



Éditorial

Exposition des travailleurs du traitement des déchets aux polluants chimiques.

Nous avons rassemblé dans ce numéro récapitulatif d'Info Santé-Déchets (ISD) des articles déjà commentés dans les précédents bulletins ISD qui présentent des études de l'exposition des travailleurs du traitement des déchets à des agents chimiques.

Les études publiées ont concerné toutes les filières de traitement pour lesquelles ISD exerce une veille bibliographique (collecte, compostage, stockage, incinération et recyclage de déchets, réhabilitation et dépollution de sites).

La répartition des études traitant d'exposition professionnelle et d'agents chimiques ou toxiques est cependant très inégale selon les filières, en particulier la filière des déchets industriels, à l'exception des IUDIS, est très peu étudiée ; il en est de même pour la filière des déchets médicaux très spécifiquement française. Leur répartition est dépendante de l'époque et du lieu où les études ont été menées. L'exposition des travailleurs d'UIOM aux dioxines en est un bon exemple. Parmi les 40 études d'exposition des travailleurs aux dioxines recensées dans la base du RSD, 25 ont été menées aux cours des 6 dernières années contre 15 au cours de la décennie précédente. Ces études proviennent essentiellement du Japon (9) et de Corée (9).

Les études d'exposition aux agents chimiques sont peu nombreuses dans le secteur de la collecte des déchets. Des auteurs ont souligné le risque d'une exposition non négligeable lors de brèves inhalation à l'ouverture de fût dans la collecte de déchets chimiques.

Dans les activités de compostage des déchets, l'exposition aux composés chimiques organiques est mieux documentée. Des composés odorants sont mesurés à des concentrations pouvant atteindre les seuils d'odeur lors du compostage de déchets biologiques (déchets des ménages et déchets verts notamment). Les valeurs moyennes d'exposition établies pour le milieu professionnel ne seraient cependant pas atteintes.

Peu d'études fournissent des indications sur l'exposition des travailleurs des sites de stockage de déchets ménagers. Les concentrations mesurées en composés organiques et en métaux sont basses dans les 2 sites français étudiés par les chercheurs réunis autour du Réseau Santé Déchets. Par contre, dans des sites de différents pays en développement traitant des déchets industriels, plusieurs études indiquent, parfois au moyen d'indicateurs biologiques d'exposition, la possibilité d'une exposition des travailleurs aux métaux ou aux dioxines.

Ce sont les installations d'incinération de déchets qui ont fait l'objet du plus grand nombre d'études d'exposition aux polluants chimiques, métaux et composés organiques. Les études japonaises montrent des taux plus élevés en PCDD/PCDF chez des travailleurs occupant des activités les exposant aux poussières des UIOM. Des études menées dans différents pays européens indiquent des concentrations biologiques en métaux augmentées chez des travailleurs d'UIDIS en relation avec leur exposition professionnelle.

Certains résultats d'études d'exposition chez des travailleurs du recyclage des métaux ou de la réhabilitation de sites pollués sont inquiétants pour la santé de ces travailleurs.

Le comité de rédaction d'Info Santé-Déchets

* Les mots suivis d'un astérisque sont expliqués dans le glossaire figurant en fin de bulletin

Contact : Info Santé-Déchets, Philippe Thoumelin, Les Massards,

38660 Saint-Hilaire-du-Touvet - Tél. : 04 76 08 68 33 - E-mail : thoumelin.philippe@wanadoo.fr

Conseil scientifique : Bajeat P., Cambou J., Couffignal B., De Taisne P., Deloraine A., Drugeon S., Hours M., Keck G., Naquin P., Perrodin Y., Rivière A., Rivière J.L., Thoumelin P., Vanlaer H.

Conception et réalisation : Editions DPE, LYON 7^{ème}, 04 72 98 26 60

Collecte 2

- OM, COV, troubles respiratoires, troubles gastro-intestinaux, irritation yeux, peau
- déchets chimiques, COV, mercure

Compostage 2

- OM, composés organiques, PCDD/F
- déchets organiques, COV, seuils d'odeur
- déchets de jardin, COV, organo-souffrés, nausées, troubles respiratoires

Stockage 3

- OM, COV, métaux, PCDD/PCDF, feux

Incinération 3

- OM, COV, métaux, urines, France, Allemagne, PCDD/PCDF, USA, sang, métaux, Espagne, Japon, cholestérol, Taiwan, PBDE, Corée
- DIS, métaux, COV, sang, Allemagne, mercure, cheveux, Finlande, PCB, PCDD/PCDF, Espagne

Traitement

de déchets spéciaux 6

- DIS, As, cheveux, génotoxicité, plomb, sang, COV

Réhabilitation 6

- DIS, décès, plomb, sang

Recyclage 7

- OM, particules, piles, métaux, PCDD/F

Glossaire 8

La présente publication constitue une présentation des articles et des travaux scientifiques publiés en la matière. Elle n'exprime pas nécessairement l'opinion des chercheurs du Réseau Santé-Déchets. Le lecteur est invité à se reporter au texte intégral des articles présentés qui sont analysés par un réseau d'experts et ont été retenus, parmi les articles répertoriés, en fonction de leur qualité scientifique. Les revues de synthèse jugées intéressantes sont plutôt référencées dans les rubriques « à lire également ».

