

Mise au point de méthodes d'analyse de composés organiques semi-volatils (COSV) dans les poussières domestiques

F. MERCIER, O. THOMAS, B. LEBOT

Fabien.Mercier@ehesp.fr

Ecoles des Hautes Etudes en Santé Publique (EHESP)
Laboratoire d'Etude et de Recherche en Environnement et Santé (LERES)
Avenue du Professeur Léon-Bernard - CS 74312 - 35043 Rennes cedex

Mots-clés :

COSV, chromatographie en phase gazeuse, spectrométrie de masse, poussières, prélèvement, environnement intérieur.

1 Introduction

L'homme passe la plus grande partie de son temps dans divers locaux (habitation, lieu de travail, écoles...). Le développement des matériaux de construction et des produits de consommation ces dernières années a conduit à l'apport de nouvelles substances organiques dans nos lieux de vie telles que les phtalates, les polybromodiphényl-éthers (PBDE), les polychlorobiphényles (PCB) ou les pesticides, substances pour la plupart considérées comme composés organiques semi-volatils¹ (COSV). A la maison, les sources de contamination sont multiples du fait de la dégradation des matériaux de construction, de la formation de produits de combustion, de l'apport de l'environnement extérieur (air et sols) et de l'utilisation généralisée de biocides, de produits d'entretien, de cosmétiques mais aussi d'appareils électroniques, de meubles et de bien d'autres produits de consommation. Les expositions aux COSV en environnement intérieur font l'objet, depuis une décennie, d'un intérêt croissant de la part de la communauté scientifique, tant pour l'identification d'effets sur la santé [1], que pour la réduction des risques identifiés [2], du fait de contaminations très probables provenant d'une multitude de sources à l'intérieur des lieux de vie, et d'exposition de populations pouvant être considérées comme vulnérables (les enfants et les femmes enceintes) compte tenu de certains effets (reprotoxique et neurotoxique). Cette prise de conscience s'est étendue aux poussières déposées au sol et sur le mobilier [3] en tant que média d'exposition, en particulier pour les jeunes enfants [4] du fait des contacts naturels main-sol/main-bouche. La contribution spécifique des poussières déposées est soupçonnée de constituer une part non négligeable voire majoritaire de l'exposition pour certains phtalates [5], polybromodiphényl-éthers [6] et pesticides [7]. Les poussières peuvent également constituer un indicateur de contamination des lieux de vie [8], notamment pour les deux autres compartiments de l'environnement intérieur que sont l'air et les particules en suspension [9]. Malgré l'intérêt grandissant des scientifiques pour ce média d'exposition ces dernières années, les niveaux de contamination demeurent méconnus en France puisque seules de rares études ne concernant que quelques composés et quelques logements sont disponibles [10;11]. Cette étude se propose,

¹ On entend par composés organiques semi-volatils (COSV) les composés organiques dont le point d'ébullition se situe entre (240 à 260 °C) et (380 à 400 °C) (NF ISO 16000-6, 2006). La pression de vapeur saturante des COSV se situe entre 10^{-2} et 10^{-8} kPa.

dans un premier temps, de définir une stratégie de mesure (du prélèvement à l'analyse) de COSV préalablement sélectionnés et hiérarchisés en fonction de leur intérêt sanitaire et des possibilités analytiques dans les poussières sédimentées et, dans un second temps, de mettre au point les méthodes d'analyse adaptées à la stratégie de mesure adoptée.

2 Démarche

Ce travail a été mené en plusieurs étapes détaillées dans le tableau 1 ci-après :

Objectif	Méthode
Sélection des COSV d'intérêt	Sélection des contaminants à partir d'une revue bibliographique et d'une hiérarchisation selon des critères de contamination et de dangerosité
Définition d'une stratégie de prélèvement	Analyse de la littérature scientifique, puis adaptation à la liste des COSV d'intérêt et à la campagne de prélèvement du projet Plomb-Habitat
Définition d'une stratégie d'analyse	Analyse de la littérature scientifique et choix en fonction des COSV d'intérêt et de la stratégie de prélèvement
Mise au point des méthodes d'analyse	Développement analytique

