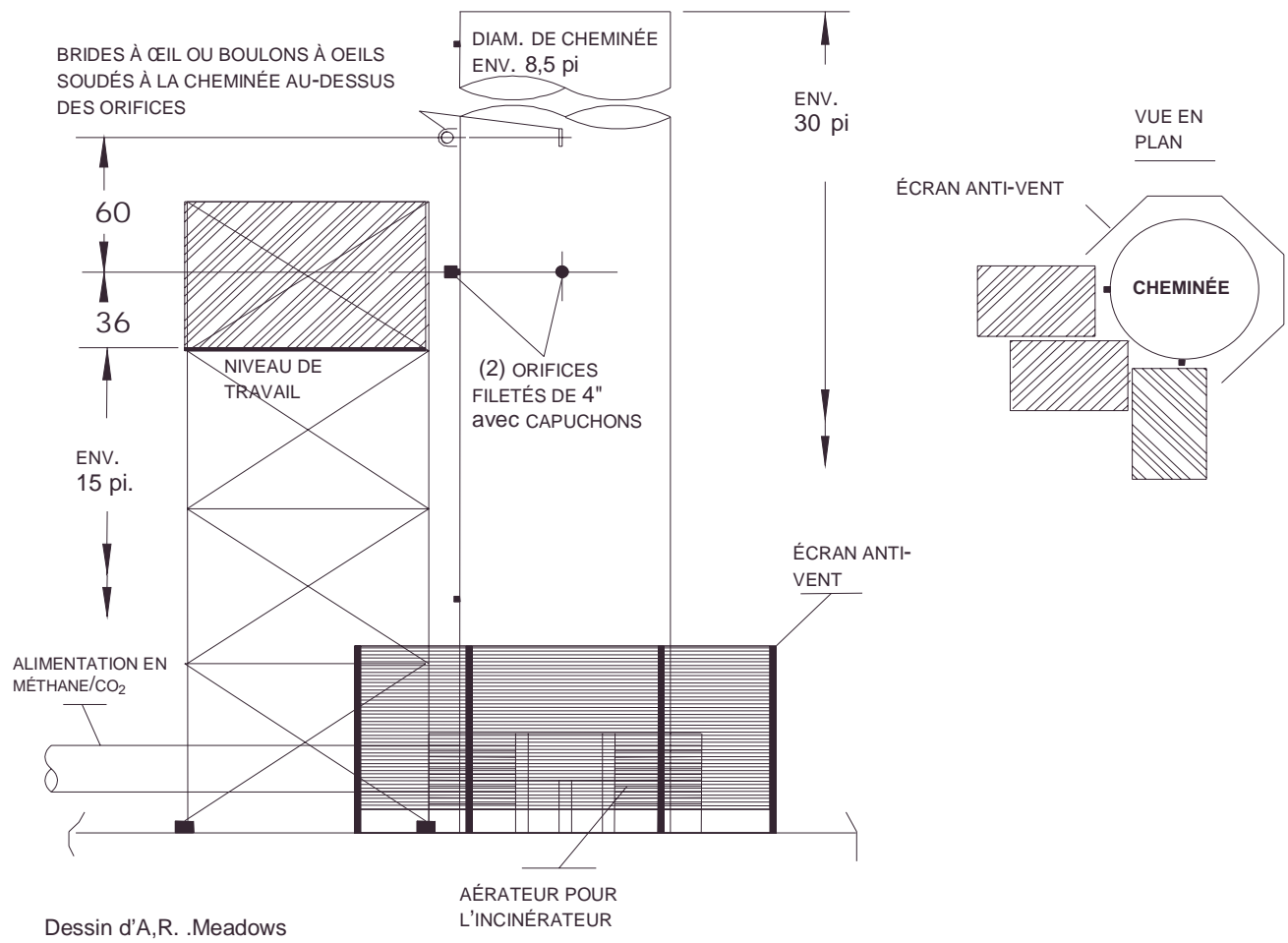
Le tableau 8 résume les concentrations moyennes et les E-T pour l'analyse des PCB totaux dans les échantillons du train et des cendres. L'écart-type relatif et la variance ( $s^2$ ) sont élevés pour les PCB qui sont relativement volatils (c.-à-d. les tri- et tétrachlorobiphényles), et faibles pour les PCB moins volatils qui renferment davantage de chlores de substitution (soit les nona- et décachlorobiphényle). La grande variation de la concentration entre les congénères est attribuée aux concentrations naturelles de PCB présentes dans les échantillons de gaz et de cendres. L'écart-type regroupé ( $s_p$ ) des congénères ciblés des échantillons du train est de  $0,199 \text{ ng/m}^3$  ou  $0,755 \text{ ng/train}$ , alors que le  $s_p$  pour les cendres est de  $0,077 \text{ ng/g}$  ou  $0,385 \text{ ng/échantillon}$ . La LD pour le dosage des PCB provenant d'une source d'émissions, avec prélèvement au moyen d'un train de MM5 et analyse par CG-SM, est donc évaluée à  $2 \text{ ng/m}^3$  ou  $7,5 \text{ ng}$  par échantillon. La LD pour les cendres d'incinérateur est évaluée à  $0,8 \text{ ng/g}$  ou  $4 \text{ ng}$  par échantillon.

Pour l'obtention de l'EQT, l'écart-type correspondant aux échantillons du train et des cendres est respectivement de  $0,0016 \text{ ng/m}^3$  et de  $0,001 \text{ ng/g}$ . Il est d'environ  $0,005 \text{ ng/échantillon}$  pour les échantillons aussi bien du train que des cendres. La LD pour mesurer l'EQT en PCB dans les émissions de la cheminées et dans les cendres est respectivement de  $0,016 \text{ ng/m}^3$  et de  $0,01 \text{ ng/g}$ . Étant donné que la mesure de l'EQT en PCB n'est pas requise actuellement aux fins de la réglementation sur les PCB dans le cadre de la LCPE, les résultats de l'étude sur l'EQT ne sont donnés qu'à titre d'information.