Les textes commentés dans le bulletin Info Santé-Déchets sont également accessibles sur le site : www.pro-environnement.com

Secrétariat de Rédaction et abonnements :
RSD, CEI - 66, boulevard Niels Bohr - BP 2132
69603 Villeurbanne Cedex
Tél. : + 33 (0)4 72 43 64 53
Fax : + 33 (0)4 72 43 98 66
E-mail : r.s.d@voila.fr



COLLECTE

Exposition des travailleurs aux COV lors de la collecte des déchets (1, 2, 3)

Au milieu des années 90 au Danemark, les auteurs constataient le peu de données relatives à l'exposition des travailleurs de la collecte des déchets ménagers à des composés volatils. Les éboueurs pourraient être exposés simultanément à de multiples agents biologiques, bactéries, endotoxines, moisissures, ainsi qu'à des COV et des particules diesels. Des troubles respiratoires, des troubles gastro-intestinaux, des irritations des yeux et de la peau, et chez les ouvriers chargés de la collecte des déchets biodégradables, des symptômes en rapport avec l'exposition à des poussières organiques ont été relevés (tableau n°1) (1).

Tableau n°1 : Problèmes de santé des travailleurs de la collecte des déchets durant la période 1984-1992 (ROAD Danish Registry of Occupational Accidents and Diseases, données non publiées) [Poulsen, 1995]

Diagnostic	Incidence ^a (tous travailleurs)	Incidence ^a (travailleurs des déchets)	Risque relatif ^b IC à 95%
Troubles signalés	5,5	8,3	1,5 (1,4-1,7)
Allergies respiratoires	0,22	0,58	2,6 (1,8-3,9)
Autres troubles respiratoires	0,38	0,53	1,4 (0,9-3,9)
Pertes auditives	0,95	0,51	0,5 (0,1-0,8)
Troubles musculosquelettiques	1,9	3,5	1,9 (1,6-2,2)
Troubles cutanés	0,84	1,3	1,6 (1,2-2,0)
Infections	0,06	0,36	6,0 (3,6-10,0)
Troubles nerveux, sensoriels	0,05	0,10	2,0 (0,8-5,3)
Troubles cérébraux	0,39	0,31	0,8 (0,5-1,4)
Troubles circulatoires	0,08	0,05	0,6 (0,2-2,5)
Troubles gastro-intestinaux	0,05	0,14	2,8 (1,3-6,3)

a L'incidence est le nombre de troubles rapportés par 1000 employés et par an

b Le risque relatif est le rapport de l'incidence chez les travailleurs des déchets à l'incidence pour l'ensemble des travailleurs durant la période 1984-1992

Quatre-vingt-dix composés organiques volatils (COV) ont été identifiés dans la zone de stockage lors d'une collecte de déchets et mesurés à une concentration 3 fois supérieure à celle d'un échantillon d'air témoin. Les principaux composés sont d'origine végétale ou microbienne (alcools, acides carboxyliques, esters, aldéhydes et cétones, monoterpènes, diméthylsulfure). Les différents composés ont tous été mesurés à une concentration inférieure à leur TLV (Threshold Limit Value = valeur limite en milieu professionnel établie par l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH). Cependant, il est vraisemblable que, lors de l'ouverture d'un fût le personnel soit exposé à une concentration instantanée de composés soufrés de l'ordre de 1 à 50 ppm (TLV entre 0,39 à 10 ppm). Selon l'auteur, les risques liés aux brèves inhalations n'ont peut-être pas été suffisamment pris en compte jusqu'à présent (2).

Depuis 1987, l'agence de contrôle de la pollution du Minnesota (USA) a demandé la mise en place d'un programme de collecte des déchets chimiques (acides organiques et inorganiques, aérosols, antigels, produits d'isolation, batteries, essences, peintures, alcool, métaux notamment mercure, huiles de moteurs, pesticides, etc...) présents dans les déchets ménagers. Plus de 50% des produits ainsi collectés sont des peintures latex. Vingt-cinq % des prélèvements d'air effectués à l'aide de capteurs passifs portés par 27 salariés excédaient la limite de détection pour les composés organiques volatils, et aucun n'excédait 10% des valeurs limites recommandées par l'ACGIH ou l'OSHA (Occupational Safety and Health Administration). Les niveaux observés en vapeurs de mercure étaient faibles (0,005 mg/m³ à 0,01 mg/m³), inférieurs aux valeurs recommandées en milieu professionnel. L'exposition des travailleurs est réduite lorsque les opérations de collecte sont effectuées à l'extérieur des bâtiments (3).