Tableau 1 : Démarche adoptée pour définir la stratégie de mesure

3 Matériel et méthodes

3.1 Sélection et hiérarchisation des COSV d'intérêt

Ce travail a été financé par l'Afsset et est présenté dans sa globalité dans le rapport intitulé « Etude préliminaire à l'estimation de l'exposition aux contaminants organiques présents dans les poussières domestiques ». Il a été mené selon la démarche décrite ci-après. L'inclusion des COSV dans une liste préliminaire s'est faite selon la plausibilité de leur présence (substances susceptibles d'être présentes dans les poussières déposées au sol et sur le mobilier dans les logements) à partir d'une revue bibliographique (substances recherchées ou déjà mesurées et substances nouvelles dont les propriétés physico-chimiques sont cohérentes avec la définition d'un COSV). La hiérarchisation a été réalisée à partir de deux critères : un critère de contamination (concentrations retrouvées dans les poussières sédimentées dans les logements) et un critère de dangerosité (substances disposant d'une valeur toxicologique de référence (VTR) ou de données toxicologiques permettant d'en construire). Les concentrations (moyenne géométrique, à défaut arithmétique, maximum et fréquence de détection, si renseignés) dans les poussières sédimentées ont ainsi été documentées dans les logements en France (à défaut en Europe ou dans d'autres pays industrialisés tels que les Etats-Unis, le Canada, l'Australie, le Japon,...). Il en a été de même pour les valeurs toxicologiques de référence (à seuil et sans seuil) répertoriées à partir des bases de données toxicologiques (US-EPA, ATSDR, IPCS-OMS, OEHHA, Santé Canada et RIVM), ou construites à partir d'indices de toxicité quand cela était possible. Deux scores (concentration moyenne / VTR la plus sévère pour les effets à seuil et concentration moyenne \times VTR la plus sévère pour les effets sans seuil) ont ensuite été calculés pour chaque substance avec pour résultat deux hiérarchisations, l'une relative aux effets à seuil et l'autre aux effets sans seuil.

3.2 Définition d'une stratégie de prélèvement

La stratégie de prélèvement a été établie en fonction d'une analyse systématique de la littérature, de la liste des COSV d'intérêt et des contraintes logistiques inhérentes à la campagne de prélèvement du projet Plomb-Habitat. Ce projet vise à identifier les déterminants des plombémies élevées et modérées et à établir des relations quantitatives entre plomb sanguin et plomb au domicile de l'enfant. Dans le cadre de ce projet, le plomb au domicile des enfants est mesuré par des prélèvements de différents milieux d'exposition : eau, sols, poussières, peintures. 500 logements ont ainsi été visités et ont bénéficiés de prélèvements et mesurages environnementaux, ce qui constituait une formidable opportunité pour collecter des échantillons de poussières sédimentées dans l'habitat français.

3.3 Définition d'une stratégie d'analyse

L'analyse de la littérature scientifique relative aux techniques d'analyse de contaminants organiques dans la matrice poussière couplée aux compétences et à l'expérience en matière de métrologie environnementale des équipes du laboratoire d'étude et de recherche en environnement et santé (LERES) a permis de définir une stratégie d'analyse. Pour ce faire, les substances d'intérêt, dans un premier temps, ont été classées par filière analytique. On entend par filière analytique la méthode de séparation et détection, la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS) par exemple. L'objectif était de regrouper les contaminants pour limiter le nombre de filières. Dans un second temps, cette étude s'est focalisée sur une seule des filières analytiques identifiées et une stratégie d'analyse, de l'extraction à la détermination, a été élaborée en fonction de la stratégie de prélèvement adoptée.

3.4 Mise au point des méthodes d'analyse

Au moment où est rédigé cet article, les méthodes d'analyse (de l'extraction à la détermination) sont en cours de développement. Par conséquent, seuls les premiers résultats, concernant principalement la mise au point de la méthode d'analyse instrumentale, sont présentés. L'optimisation de l'étape d'extraction et la validation des méthodes dans leur ensemble à partir d'un matériau de référence certifié seront présentées ultérieurement. Ce travail de mise au point de la méthode d'analyse instrumentale a été mené en plusieurs étapes listées ci-après : optimisation de la détection des substances ciblées, optimisation de l'injection et de la séparation chromatographique et détermination des limites de quantification instrumentales.