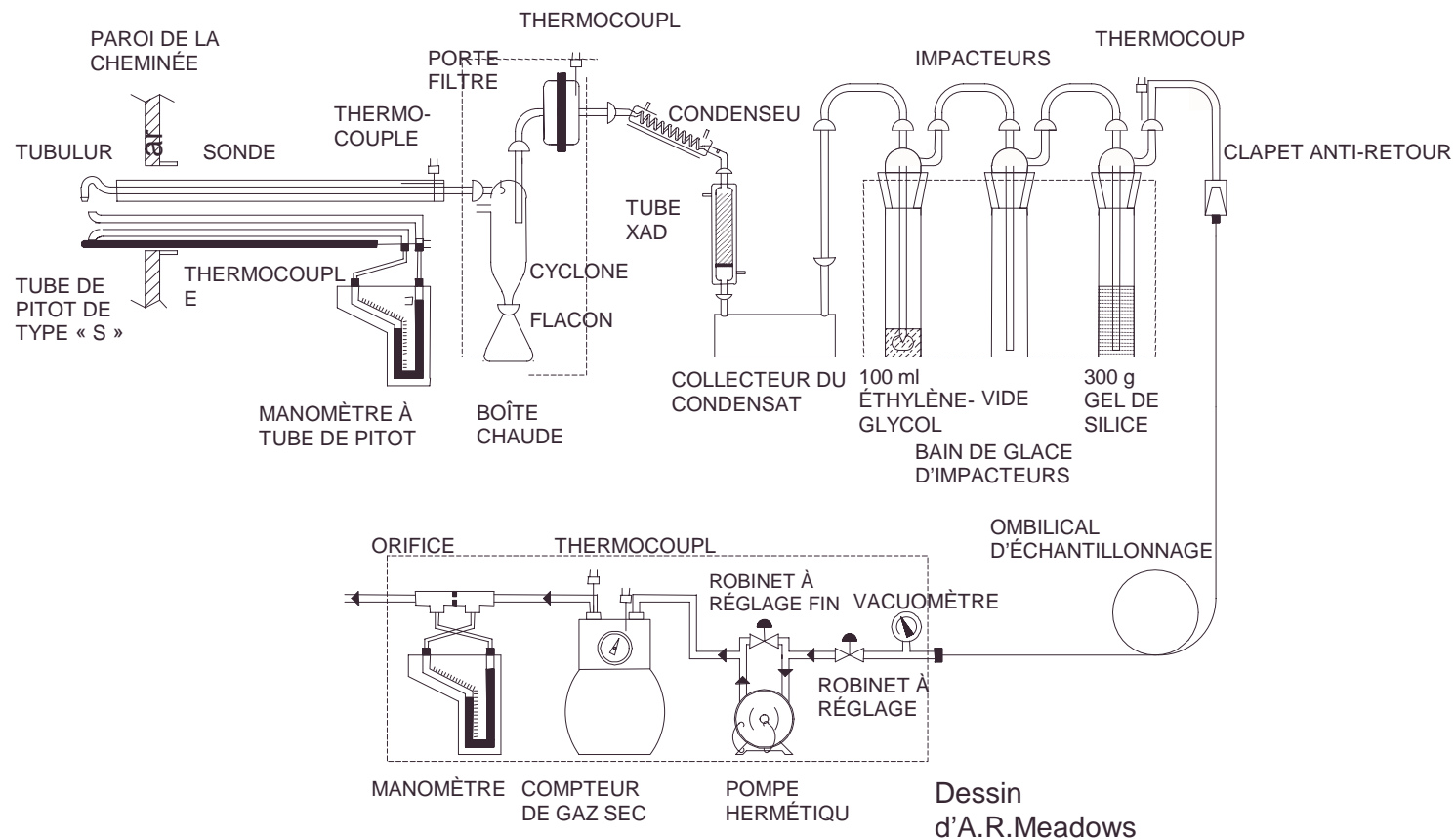
## Références

- (1) Durfee, R.L., et al, “*PCBs in the United States - Industrial Use and Environmental Distributions*”, USEPA, EPA 560/6-76-005, NTIS No. PB-252 012 (1976).
- (2) Environnement Canada, « *Justification scientifique : biphényles polychlorés - substance candidate pour la gestion de la voie 1 de la Politique de gestion des substances toxiques* », mars 1997.
- (3) Erickson, M.D., “*Analytical Chemistry of PCBs, Second Edition*”, CRC Press, 1997.
- (4) Frame, G.M., et al, “*Complete PCB Congener Distributions for 17 Aroclor Mixtures Determined by 3 HRGS System Optimized for comprehensive, Quantitative, Congener-Specific Analysis*”, J. High Resol. Chromatogr., vol. 19, 1996.
- (5) Keith, L.H., et al, “*Principles of Environmental Analysis*”, Analytical Chemistry, 1983, vol 55, no. 14, p. 2210-2218.
- (6) ASTM, “*Standard Practice for Determination of a Pooled Limit of Quantitation*”, D6259-98, July 1998.
- (7) Environnement Canada, « *Méthode de référence en vue d’essais aux sources : dosage des composés organiques semi-volatils dans les émissions de sources fixes* », Rapport SPE 1/RM/2, Juin 1989.
- (8) Environnement Canada, « *Méthode de référence pour l’analyse des biphényles polychlorés (BPC)* », Rapport SPE 1/RM/31, mars 1997.
- (9) Huang, E.B., et al., “*Isolation and Determination of Toxic Congeners of Polychlorinated Biphenyls in Environmental Samples*”, J. High Resol. Chromatogr., vol. 20, 1997.
- (10) Van den Berg, M., et al., Environmental Health Perspectives, 106: 775-792, 1998.