Bibliographie

- 1) POULSEN OM, BREUM NO, EBBEHOJ N, HANSEN AM. Collection of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes. *Sci. total Environ.*, 1995, 170, (1-2), 1-19 (80 références), LO : 1087, RUB : 1997-16-IMP-COM
- 2) WILKINS K. Volatile organic compounds from household waste. *Chemosphere*, 1994, 29, (1), 47-53 (21 références), LO : 870, RUB : 1996-14-PROC-COM
- 3) BETSINGER G., BROSSEAU L.M., GOLDEN J. Occupational health and safety in household hazardous waste management facilities. *AIHJ*, 2000, 61, 575-583 (9 références), LO : 2105, RUB : 2002-35-IMP-COM



COMPOSTAGE

Exposition des travailleurs aux composés organiques lors du compostage des déchets (1, 2, 3, 4)

Dans une usine de compostage d'OM, les contaminants chimiques (COV et H2S) sont mesurés aux deux sorties du système de ventilation de l'usine (tableau 2). Le risque devrait être faible puisque l'exposition est toujours en dessous des normes en vigueur au Pays-Bas (10 ppm pour le H2S, entre 105 et 8.105 µg/m³ pour les COV) (1).

Tableau 2 : Concentrations en composés organiques volatils (en µg/m³), en sulfure d'hydrogène (en ppm) et en vapeur d'eau (en mg/L), dans l'atmosphère d'une usine de compostage d'ordures ménagères [Heida, 1995]

Hydrocarbures aromatiques		Hydrocarbures chlorés	
benzène	<1	dichlorométhane	<1
toluène	76	dichloroéthène	<1
éthylbenzène	19	1,1-dichloroéthane	<1
xylènes	53	1,2-dichloropropane	<1
naphtalène	44	trichlorométhane	<1
autres alkylbenzènes	13 000 ^a	tétrachlorométhane	<1
		trichloroéthène	<1
		tétrachloroéthène	<1
		1,1,1-trichloroéthane	<1
Hydrocarbures aliphatiques		1,1,2-trichloroéthane	<1
Total	52 000 ^a	1,1,2,2-tétrachloroéthane	<1
C6	10 000	dichlorobenzène	<1
C7	2 300	autres hydrocarbures	
C8	3 100	limonènes	± 120 000
C9	4 000	autres composés	
C10	5 600	sulfure d'hydrogène	0,5
C11	22 000	vapeur d'eau	60
C12	5 100		

a : la concentration élevée en alkylbenzène et hydrocarbures aliphatiques est due à la concentration en limonène

Par ailleurs, 67 composés ayant un effet sur la santé humaine et quelques autres composés organiques volatils (COV) courants ont été dosés sur des échantillons d'air prélevés selon deux techniques (capteurs placés ou non dans des sacs plastiques sans fond les isolant de l'air circulant). Selon les auteurs, la seconde technique où l'air prélevé est en partie dilué avec de l'air circulant entre les tas de déchets est plus représentative de l'exposition des travailleurs. Les huit usines étudiées présentent les différentes techniques de compostage des ordures ménagères. La concentration totale en COV varie de moins de 10 mg/m³ à plus de 150 mg/m³ selon les échantillons. Les plus fortes concentrations sont mesurées au dessus des tas de déchets lors des prélèvements en sac. Les émissions de COV se produisent plutôt en début de process dans les échantillons provenant des fonds de tas de déchets, des déchiqueteurs et des composts frais. La diminution des émissions est particulièrement importante entre le compost frais et le compost intermédiaire pour le 1,1,1-trichloroéthane, le toluène et l'éthylbenzène. Les terpènes identifiés chutent plus progressivement. Seules des émissions de cétones dues à la décomposition d'autres composés organiques se produisent plus en aval. Les concentrations des différents COV sont toujours inférieures aux valeurs limites d'exposition de l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) admises dans les lieux de travail (tableau 3). Les auteurs fournissent les résultats selon les étapes du procédé de compostage mais n'indiquent pas les différences éventuelles selon les techniques utilisées dans les 8 usines. La connaissance de ces émissions, encore peu étudiées, permettra d'améliorer la conception des futures installations de compostage (2).