4 Résultats

4.1 COSV d'intérêt

Le travail de hiérarchisation, sur la base de l'application d'un score, aboutit ainsi à deux listes de substances, l'une relative aux effets à seuil et l'autre aux effets sans seuil. Les substances en « tête de liste » (et les effets associés) pour les effets à seuil sont les suivantes :

- les polychlorobiphényles « *dioxin like* » (PCB-DL) (effets multiples similaires à ceux des dioxines) ;
- les phtalates, en particulier le DEHP, le diisobutyl phthalate (DiBP) et le di-n-butylphthalate (DnBP) (effets reprotoxiques) ;
- certains pesticides organophosphorés : le méthyl-parathion, le dichlorvos et le chlorpyrifos (effets neurotoxiques) ;

- certains pesticides organochlorés : le lindane et l'heptachlore (effets neurotoxiques et hépatotoxiques) ;
- les organo-étains (effets immunotoxiques et reprotoxiques) ;
- les paraffines chlorées (effets hépatotoxiques peu spécifiques) ;
- certains isomères du pentabromodiphényl-éther (BDE-85, 99, 100, 119) (effets neurotoxiques et hépatotoxiques peu spécifiques).

Les substances en « tête de liste » (et les effets associés) pour les effets sans seuil sont les suivantes :

- le décabromodiphényléther (BDE-209) (tumeurs hépatiques) ;
- le DEHP (tumeurs hépatiques) ;
- les paraffines chlorées (tumeurs hépatiques) ;
- le benzo[a]pyrène (tumeurs multi-sites).

Il est à noter que le DEHP et le BDE-209 ont également des effets à seuil sur le développement de l'enfant, respectivement reprotoxiques et neurotoxiques.

Pour la suite de ce travail, la liste des substances d'intérêt a été étendue à l'ensemble des substances hiérarchisées (substances pour lesquelles on dispose à la fois de données toxicologiques et de données de concentration dans les poussières sédimentées), indépendamment de leur classement. Les familles représentées sont les suivantes : composés perfluorés, dérivés phénoliques (alkylphénol...), parabènes, paraffines chlorées, organo-étains, pesticides (organophosphorés, organochlorés, organoazotés, pyréthriinoïdes et carbamates), PCB, phtalates, esters phosphoriques, muscs polycycliques, PBDE et hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP).

4.2 Stratégie de prélèvement

L'analyse de la littérature scientifique a permis d'identifier les quatre méthodes de prélèvement les plus utilisées :

- l'aspirateur HVS3 (High Volume Small Surface Sampler), aspirateur spécialement développé par l'US EPA pour la recherche des polluants sur les sols intérieurs (tapis, moquette et divers revêtements) ;
- l'aspirateur conventionnel dans sa configuration commerciale ou spécifiquement équipé pour les besoins de l'étude ;
- la collecte du sac de l'aspirateur familial ;
- et l'utilisation d'une lingette.

Chacune de ces méthodes a ses avantages et ses inconvénients et doit être choisie en fonction des objectifs (contamination, identification des sources, exposition) et des contraintes de l'étude. La première méthode, basée sur le principe de collecte des poussières sédimentées à l'aide de l'aspirateur HVS3, a l'avantage d'être normalisée (méthode américaine standardisée : ASTM D 5438 : Standard Practice for Collection of Floor Dust for Chemical analysis) mais sa mise en œuvre est lourde (matériel encombrant difficile à utiliser et nettoyer) et coûteuse (méthode consommatrice de temps), de sorte qu'il est difficilement envisageable de l'utiliser pour une étude à grande échelle. L'utilisation d'un aspirateur commercial semble alors une alternative satisfaisante. Cependant, étant donné la présence de phtalates et plus particulièrement du DEHP dans la liste des molécules d'intérêt, il est indispensable de le modifier afin que la poussière ne rentre jamais en contact avec les éléments en plastique de l'aspirateur, source potentielle de contamination notamment pour certains phtalates. La solution, décrite dans plusieurs publications [12;13], réside dans l'installation au bout du tuyau d'aspiration d'un embout en téflon à l'intérieur