## **Figures et tableaux**

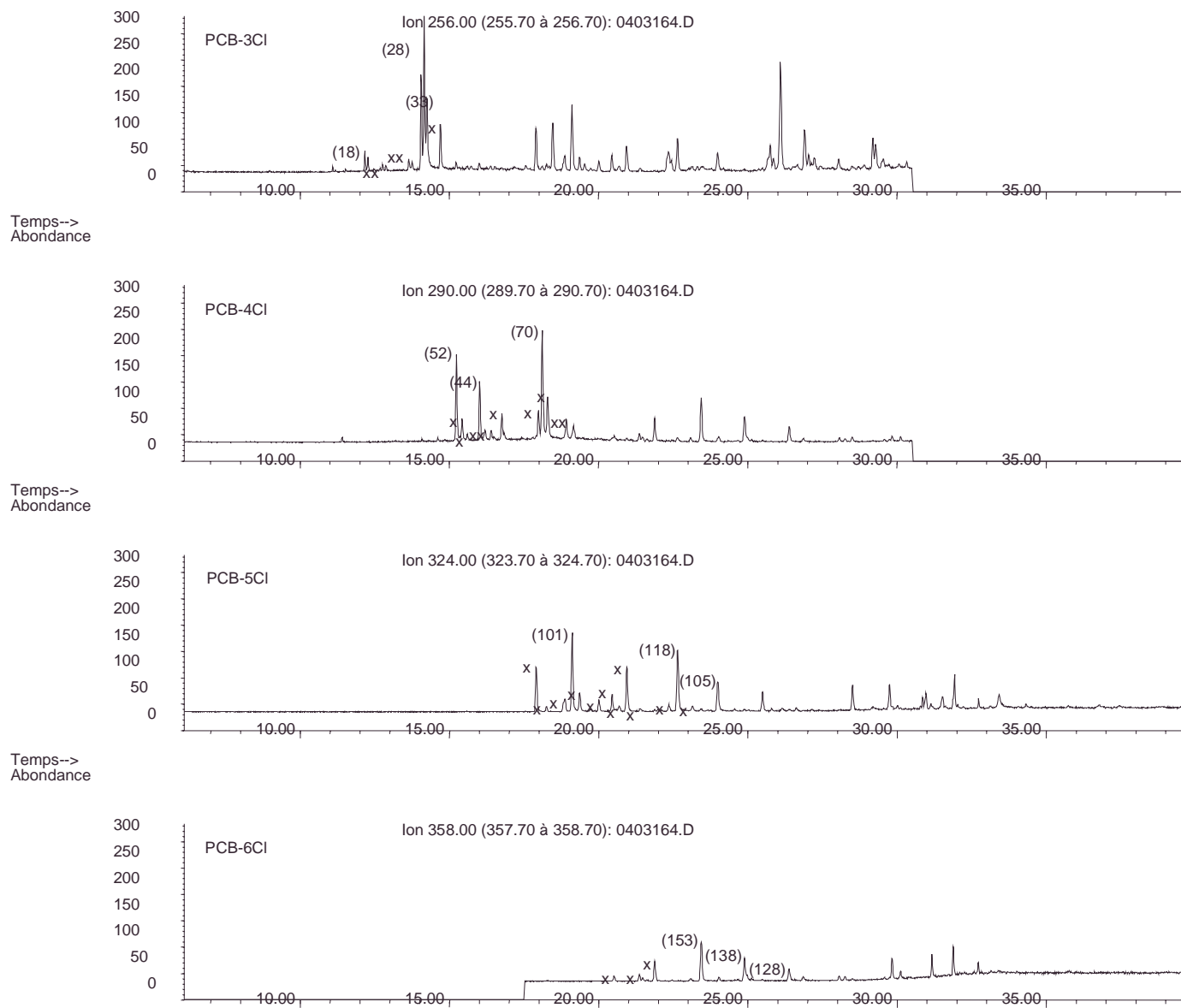


**Figure 1 Site de prélèvement de l'incinérateur du chemin Trail**

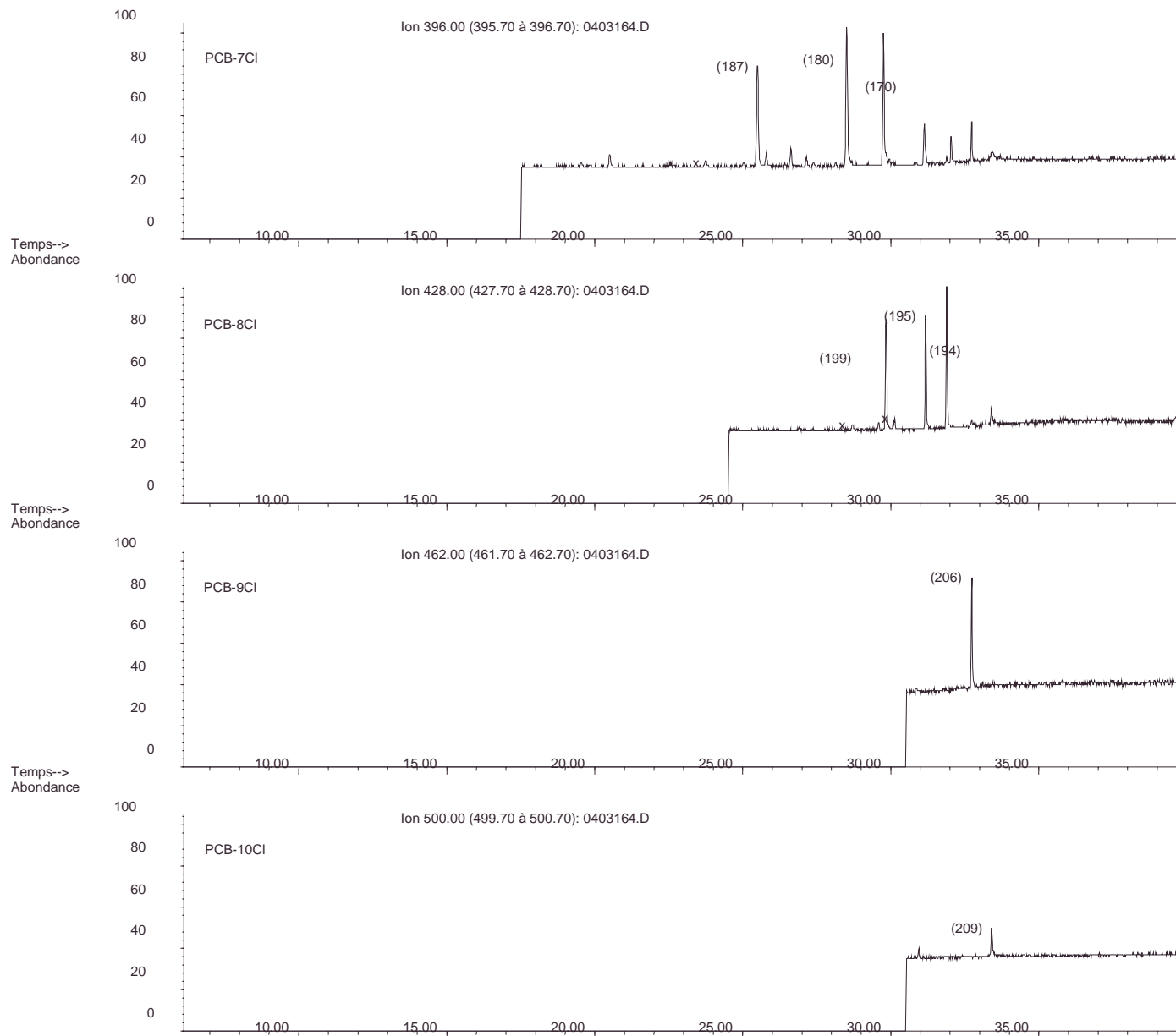


**Figure 2 Train d'échantillonnage pour composés organiques semi-outils**





**Figure 3 Chromatogrammes CG-SM des PCB présents dans un échantillon prélevé**



**Figure 3 Chromatogrammes CG-SM des PCB présents dans un échantillon prélevé**

**Tableau 1 PCB ajoutés aux échantillons du train et de cendres**

Congénère de PCB, UICPA n°	Positions des chlores	Quantité ajoutée ng	Dosage des PCB totaux	Mesure de l'EQT	FET
PCB-18	2,2',5	2	√		
PCB-28	2,4,4'	2	√		
PCB-33	2',3,4	2	√		
PCB-44	2,2',3,5'	2	√		
PCB-52	2,2',5,5'	2	√		
PCB-70	2,3',4',5	2	√		
PCB-77	3,3',4,4'	0,5		√	0,0001
PCB-81	3,4,4',5	0,5		√	0,0001
PCB-101	2,2',4,5,5'	2	√		
PCB-105*	2,3,3',4,4'	2,5	√	√	0,0001
PCB-114	2,3,4,4',5	0,5		√	0,0005
PCB-118*	2,3',4,4',5	2,5	√	√	0,0001
PCB-123	2',3,4,4',5	0,5		√	0,0001
PCB-126	3,3',4,4',5	0,5		√	0,1
PCB-128	2,2',3,3',4,4'	2	√		
PCB-138	2,2',3,4,4',5'	2	√		
PCB-153	2,2',4,4',5,5'	2	√		
PCB-156	2,3,3',4,4',5	0,5		√	0,0005
PCB-157	2,3,3',4,4',5'	0,5		√	0,0005
PCB-167	2,3',4,4',5,5'	0,5		√	0,00001
PCB-169	3,3',4,4',5,5'	0,5		√	0,01
PCB-170	2,2',3,3',4,4',5	2	√		
PCB-180	2,2',3,4,4',5,5'	2	√		
PCB-187	2,2',3,4',5,5',6	2	√		
PCB-189	2,3,3',4,4',5,5'	0,5		√	0,0001
PCB-194	2,2',3,3',4,4',5,5'	2	√		
PCB-195	2,2',3,3',4,4',5,6	2	√		
PCB-199	2,2',3,3',4,5,5',6'	2	√		
PCB-206	2,2',3,3',4,4',5,5',6	2	√		
PCB-209	2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'	2	√		