duquel est insérée une cartouche d'extraction en cellulose. C'est dans cette cartouche que sera recueillie la poussière. Reste tout de même un inconvénient : la contamination potentielle de la poussière en composés perfluorés par l'embout en téflon. Une autre méthode très souvent utilisée consiste à collecter le sac de l'aspirateur familial, ce qui implique un appel au volontariat ou une éventuelle compensation. Cette technique permet d'obtenir une grande quantité de poussières rapidement (quantité de poussières obtenue suffisante pour analyser l'ensemble des molécules prioritaires et possibilité de conserver le reste de l'échantillon pour des analyses ultérieures) mais présente deux inconvénients majeurs, la représentativité des lieux et de la poussière prélevés (les lieux aspirés peuvent être différents des lieux fréquentés et la poussière prélevée non représentative de celle qui est en contact avec la main d'un enfant) et le risque d'une contamination, notamment en phtalates, par les éléments en plastique de l'aspirateur. Une dernière solution, plus rarement utilisée (peu d'études concernant les composés organiques) mais offrant pourtant des perspectives intéressantes du fait de sa facilité et rapidité de mise en œuvre, consiste à passer une lingette humide ou imbibée d'isopropanol [14] sur une surface délimitée par un gabarit ou une plus large surface (plinthes, meubles bas,...). Outre la rapidité et la facilité de mise en œuvre, c'est l'absence, *a priori*, de contamination en phtalates qui fait l'intérêt de cette méthode. Il est à noter également qu'il s'agit de la méthode permettant de collecter la poussière la plus représentative de celle qui est en contact avec la main d'un enfant. En revanche, l'inconvénient majeur réside dans la faible quantité de poussières prélevée et donc l'incertitude quant à la sensibilité de la méthode d'analyse (limites de détection), au regard des niveaux de contamination des logements.

Ces éléments issus de l'analyse de la littérature scientifique sont à compléter par les contraintes logistiques évoquées plus haut, à savoir un temps de prélèvement réduit (5 minutes) et un encombrement minimum de l'enquêteur. En compilant ces différents éléments, ce travail a abouti à la stratégie de prélèvement suivante pour un objectif d'évaluation, à grande échelle, de la contamination des poussières dans l'habitat français. Il s'agit en fait d'un double prélèvement. Le premier consiste à recueillir le sac de l'aspirateur familial, technique permettant d'obtenir une grande quantité de poussière très rapidement mais présentant deux inconvénients majeurs : la représentativité des lieux et de la poussière prélevés, d'une part, et le risque d'une contamination par les éléments en plastique de l'aspirateur, d'autre part. Afin de remédier à ces inconvénients, un deuxième prélèvement est réalisé au moyen d'une lingette humide sur une surface de 0,1 m² (norme NF X 46-032). La méthode d'analyse sera optimisée pour les phtalates, mais toute autre substance analysable en même temps sera également mesurée.

4.3 Stratégie d'analyse

Les 5 filières analytiques suivantes ont été identifiées, chacune correspondant à l'utilisation d'un système de séparation et de détection spécifique :

- filière LC/MS/MS (chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem) pour les seuls composés perfluorés du fait de difficultés analytiques propres à ces composés ;
- filière LC/MS/MS pour les dérivés phénoliques et les parabènes ;
- filière GC/ECNI-MS (chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse par ionisation chimique négative) pour les paraffines chlorées ;

- filière GC/MS (chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse) après dérivation pour les composés organo-étains ;
- filière GC/MS/MS (chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse en tandem) pour les pesticides (organophosphorés, chlorés et azotés, pyréthriinoïdes et carbamates), polychlorobiphényles (PCB), phtalates, esters phosphoriques, muscs polycycliques, polybromodiphényl-éthers (PBDE) et hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Cette étude s'est ensuite focalisée sur une seule des 5 filières analytiques identifiées. Notre choix s'est porté sur la filière GC/MS/MS puisqu'elle regroupe la majorité des substances les mieux classées dans les deux hiérarchisations (avec seuil et sans seuil), à l'exception des paraffines chlorées et des organo-étains. Les échantillons de poussières, qu'ils soient prélevés au moyen d'une lingette ou à l'intérieur d'un sac aspirateur, seront donc analysés par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse en tandem avec la même méthode instrumentale regroupant une soixantaine de substances. En revanche, les étapes en amont de la détermination (préparation de l'échantillon, extraction...) seront différentes selon la méthode de prélèvement employée. En effet, les lingettes subiront une extraction au dichlorométhane assistée par ultrasons tandis que les poussières issues des sacs aspirateur, après une étape de tamisage, seront extraites au dichlorométhane à pression et température contrôlées à l'aide d'un automate (ASE, Accelerated Solvent Extraction). En outre, une étape de purification sera probablement nécessaire (en particulier pour les poussières issues des sacs d'aspirateur) du fait de la complexité de la matrice poussière, mixture hétérogène de particules organiques et inorganiques et de fibres [8].

4.4 Développement des méthodes d'analyse

4.4.1 Matériel utilisé

Le système utilisé est un chromatographe en phase gazeuse TRACE GC Ultra équipé d'un injecteur PTV (Programmable Temperature Vaporizing) et d'une plateforme d'injection automatique TriPlus, et couplé à un spectromètre de masse en tandem de type triple quadripôle TSQ Quantum GC (Thermo Scientific). La colonne capillaire utilisée est la colonne Rtx-PCB (Restek) dont les dimensions sont les suivantes : 60 m de longueur, 0,25 mm de diamètre interne et 0,25 µm d'épaisseur de film.

Le spectromètre de masse de type triple quadripôle est équipé de 3 quadripôles successifs. Le premier sélectionne les ions précurseurs (ou ions parents) selon leur rapport masse/charge (m/z). A l'aide d'un gaz de collision, l'argon, ces ions précurseurs sont ensuite fragmentés dans le second quadripôle pour produire des ions produits (ou ions fils) sélectionnés selon leur rapport masse/charge par le troisième quadripôle. Le couple ion précurseur / ion produit est appelé transition MRM (Multiple Reaction Monitoring). Cette association de trois quadripôles permet de s'affranchir des phénomènes de superposition de fragments de même poids issus de 2 molécules différentes.

4.4.2 Détection

L'optimisation de la détection consiste en l'identification des transitions les plus spécifiques et les plus sensibles pour chaque substance investiguée et la

détermination de l'énergie de collision optimale. Deux transitions au minimum par substance ont ainsi été retenues et sont présentées dans le tableau 2 ci-après.