\* le congénère a été ajouté dans les deux méthodes; FET = facteur d'équivalence toxique (Référence 10)

**Tableau 2 Volume de gaz, température de la cheminée, concentrations d'oxygène et de dioxyde de carbone**

Essai n°	Date	Temps	Volume prélevé (m <sup>3</sup> )	Temp. moyenne, cheminée (°C)	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)
1	22 mars 2000	10h45-13h45	3,776	958	9,65	10,08
2	23 mars 2000	10h30-13h30	3,799	990	11,08	8,8
3	24 mars 2000	10h02-13h02	3,764	1016	9,45	9,7
4	27 mars 2000	10h21-13h21	3,726	1001	10,58	8,58
5	29 mars 2000	12h45-15h45	3,705	1007	10,15	8,4
6	30 mars 2000	10h14-13h14	3,741	1004	9,54	10,46
7	31 mars 2000	9h52-12h52	3,718	998	10,37	9,67
8	3 avril 2000	10h12-13h12	3,754	1016	9,25	10,45
9	4 avril 2000	10h00-13h00	3,633	1013	10,1	9,7
10	5 avril 2000	10h25-13h25	3,733	1001	10,2	8,53
11	6 avril 2000	9h55-12h55	3,662	1004	9,65	9,65
12	7 avril 2000	10h13-13h13	3,607	889	11,1	9,26

**Tableau 3 PCB dans les échantillons du train, en ng/train**

Échantillon n°	531	532	541	542	548	549	591	592	002	007	011	012	Moy. ng	s ng	ETR %	s <sub>i</sub> <sup>2</sup>	df <sub>i</sub>	df <sub>i</sub> x s <sub>i</sub> <sup>2</sup>
<b>3 Cl :</b>																		
PCB-18	1,2	3,4	4,8	4,4	2,9	2,2	3,1	3,3	3,3	3,9	3,6	2,6	3,23	0,96	30	0,924	11	10,16
PCB-28	11,1	7,1	9,5	9,4	7,3	6,6	7,1	9,3	8,6	8,0	9,2	5,6	8,23	1,55	19	2,408	11	26,49
PCB-33	6,1	6,2	7,3	5,6	6,8	4,7	7,4	5,5	6,3	6,7	8,4	5,0	6,33	1,06	17	1,132	11	12,45
<b>4 Cl :</b>																		
PCB-52	8,7	5,7	7,4	7,0	4,1	3,5	4,6	5,9	4,6	5,2	4,7	4,3	5,48	1,54	28	2,368	11	26,04
PCB-44	6,3	3,6	5,0	4,9	3,6	3,1	4,1	4,4	5,1	5,1	4,5	3,2	4,41	0,94	21	0,883	11	9,71
PCB-70	9,6	7,2	8,0	6,3	7,8	7,5	7,6	6,6	8,0	8,3	8,3	6,1	7,61	0,97	13	0,950	11	10,45
<b>5 Cl :</b>																		
PCB-101	5,9	4,5	5,7	4,4	4,0	3,1	3,9	3,5	3,8	4,9	5,0	4,8	4,46	0,85	19	0,723	11	7,95
PCB-118	5,5	4,6	4,9	4,2	5,1	3,8	4,5	3,8	4,6	4,1	4,5	3,8	4,45	0,54	12	0,294	11	3,23
PCB-105	3,0	2,9	3,2	2,9	3,2	2,5	2,8	2,8	3,3	3,0	2,8	2,7	2,93	0,23	8	0,053	11	0,58
<b>6 Cl :</b>																		
PCB-153	5,8	4,8	5,3	4,2	5,2	3,7	5,2	3,9	4,4	5,1	5,1	3,6	4,69	0,71	15	0,508	11	5,59
PCB-138	4,4	5,1	3,8	3,0	3,6	2,9	4,1	3,2	3,5	3,7	3,7	3,2	3,68	0,62	17	0,391	11	4,30
PCB-128	3,1	2,9	2,7	2,8	2,5	1,9	2,6	2,0	2,6	2,3	2,4	2,0	2,48	0,38	15	0,143	11	1,58
<b>7 Cl :</b>																		
PCB-187	2,2	2,1	2,4	2,0	2,2	1,6	2,2	1,7	2,0	2,0	2,2	1,7	2,03	0,25	12	0,060	11	0,66
PCB-180	2,9	3,1	2,3	2,4	2,3	2,0	2,6	2,0	2,5	2,2	2,5	1,9	2,39	0,36	15	0,130	11	1,43
PCB-170	2,7	3,1	2,9	2,3	2,4	1,8	2,4	1,9	2,4	2,2	2,2	2,0	2,36	0,39	17	0,152	11	1,67
<b>8 Cl :</b>																		
PCB-199	2,5	2,7	2,7	2,6	2,5	1,9	2,5	2,3	2,8	2,2	2,4	2,1	2,43	0,27	11	0,072	11	0,79
PCB-195	2,5	2,8	2,2	2,1	2,3	1,9	2,2	2,0	2,5	2,2	2,1	2,2	2,25	0,25	11	0,061	11	0,67
PCB-194	3,1	3,5	3,2	2,4	2,7	2,4	2,5	2,8	2,8	2,9	2,7	2,9	2,83	0,33	12	0,108	11	1,18
<b>9 Cl :</b>																		
PCB-206	2,1	2,3	2,5	2,2	2,3	2,2	2,3	2,2	2,5	2,2	2,3	2,3	2,28	0,12	5	0,014	11	0,16
<b>10 Cl :</b>																		
PCB-209	2,3	2,4	2,5	2,2	2,3	2,0	2,3	2,1	2,7	2,1	2,3	2,0	2,27	0,21	9	0,042	11	0,47
																TOT.	220	126
																<b>s<sub>p</sub> = 0,755</b>		
<b>% de récupération de substituts marqués au <sup>13</sup>C</b>																		
PCB-28	54	46	58	49	43	38	41	43	42	39	41	41						
PCB-52	56	49	58	51	56	43	46	45	46	42	45	42						
PCB-118	74	72	78	73	73	73	75	69	72	66	74	70						
PCB-153	69	67	73	68	67	68	70	64	67	63	69	65						
PCB-180	65	63	68	64	64	66	67	62	64	60	66	63						
PCB-194	67	65	70	66	67	68	68	64	66	61	68	64						
PCB-206	65	62	67	63	64	65	66	61	64	59	66	61						
PCB-209	62	57	64	61	62	63	63	58	61	56	64	60						

**Tableau 3A PCB dans les échantillons du train, ng/m<sup>3</sup>**

Échantillon n° Vol. d'échant.	531	532	541	542	548	549	591	592	002	007	011	012	Moy. ng/m <sup>3</sup>	s ng/m <sup>3</sup>	ETR %	s <sub>i</sub> <sup>2</sup>	df <sub>i</sub>	df <sub>i</sub> x s <sub>i</sub> <sup>2</sup>	
<b>3 Cl :</b>																			
PCB-18	0,32	0,89	1,28	1,18	0,78	0,59	0,83	0,88	0,91	1,04	0,98	0,72	0,867	0,256	30	0,066	11	0,722	
PCB-28	2,94	1,87	2,52	2,52	1,97	1,76	1,91	2,48	2,37	2,14	2,51	1,55	2,213	0,406	18	0,165	11	1,816	
PCB-33	1,62	1,63	1,94	1,50	1,84	1,26	1,99	1,47	1,73	1,79	2,29	1,39	1,704	0,290	17	0,084	11	0,924	
<b>4 Cl :</b>																			
PCB-52	2,30	1,50	1,97	1,88	1,11	0,94	1,24	1,57	1,27	1,39	1,28	1,19	1,470	0,399	27	0,159	11	1,751	
PCB-44	1,67	0,95	1,33	1,32	0,97	0,83	1,10	1,17	1,40	1,37	1,23	0,89	1,185	0,248	21	0,062	11	0,678	
PCB-70	2,54	1,90	2,13	1,69	2,11	2,00	2,04	1,76	2,20	2,22	2,27	1,69	2,046	0,256	13	0,065	11	0,720	
<b>5 Cl :</b>																			
PCB-101	1,56	1,18	1,51	1,18	1,08	0,83	1,05	0,93	1,05	1,31	1,37	1,33	1,199	0,226	19	0,051	11	0,560	
PCB-118	1,46	1,21	1,30	1,13	1,38	1,02	1,21	1,01	1,27	1,10	1,23	1,05	1,197	0,141	12	0,020	11	0,219	
PCB-105	0,79	0,76	0,85	0,78	0,86	0,67	0,75	0,75	0,91	0,80	0,76	0,75	0,787	0,064	8	0,004	11	0,044	
<b>6 Cl :</b>																			
PCB-153	1,54	1,26	1,41	1,13	1,40	0,99	1,40	1,04	1,21	1,37	1,39	1,00	1,261	0,185	15	0,034	11	0,378	
PCB-138	1,17	1,34	1,01	0,81	0,97	0,78	1,10	0,85	0,96	0,99	1,01	0,89	0,990	0,159	16	0,025	11	0,279	
PCB-128	0,82	0,76	0,72	0,75	0,67	0,51	0,70	0,53	0,72	0,62	0,66	0,55	0,667	0,098	15	0,010	11	0,105	
<b>7 Cl :</b>																			
PCB-187	0,58	0,55	0,64	0,54	0,59	0,43	0,59	0,45	0,55	0,54	0,60	0,47	0,545	0,064	12	0,004	11	0,046	
PCB-180	0,77	0,82	0,61	0,64	0,62	0,53	0,70	0,53	0,69	0,59	0,68	0,53	0,643	0,093	14	0,009	11	0,094	
PCB-170	0,72	0,82	0,77	0,62	0,65	0,48	0,65	0,51	0,66	0,59	0,60	0,55	0,634	0,099	16	0,010	11	0,109	
<b>8 Cl :</b>																			
PCB-199	0,66	0,71	0,72	0,70	0,67	0,51	0,67	0,61	0,77	0,59	0,66	0,58	0,654	0,071	11	0,005	11	0,056	
PCB-195	0,66	0,74	0,58	0,56	0,62	0,51	0,59	0,53	0,69	0,59	0,57	0,61	0,605	0,065	11	0,004	11	0,046	
PCB-194	0,82	0,92	0,85	0,64	0,73	0,64	0,67	0,75	0,77	0,78	0,74	0,75	0,755	0,083	11	0,007	11	0,075	
<b>9 Cl :</b>																			
PCB-206	0,56	0,61	0,66	0,59	0,62	0,59	0,62	0,59	0,69	0,59	0,63	0,64	0,614	0,037	6	0,001	11	0,015	
<b>10 Cl :</b>																			
PCB-209	0,61	0,63	0,66	0,59	0,62	0,53	0,62	0,56	0,74	0,56	0,63	0,55	0,610	0,057	9	0,003	11	0,036	
																TOT.		220	8,672
																<b>s<sub>p</sub> =</b>	<b>0,199</b>		
<b>% de récupération de substituts marqués au <sup>13</sup>C</b>																			
PCB-28	54	46	58	49	43	38	41	43	42	39	41	41							
PCB-52	56	49	58	51	56	43	46	45	46	42	45	42							
PCB-118	74	72	78	73	73	73	75	69	72	66	74	70							
PCB-153	69	67	73	68	67	68	70	64	67	63	69	65							
PCB-180	65	63	68	64	64	66	67	62	64	60	66	63							
PCB-194	67	65	70	66	67	68	68	64	66	61	68	64							
PCB-206	65	62	67	63	64	65	66	61	64	59	66	61							
PCB-209	62	57	64	61	62	63	63	58	61	56	64	60							

**Tableau 4 PCB dans les échantillons de cendres, ng/échantillon**

Échant. n°	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	Moy.	s	ETR	s <sub>i</sub> <sup>2</sup>	df <sub>i</sub>	df <sub>i</sub> x s <sub>i</sub> <sup>2</sup>
Vol. d'échant.	5,01	4,99	4,98	5,00	5,00	4,99	4,99	5,01	5,02	5,03	ng	ng	%			
<b>3 Cl :</b>																
PCB-18	2,079	1,861	1,733	3,210	1,585	1,906	1,981	2,129	1,908	2,334	2,073	0,450	22	0,2029	9	1,826
PCB-28	2,675	2,475	2,565	4,390	4,390	3,268	3,169	3,412	2,425	4,371	3,314	0,812	24	0,6589	9	5,930
PCB-33	3,236	2,989	2,923	5,315	5,315	3,608	3,623	3,467	3,087	3,964	3,753	0,884	24	0,7807	9	7,026
<b>4 Cl :</b>																
PCB-52	2,425	2,685	2,455	3,855	2,585	2,695	2,899	2,881	2,696	3,028	2,820	0,411	15	0,1687	9	1,518
PCB-44	1,769	2,041	2,012	3,120	2,025	2,061	2,186	1,999	1,928	2,284	2,142	0,370	17	0,1369	9	1,232
PCB-70	3,277	3,533	3,725	4,775	3,625	3,802	4,012	4,098	3,660	4,361	3,887	0,438	11	0,1917	9	1,725
<b>5 Cl :</b>																
PCB-101	1,909	2,011	2,908	3,425	1,955	2,280	2,340	2,791	2,189	2,445	2,425	0,484	20	0,2345	9	2,110
PCB-118	3,231	3,159	3,874	3,690	3,175	3,308	3,353	3,617	3,188	3,466	3,406	0,248	7	0,0615	9	0,553
PCB-105	2,540	2,515	2,759	2,890	2,595	2,730	2,660	2,771	2,686	2,651	2,680	0,114	4	0,0129	9	0,116
<b>6 Cl :</b>																
PCB-153	2,610	2,695	4,333	3,585	2,660	2,834	2,814	3,557	2,686	2,978	3,075	0,567	18	0,3215	9	2,894
PCB-138	2,204	2,236	3,257	2,735	2,320	2,365	2,445	2,851	2,334	2,374	2,512	0,334	13	0,1115	9	1,004
PCB-128	1,944	1,851	1,972	1,900	1,890	1,961	1,941	1,939	2,003	2,118	1,952	0,073	4	0,0053	9	0,048
<b>7 Cl :</b>																
PCB-187	1,398	1,422	1,678	1,535	1,440	1,537	1,442	1,553	1,466	1,584	1,506	0,087	6	0,0076	9	0,069
PCB-180	1,613	1,687	1,907	1,730	1,605	1,717	1,687	1,738	1,647	1,801	1,713	0,091	5	0,0082	9	0,074
PCB-170	1,794	1,876	1,942	2,280	1,825	2,091	2,141	1,919	1,842	2,113	1,982	0,163	8	0,0266	9	0,239
<b>8 Cl :</b>																
PCB-199	2,024	2,216	2,146	2,190	2,165	2,226	2,290	2,189	2,169	2,168	2,178	0,068	3	0,0046	9	0,042
PCB-195	2,019	2,066	1,987	2,055	2,060	2,106	2,236	1,909	2,169	1,987	2,059	0,094	5	0,0089	9	0,080
PCB-194	2,410	2,480	2,505	2,580	2,615	2,495	2,555	2,420	2,354	2,455	2,487	0,081	3	0,0066	9	0,059
<b>9 Cl :</b>																
PCB-206	2,234	2,176	2,221	2,350	2,125	2,260	2,265	2,239	2,128	2,188	2,219	0,068	3	0,0046	9	0,042
<b>10 Cl :</b>																
PCB-209	2,134	2,265	2,221	2,170	2,420	2,176	2,126	2,234	2,179	2,455	2,238	0,114	5	0,0129	9	0,117
														TOT.	180	26,703
														<b>s<sub>p</sub> =</b>	<b>0,385</b>	
<b>% de récupération de substituts marqués au <sup>13</sup>C</b>																
PCB-28	71	61	76	75	54	74	65	73	74	66						
PCB-52	72	67	80	82	62	79	71	80	78	71						
PCB-118	102	100	102	107	97	107	103	109	106	104						
PCB-153	102	99	100	104	97	105	103	106	105	104						
PCB-180	136	131	128	134	126	136	136	137	133	133						
PCB-194	106	101	100	103	98	106	106	108	104	105						
PCB-206	104	99	97	100	96	102	103	105	101	102						
PCB-209	101	95	94	96	92	99	99	100	97	99						