Substance	Transition 1			Transition 2			Transition 3		
	Ion parent	Ion produit	Energie de collision (eV)	Ion parent	Ion produit	Energie de collision (eV)	Ion parent	Ion produit	Energie de collision (eV)
Dichlorvos	184,98	109,00	14	219,95	185,00	8			
DMP	163,04	133,00	10	194,06	163,00	10			
Acénaphène	126,05	100,00	10	153,07	152,10	16	154,08	153,10	14
DEP	177,06	149,10	10	222,09	176,00	5			
Tributylphosphate	155,00	99,00	6	211,10	99,00	10			
Propoxur	152,05	110,00	12	209,11	110,00	15	209,11	152,00	4
Fluorène	139,05	89,00	13	139,05	113,00	12	166,08	165,10	16
Diazinon	179,12	137,10	17	304,10	162,00	10			
Atrazine	215,09	173,00	8	215,09	200,10	10			
Galaxolide	243,17	213,10	9	258,20	243,20	8	243,17	201,00	9
Tonalide	258,20	187,10	15	243,17	187,10	8	258,20	243,20	8
Gamma-HCH	219,10	180,90	8	219,10	182,90	10			
DIBP	149,02	121,00	10	223,01	149,00	5			
Phénanthrène	152,06	126,00	22	178,08	152,10	18	178,08	177,10	15
Anthracène	152,06	126,00	22	178,08	152,10	18	178,08	177,10	15
PCB 31	255,96	186,00	25	255,96	221,00	13			
PCB 28	255,96	186,00	25	255,96	221,00	13			
DBP	149,02	121,00	10	223,01	149,00	5			
Heptachlore	271,83	236,90	14	273,83	238,90	14			
Parathion méthyl	263,00	109,00	12	263,00	246,00	6			
Malathion	173,08	99,00	14	173,08	127,00	6	173,08	145,00	6
PCB 52	291,92	222,00	24	291,92	257,00	13			
Chlorpyrifos éthyl	313,96	257,90	12	313,96	285,90	10			
Métolachlore	238,10	133,00	25	238,10	162,10	11			
DMEP	104,05	76,10	10	207,07	59,00	10			
Aldrine	262,88	192,90	30	262,88	227,90	15			
Parathion éthyl	291,00	109,00	10	291,00	137,00	6			
Oxadiazon	302,02	175,00	13	344,07	258,00	11	346,07	260,00	11
PCB 101	325,88	256,00	22	325,88	290,90	12			
Trans-chlordane	372,83	265,90	20	372,83	336,90	10			
Fluoranthène	202,08	175,00	35	202,08	201,10	18			
Folpet	261,93	130,00	16	261,93	233,90	6	259,93	130,00	16
Cis-chlordane	372,83	265,90	20	372,83	336,90	10			
4,4'-DDE	246,00	176,00	20	317,94	248,00	20			
Pyrène	174,05	148,00	14	202,08	200,10	15	202,08	201,10	16
Dieldrine	276,90	206,90	20	276,90	241,00	8			
PCB 77	219,98	150,00	26	219,98	185,00	16	291,92	222,00	20
Endrine	262,86	190,90	25	262,86	192,90	25			
PCB 118	325,88	256,00	22	325,88	290,90	12			
PCB 153	359,84	289,90	25	359,84	324,90	13			
BBP	238,06	104,00	15	238,06	132,00	5			
PCB 105	255,95	186,00	30	325,88	254,10	18	325,88	256,10	18
4,4'-DDT	235,01	165,10	18	237,01	165,10	18			
PCB 138	359,84	289,90	25	359,84	324,90	13			
DEHP	149,02	121,00	13	167,03	149,00	7			
PCB 126	255,95	186,00	30	325,88	254,10	18	325,88	256,10	18
Tétraméthrine	164,07	107,10	10	164,07	135,00	10			
PCB 180	393,81	323,90	25	393,81	358,80	13			
DiNP	293,19	149,00	10	293,19	167,00	5			
Perméthrine	183,08	153,00	15	183,08	168,00	15			
Cyfluthrine	163,01	127,00	10	226,03	206,00	10			
BDE 100	565,63	403,80	18	565,63	405,80	16			
Cyperméthrine	165,02	127,00	10	181,07	152,10	15			
BDE 119	565,63	403,80	18	565,63	405,80	16			
BDE 99	565,63	403,80	18	565,63	405,80	16			
DiNP	293,19	149,00	10	293,19	167,00	5			
BDE 85	565,63	403,80	18	565,63	405,80	16			
Benzo[a]pyrène	126,05	113,00	10	252,09	250,10	20	252,09	226,10	20
Deltaméthrine	181,06	152,10	20	252,92	171,90	8			
Benzo[g,h,i]pérylène	138,05	125,00	12	276,19	275,10	20			

Tableau 2 : Liste des transitions sélectionnées

4.4.3 Séparation chromatographique

Les essais d'optimisation de la séparation chromatographique ont abouti au programme thermique suivant (tableau 3) :

Rampe (°C/min)	Température (°C)	Temps (min)
	35	3,5
30	210	8
8	300	42

Tableau 3 : Programme thermique du GC

Le chromatogramme présenté sur la figure 1 a ainsi été obtenu avec un volume d'injection de 2 µL en mode splitless et un débit d'hélium dans la colonne de 2 ml/min.