**Tableau 4A PCB dans les échantillons de cendres, ng/g**

Échant. n°	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	Moy.	s	ETR	s <sub>i</sub> <sup>2</sup>	df <sub>i</sub>	df <sub>i</sub> x s <sub>i</sub> <sup>2</sup>
Vol. d'échant.	5,01	4,99	4,98	5,00	5,00	4,99	4,99	5,01	5,02	5,03	ng/g	ng/g	%			
<b>3 Cl :</b>																
PCB-18	0,415	0,373	0,348	0,642	0,317	0,382	0,397	0,425	0,38	0,464	0,414	0,090	22	0,0081	9	0,073
PCB-28	0,534	0,496	0,515	0,878	0,878	0,655	0,635	0,681	0,483	0,869	0,662	0,162	24	0,0261	9	0,235
PCB-33	0,646	0,599	0,587	1,063	1,063	0,723	0,726	0,692	0,615	0,788	0,750	0,177	24	0,0312	9	0,280
<b>4 Cl :</b>																
PCB-52	0,484	0,538	0,493	0,771	0,517	0,540	0,581	0,575	0,537	0,602	0,564	0,082	15	0,0067	9	0,060
PCB-44	0,353	0,409	0,404	0,624	0,405	0,413	0,438	0,399	0,384	0,454	0,428	0,074	17	0,0055	9	0,049
PCB-70	0,654	0,708	0,748	0,955	0,725	0,762	0,804	0,818	0,729	0,867	0,777	0,087	11	0,0076	9	0,068
<b>5 Cl :</b>																
PCB-101	0,381	0,403	0,584	0,685	0,391	0,457	0,469	0,557	0,436	0,486	0,485	0,097	20	0,0094	9	0,085
PCB-118	0,645	0,633	0,778	0,738	0,635	0,663	0,672	0,722	0,635	0,689	0,681	0,050	7	0,0025	9	0,023
PCB-105	0,507	0,504	0,554	0,578	0,519	0,547	0,533	0,553	0,535	0,527	0,536	0,023	4	0,0005	9	0,005
<b>6 Cl :</b>																
PCB-153	0,521	0,540	0,870	0,717	0,532	0,568	0,564	0,710	0,535	0,592	0,615	0,114	19	0,0131	9	0,118
PCB-138	0,440	0,448	0,654	0,547	0,464	0,474	0,490	0,569	0,465	0,472	0,502	0,068	13	0,0046	9	0,041
PCB-128	0,388	0,371	0,396	0,380	0,378	0,393	0,389	0,387	0,399	0,421	0,390	0,014	4	0,0002	9	0,002
<b>7 Cl :</b>																
PCB-187	0,279	0,285	0,337	0,307	0,288	0,308	0,289	0,310	0,292	0,315	0,301	0,018	6	0,0003	9	0,003
PCB-180	0,322	0,338	0,383	0,346	0,321	0,344	0,338	0,347	0,328	0,358	0,343	0,018	5	0,0003	9	0,003
PCB-170	0,358	0,376	0,390	0,456	0,365	0,419	0,429	0,383	0,367	0,420	0,396	0,033	8	0,0011	9	0,010
<b>8 Cl :</b>																
PCB-199	0,404	0,444	0,431	0,438	0,433	0,446	0,459	0,437	0,432	0,431	0,436	0,014	3	0,0002	9	0,002
PCB-195	0,403	0,414	0,399	0,411	0,412	0,422	0,448	0,381	0,432	0,395	0,412	0,019	5	0,0004	9	0,003
PCB-194	0,481	0,497	0,503	0,516	0,523	0,500	0,512	0,483	0,469	0,488	0,497	0,017	3	0,0003	9	0,003
<b>9 Cl :</b>																
PCB-206	0,446	0,436	0,446	0,470	0,425	0,453	0,454	0,447	0,424	0,435	0,444	0,014	3	0,0002	9	0,002
<b>10 Cl :</b>																
PCB-209	0,426	0,454	0,446	0,434	0,484	0,436	0,426	0,446	0,434	0,488	0,447	0,022	5	0,0005	9	0,004
													TOT.	180	1,068	
													<b>s<sub>p</sub> =</b>	<b>0,077</b>		
<b>% de récupération de substituts marqués au <sup>13</sup>C</b>																
PCB-28	71	61	76	75	54	74	65	73	74	66						
PCB-52	72	67	80	82	62	79	71	80	78	71						
PCB-118	102	100	102	107	97	107	103	109	106	104						
PCB-153	102	99	100	104	97	105	103	106	105	104						
PCB-180	136	131	128	134	126	136	136	137	133	133						
PCB-194	106	101	100	103	98	106	106	108	104	105						
PCB-206	104	99	97	100	96	102	103	105	101	102						
PCB-209	101	95	94	96	92	99	99	100	97	99						