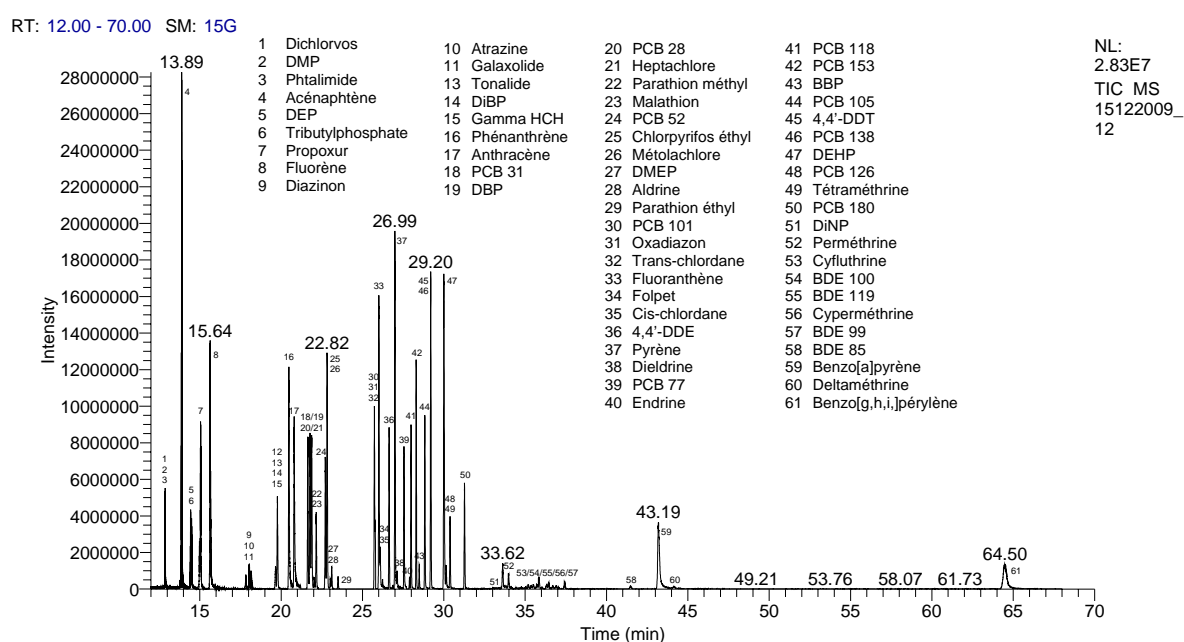


Figure 1 : Chromatogramme d'un mélange de soixante substances

4.4.4 Limites de quantification instrumentales

En l'état de l'avancement du développement analytique, les limites de quantification instrumentales (LQ) ont pu être estimées. Elles sont présentées dans le tableau 4 ci-après. On observe trois groupes de substances. Le premier groupe avec une limite de quantification de 10 µg/l comprend notamment les PCB et quelques pesticides chlorés dont l'heptachlore. Le deuxième groupe comprend une grande majorité des substances (38) pour une limite de quantification de 25 µg/l tandis que le troisième groupe est constitué exclusivement de phtalates (5) avec une limite de quantification beaucoup plus élevée (200 µg/l). Cela est dû essentiellement aux contaminations de l'échantillon au cours de chacune des étapes de la mesure. Les blancs d'analyse sont en effet contaminés, ce qui implique une limite de quantification plus élevée.

Substance	LQ (µg/l)	substance	LQ (µg/l)	Substance	LQ (µg/l)
Dichlorvos	25	Malathion	25	PCB 105	10
DMP	25	PCB 52	10	4,4'-DDT	25
Acénaphène	25	Chlorpyrifos éthyl	25	PCB 138	10
DEP	200	Métolachlore	25	DEHP	200
Tributylphosphate	25	DMEP	25	PCB 126	10
Propoxur	25	Aldrine	25	Tétraméthrine	25
Fluorène	25	Parathion éthyl	25	PCB 180	10
Diazinon	25	Oxadiazon	25	DiNP	200
Atrazine	25	PCB 101	10	Perméthrine	25
Galaxolide	25	Trans-chlordane	10	Cyfluthrine	25
Tonalide	25	Fluoranthène	25	BDE 100	25
Gamma-HCH	25	Cis-chlordane	10	Cyperméthrine	25
DiBP	200	4,4'-DDE	10	BDE 119	25
Phénanthrène	25	Pyrène	25	BDE 99	25
Anthracène	25	Dieldrine	25	DiNP	200
PCB 31	10	PCB 77	10	BDE 85	25
PCB 28	10	Endrine	25	Benzo[a]pyrène	25
DBP	200	PCB 118	10	Deltaméthrine	25
Heptachlore	10	PCB 153	10	Benzo[g,h,i]pérylène	25
Parathion méthyl	25	BBP	25		