**Tableau 5 PCB de type dioxine dans les échantillons du train, ng/train**

Échant. n°		531	532	541	542	548	549	591	592	002	007	011	012	Moy. ng	s ng	ETR %
	FET															
PCB-81	0,0001	0,459	0,451	0,444	0,435	0,439	0,335	0,422	0,435	0,549	0,388	0,463	0,300	0,427	0,064	15
PCB-77	0,0001	0,836	0,749	0,755	0,761	0,775	0,659	0,702	0,724	0,797	0,679	0,702	0,460	0,717	0,095	13
PCB-123	0,0001	0,644	0,561	0,636	0,564	0,631	0,464	0,590	0,518	0,661	0,570	0,626	0,430	0,575	0,073	13
PCB-118	0,0001	5,205	4,265	4,755	4,046	4,651	3,579	3,932	3,552	4,435	3,948	4,232	3,369	4,164	0,541	13
PCB-114	0,0005	0,527	0,473	0,496	0,500	0,484	0,373	0,447	0,936	0,587	0,447	0,479	0,296	0,504	0,154	31
PCB-105	0,0001	3,092	2,831	3,005	2,755	3,025	2,415	2,646	5,169	3,289	2,580	2,751	2,031	2,966	0,770	26
PCB-126	0,1	0,521	0,507	0,486	0,471	0,496	0,435	0,537	0,441	0,558	0,442	0,507	0,377	0,482	0,051	11
PCB-167	0,0000	0,533	0,548	0,557	0,527	0,537	0,457	0,538	0,958	0,618	0,437	0,541	0,394	0,554	0,141	25
	1															
PCB-156	0,0005	0,614	0,619	0,526	0,651	0,609	0,544	0,674	0,509	0,606	0,543	0,534	0,444	0,573	0,067	12
PCB-157	0,0005	0,456	0,479	0,479	0,450	0,474	0,414	0,459	0,434	0,533	0,428	0,459	0,365	0,453	0,041	9
PCB-169	0,01	0,601	0,532	0,497	0,509	0,570	0,445	0,535	0,445	0,581	0,463	0,528	0,392	0,508	0,063	12
PCB-189	0,0001	0,457	0,501	0,468	0,450	0,478	0,400	0,479	0,418	0,565	0,443	0,470	0,348	0,456	0,054	12
<b>EQT-PCB</b>		<b>0,0599</b>	<b>0,0577</b>	<b>0,0553</b>	<b>0,0539</b>	<b>0,0571</b>	<b>0,0494</b>	<b>0,0607</b>	<b>0,0506</b>	<b>0,0635</b>	<b>0,0504</b>	<b>0,0577</b>	<b>0,0429</b>	<b>0,0549</b>	<b>0,0058</b>	<b>11</b>

% de récupération de substituts marqués au <sup>13</sup>C

PCB-77	86	85	85	92	86	85	83	84	88	86	82	69
PCB-126	87	89	85	93	89	88	86	88	91	87	85	74
PCB-156	90	92	89	96	92	93	90	93	96	90	90	77
PCB-169	86	88	84	91	88	87	85	88	91	86	85	73
PCB-180	94	91	92	96	92	94	92	92	95	89	92	78

**Tableau 5A PCB de type dioxine dans les échantillons du train, ng/train**

Échant. n°		531	532	541	542	548	549	591	592	002	007	011	012	Moy.	s	ETR
Résultats, unités		3,776	3,779	3,764	3,726	3,705	3,741	3,718	3,754	3,633	3,733	3,662	3,607	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	%
	TEF															
PCB-81	0,0001	0,122	0,119	0,118	0,117	0,118	0,089	0,113	0,116	0,151	0,104	0,127	0,083	0,115	0,017	15
PCB-77	0,0001	0,221	0,198	0,201	0,204	0,209	0,176	0,189	0,193	0,219	0,182	0,192	0,128	0,193	0,025	13
PCB-123	0,0001	0,171	0,148	0,169	0,151	0,170	0,124	0,159	0,138	0,182	0,153	0,171	0,119	0,155	0,020	13
PCB-118	0,0001	1,378	1,129	1,263	1,086	1,255	0,957	1,058	0,946	1,221	1,057	1,156	0,934	1,120	0,141	13
PCB-114	0,0005	0,140	0,125	0,132	0,134	0,131	0,100	0,120	0,249	0,162	0,120	0,131	0,082	0,135	0,041	30
PCB-105	0,0001	0,819	0,749	0,798	0,739	0,817	0,646	0,712	1,377	0,905	0,691	0,751	0,563	0,797	0,203	25
PCB-126	0,1	0,138	0,134	0,129	0,126	0,134	0,116	0,144	0,118	0,154	0,118	0,139	0,105	0,130	0,014	11
PCB-167	0,0000	0,141	0,145	0,148	0,141	0,145	0,122	0,145	0,255	0,170	0,117	0,148	0,109	0,149	0,037	25
	1															
PCB-156	0,0005	0,162	0,164	0,140	0,175	0,165	0,145	0,181	0,135	0,167	0,145	0,146	0,123	0,154	0,017	11
PCB-157	0,0005	0,121	0,127	0,127	0,121	0,128	0,111	0,123	0,116	0,147	0,115	0,125	0,101	0,122	0,011	9
PCB-169	0,01	0,159	0,141	0,132	0,137	0,154	0,119	0,144	0,118	0,160	0,124	0,144	0,109	0,137	0,017	12
PCB-189	0,0001	0,121	0,133	0,124	0,121	0,129	0,107	0,129	0,111	0,155	0,119	0,128	0,097	0,123	0,015	12
<b>EQT-PCB</b>		<b>0,0159</b>	<b>0,0153</b>	<b>0,0147</b>	<b>0,0145</b>	<b>0,0154</b>	<b>0,0132</b>	<b>0,0163</b>	<b>0,0135</b>	<b>0,0175</b>	<b>0,0135</b>	<b>0,0158</b>	<b>0,0119</b>	<b>0,0148</b>	<b>0,0016</b>	<b>11</b>
% de récupération de substituts marqués au <sup>13</sup> C																
PCB-77		86	85	85	92	86	85	83	84	88	86	82	69			
PCB-126		87	89	85	93	89	88	86	88	91	87	85	74			
PCB-156		90	92	89	96	92	93	90	93	96	90	90	77			
PCB-169		86	88	84	91	88	87	85	88	91	86	85	73			
PCB-180		94	91	92	96	92	94	92	92	95	89	92	78			

**Tableau 6 PCB de type dioxine dans les cendres volantes, ng/échantillon**

Échant. n°		316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	Moy.	s	ETR
Vol. d'échant.		5,01	4,99	4,98	5,00	5,00	4,99	4,99	5,01	5,02	5,03	ng	ng	%
	TEF													
PCB-81	0,0001	0,357	0,354	0,433	0,369	0,402	0,368	0,320	0,372	0,393	0,407	0,377	0,032	9
PCB-77	0,0001	0,409	0,450	0,560	0,479	0,476	0,475	0,395	0,462	0,510	0,518	0,473	0,049	10
PCB-123	0,0001	0,369	0,355	0,493	0,441	0,392	0,411	0,321	0,386	0,424	0,414	0,401	0,048	12
PCB-118	0,0001	1,867	2,092	3,004	2,503	2,156	2,421	2,065	2,443	2,613	2,322	2,348	0,326	14
PCB-114	0,0005	0,321	0,336	0,413	0,343	0,360	0,360	0,303	0,317	0,382	0,369	0,351	0,033	9
PCB-105	0,0001	1,694	1,814	2,332	1,914	1,846	2,044	1,728	1,898	2,147	1,977	1,939	0,195	10
PCB-126	0,1	0,436	0,454	0,537	0,459	0,466	0,522	0,404	0,432	0,532	0,484	0,473	0,045	10
PCB-167	0,00001	0,386	0,399	0,516	0,406	0,429	0,431	0,378	0,417	0,490	0,418	0,427	0,044	10
PCB-156	0,0005	0,393	0,400	0,494	0,419	0,402	0,432	0,391	0,446	0,475	0,458	0,431	0,036	8
PCB-157	0,0005	0,334	0,367	0,423	0,362	0,370	0,395	0,320	0,356	0,410	0,403	0,374	0,033	9
PCB-169	0,01	0,367	0,402	0,483	0,417	0,425	0,430	0,360	0,389	0,479	0,417	0,417	0,041	10
PCB-189	0,0001	0,427	0,442	0,525	0,455	0,456	0,442	0,421	0,421	0,499	0,563	0,465	0,048	10
<b>EQT-PCB</b>		<b>0,0483</b>	<b>0,0505</b>	<b>0,0600</b>	<b>0,0512</b>	<b>0,0520</b>	<b>0,0577</b>	<b>0,0450</b>	<b>0,0483</b>	<b>0,0593</b>	<b>0,0538</b>	<b>0,0526</b>	<b>0,0050</b>	<b>10</b>
% de récupération de substituts marqués au <sup>13</sup> C														
PCB-77		67	76	90	79	79	75	68	75	88	81			
PCB-126		69	76	91	78	78	77	69	73	92	80			
PCB-156		67	77	90	77	79	83	76	80	96	84			
PCB-169		65	75	89	74	76	72	67	70	90	74			
PCB-180		66	75	87	80	77	87	75	78	97	78			

**Tableau 6A PCB de type dioxine dans les échantillons de cendres, ng/g**

Échant. n°		316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	Moy.	s	ETR
Vol. d'échant.		5,01	4,99	4,98	5,00	5,00	4,99	4,99	5,01	5,02	5,03	ng/g	ng/g	%
	TEF													
PCB-81	0,0001	0,071	0,071	0,087	0,074	0,080	0,074	0,064	0,074	0,078	0,081	0,075	0,006	8
PCB-77	0,0001	0,082	0,090	0,112	0,096	0,095	0,095	0,079	0,092	0,102	0,103	0,095	0,010	10
PCB-123	0,0001	0,074	0,071	0,099	0,088	0,078	0,082	0,064	0,077	0,085	0,082	0,080	0,010	12
PCB-118	0,0001	0,373	0,419	0,603	0,501	0,431	0,485	0,414	0,488	0,520	0,462	0,470	0,065	14
PCB-114	0,0005	0,064	0,067	0,083	0,069	0,072	0,072	0,061	0,063	0,076	0,073	0,070	0,007	10
PCB-105	0,0001	0,338	0,364	0,468	0,383	0,369	0,410	0,346	0,379	0,428	0,393	0,388	0,039	10
PCB-126	0,1	0,087	0,091	0,108	0,092	0,093	0,105	0,081	0,086	0,106	0,096	0,094	0,009	10
PCB-167	0,00001	0,077	0,080	0,104	0,081	0,086	0,086	0,076	0,083	0,098	0,083	0,085	0,009	10
PCB-156	0,0005	0,078	0,080	0,099	0,084	0,080	0,087	0,078	0,089	0,095	0,091	0,086	0,007	8
PCB-157	0,0005	0,067	0,074	0,085	0,072	0,074	0,079	0,064	0,071	0,082	0,080	0,075	0,007	9
PCB-169	0,01	0,073	0,081	0,097	0,083	0,085	0,086	0,072	0,078	0,095	0,083	0,083	0,008	10
PCB-189	0,0001	0,085	0,089	0,105	0,091	0,091	0,089	0,084	0,084	0,099	0,112	0,093	0,010	10
<b>EQT-PCB</b>		<b>0,0096</b>	<b>0,0101</b>	<b>0,0120</b>	<b>0,0102</b>	<b>0,0104</b>	<b>0,0116</b>	<b>0,0090</b>	<b>0,0096</b>	<b>0,0118</b>	<b>0,0107</b>	<b>0,0105</b>	<b>0,0010</b>	<b>10</b>
% de récupération de substituts marqués au <sup>13</sup> C														
PCB-77		67	76	90	79	79	75	68	75	88	81			
PCB-126		69	76	91	78	78	77	69	73	92	80			
PCB-156		67	77	90	77	79	83	76	80	96	84			
PCB-169		65	75	89	74	76	72	67	70	90	74			
PCB-180		66	75	87	80	77	87	75	78	97	78			

**Table 7 Distribution des PCB dans les échantillons à l'avant et à l'arrière du train**

Échant. n° Type d'échant. Résult., unités	011			012		
	Avant ng	Arrière ng	Autres PCB	Avant ng	Arrière ng	Autres PCB
Trichloro			nd			1,5 (1)
PCB-18	nd	3,6		nd	2,6	
PCB-28	nd	9,2		nd	5,6	
PCB-33	nd	8,4		nd	5,0	
Tétrachloro			5,3 (2)			3,8 (2)
PCB-52	nd	4,7		nd	4,3	
PCB-44	nd	4,5		nd	3,2	
PCB-70	nd	8,3		nd	6,1	
Pentachloro			6,9 (5)			6,8 (5)
PCB-101	0,5	4,5		0,7	4,1	
PCB-118	nd	4,5		nd	3,8	
PCB-105	nd	2,8		nd	2,7	
Hexachloro			6,3 (5)			3,3 (4)
PCB-153	nd	5,1		nd	3,6	
PCB-138	nd	3,7		nd	3,2	
PCB-128	nd	2,4		nd	2,0	
Heptachloro			4,1 (4)			2,8 (2)
PCB-187	nd	2,2		nd	1,7	
PCB-180	nd	2,5		nd	1,9	
PCB-170	nd	2,2		nd	2,0	
Octachloro			0,4 (1)			0,4 (1)
PCB-199	nd	2,4		nd	2,1	
PCB-195	nd	2,1		nd	2,2	
PCB-194	0,3	2,4		0,5	2,4	
Nonachloro			nd			nd
PCB-206	nd	2,3		nd	2,3	
Décachloro						
PCB-209	nd	2,3		nd	2,0	
Total	0,8	80,1		1,1	62,8	

nd = non décelé ou < limite de détection 0,2-0,3 ng; entre parenthèses, le nombre d'autres isomères décelés

**Tableau 8 Résumé pour les PCB dans les échantillons du train et des cendres**

Échant.-méthode	Concentration	Nombre d'essais répétés	Concentration moyenne	s	ETR, %	s <sub>p</sub>
Train-congénère	ng/train	12	2,0-7,6	0,12-1,55	5-30	0,755
Train-congénère	ng/m <sup>3</sup>	12	0,61-2,21	0,037-0,41	6-30	0,199
Cendres-congénère	ng/échantillon	10	1,71-3,89	0,068-0,884	3-24	0,385
Cendres-congénère	ng/g	10	0,3-0,78	0,01-0,18	3-24	0,077
Train-EQT	ng/train	12	0,0549	0,0058	11	
Train-EQT	ng/m <sup>3</sup>	12	0,0148	0,0016	11	
Cendres-EQT	ng/échantillon	10	0,0526	0,005	10	
Cendres-EQT	ng/g	10	0,0105	0,0010	10	

s = écart-type; s<sub>p</sub> = écart-type regroupé