Tableau 4 : Limites de quantification instrumentales

5 Conclusion et perspectives

Cette étude a permis la définition d'une stratégie de mesure de substances d'intérêt dans les poussières domestiques. Le développement des méthodes d'analyse est en cours. L'optimisation de l'étape d'extraction puis la validation des méthodes à l'aide d'un matériau de référence certifié constituent les prochaines étapes de ce travail. Par la suite, d'autres objectifs seront réalisés :

- Tester la conservation des COSV dans les échantillons de poussières ;
- Evaluer la contamination en COSV des poussières sédimentées dans l'habitat français ;
- Considérer la contamination d'un autre compartiment de l'environnement intérieur : les particules en suspension.

6 Remerciements

Cette étude est financée par l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) dans le cadre d'une convention de recherche et de développement et par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) dans le cadre du programme de recherche scientifique Primequal, et menée en partenariat avec le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB).

7 Bibliographie

- [1] Mitchell CS., Zhang JJ., Sigsgaard T. et al. Current state of the science: health effects and indoor environmental quality. *Environ Health Perspect* 2007 ; 115 (6) : 958-64.

- [2] Wu F., Jacobs D., Mitchell C., Miller D., and Karol MH. Improving indoor environmental quality for public health: impediments and policy recommendations. *Environ Health Perspect* 2007 ; 115 (6) : 953-7.
- [3] Liou PJ., Freeman NC., and Millette JR. Dust: a metric for use in residential and building exposure assessment and source characterization. *Environ Health Perspect* 2002 ; 110 (10) : 969-83.
- [4] Pernelet-Joly V., Rousselle C., Glorennec P. et al. Conférence Indoor Air 2008 : éléments marquants et travaux français présentés. *Pollution atmosphérique* 2009 ; (201) : 49-62.
- [5] Wormuth M., Scheringer M., Vollenweider M., and Hungerbühler K. What are the sources of exposure to eight frequently used phthalic acid esters in Europeans? *Risk Anal* 2006 ; 26 (3) : 803-24.
- [6] Wu N., Herrmann T., Paepke O. et al. Human exposure to PBDEs: associations of PBDE body burdens with food consumption and house dust concentrations. *Environ Sci Technol* 2007 ; 41 (5) : 1584-9.
- [7] Rudel RA. and Perovich LJ. Endocrine disrupting chemicals in indoor and outdoor air. *Atmospheric Environment* 2009 ; 43 (1) : 170-81.
- [8] Butte W. and Heinzow B. Pollutants in house dust as indicators of indoor contamination. *Rev Environ Contam Toxicol* 2002 ; 175 1-46.
- [9] Weschler CJ. and Nazaroff WW. Semivolatile organic compounds in indoor environments. *Atmospheric Environment* 2008 ; 42 (40) : 9018-40.
- [10] Granier D., Beaumont J., Meunier S. et al. Mise au point des techniques de prélèvement et d'analyse des biocides dans l'environnement intérieur. Rapport final, octobre 2001.2001 ;
- [11] Santillo D., Labunska I., Fairley M., and Johnston P. Consommation Toxique - Les substances dangereuses dans les poussières du logement : des indicateurs de l'exposition chimique dans l'environnement domestique. Greenpeace Research Laboratories Technical Note 02/2003.2003 ;
- [12] Rudel RA., Brody JG., Spengler JD. et al. Identification of selected hormonally active agents and animal mammary carcinogens in commercial and residential air and dust samples. *J Air Waste Manag Assoc* 2001 ; 51 (4) : 499-513.
- [13] Rudel RA., Camann DE., Spengler JD., Korn LR., and Brody JG. Phthalates, alkylphenols, pesticides, polybrominated diphenyl ethers, and other endocrine-disrupting compounds in indoor air and dust. *Environ Sci Technol* 2003 ; 37 (20) : 4543-53.
- [14] Julien R., Adamkiewicz G., Levy JI. et al. Pesticide loadings of select organophosphate and pyrethroid pesticides in urban public housing. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2008 ; 18 (2) : 167-74.