Tableau 3 : Concentrations maximales de quelques composés organiques volatils observées dans des usines de compostage (en µg/m³) [Eitzer, 1995]

Composé organique volatil	Concentration maximale observée dans l'ambiance de travail	Concentration maximale admissible pour l'air des lieux de travail ^a
trichlorofluorométhane	49 000	5 620 000
acétone	31 000	18 00 000
chlorure de méthylène	260	12
2-butanone	38 000	590 000
chloroforme	54	49 000
1,1,1-trichloroéthane	4 400	1 900 000
tétrachlorure de carbone	290	31 000
benzène	36 000	188 000
trichloroéthène	40	270 000
2-hexanone	6 600	20 000
toluène	36 000	188 000
chlorobenzène	5	46 000
éthylbenzène	78 000	434 000
m,o et p-xylène	9 800 et 5 100	434 000

aTLV-TWA : threshold limit value-time weighted average de l'ACGIH (American Conference of Governmental Hygienists) (valeurs moyennes pondérées sur 8 heures par jour ou 40 heures par semaine)

La mise en place de nouvelles technologies (réacteurs rotatifs en aérobiose, tunnel de compostage et maturation en casiers) sur un site de compostage des déchets en Finlande fait l'objet d'une campagne de mesures afin d'en apprécier l'impact sur les conditions de travail des salariés. Parmi les composés organiques volatils (COV), des niveaux importants d'acide carboxylique (responsables d'odeurs), d'esters et de terpènes sont constatés.

Selon les auteurs, les valeurs moyennes d'expositions professionnelles (VME) finlandaises, qui ne sont pas indiquées dans l'article, ne sont jamais atteintes (3).

Pour étudier les possibilités de formation des PCDD/PCDF lors du compostage, les auteurs ont procédé en laboratoire à l'analyse d'échantillons d'un compost fait d'un mélange à volume égal d'ordures ménagères et de copeaux de bois. Les analyses ont été effectuées en chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS) à haute résolution en début, en cours et à la fin des 11 semaines de compostage. Certains congénères se forment en quantités significatives, en particulier les hepta et octa-CDD. La teneur globale en PCDD a été multipliée par 5, les teneurs en TCDD et en PCDF par 1,5 seulement. S'ils sont confirmés, ces résultats montrent que les dioxines peuvent se former au cours de processus naturels tels que la dégradation aérobie (4).

Les concentrations en COV mesurées dans l'ambiance d'un site de compostage en Finlande peuvent atteindre les seuils d'odeur (5)

Dans un site de compostage de Finlande, les déchets organiques des ménages, ceux de la restauration collective et de magasins d'alimentation sont mélangés à de la tourbe et mis en compostage en réacteurs pendant une semaine. Le reste du compostage est réalisé en andains. Dans les échantillons d'air prélevés, parmi les COV, des familles typiques du compostage ont été retrouvées (acides carboxyliques et esters, cétones, alcools, terpènes et quelques composés soufrés). Les concentrations sont variables dans le temps (fonction des saisons) et dans les localisations (globalement plus faibles dans la salle de contrôle). Les concentrations sont toujours bien inférieures aux seuils fixés par le ministère de la santé de Finlande mais les concentrations atteignent régulièrement les seuils d'odeur (acides carboxyliques, esters et terpènes) (TLV Finlande = VME France pour acide acétique 25 mg/m³ et acétate de méthyle 610 mg/m³) (acétate d'éthyle TLV Finlande = 1 100 mg/m³, VME France = 1 400 mg/m³). Les unités d'odeurs mesurées en sortie du réacteur et dans le hall du réacteur varient entre 500 et 23 000 UO/m³. Compte tenu des effets synergiques des COV encore méconnus et des effets secondaires des odeurs (nausées...), les auteurs préconisent que les salariés du site ne passent pas trop de temps dans les zones de fortes expositions et proposent le port de masque (classe P3).

La formation de composés organosoufrés lors de la dégradation des déchets de jardin pourrait être responsable des troubles présentés par les travailleurs exposés (6)

Afin d'identifier les COV produits par la dégradation des déchets de jardin, qui pourraient être la cause des troubles rapportés par les personnels (nausées et troubles respiratoires), différents prélèvements ont été effectués, après une collecte normale : dans l'air de la zone de stockage dans des camions de collecte, après une période de 24 heures au dessus d'échantillons solides placés dans un sac nylon, dans l'exsudat recueilli dans le godet d'un compacteur. Environ 170 composés ont été identifiés dans les échantillons analysés. On trouve des alcools linéaires, des acides carboxyliques et leurs esters qui sont typiques de l'activité microbienne, ainsi que quelques composés hétérocycliques tels que furanes, thiophène, pyridine, des mono-, di- et trisulfures et des monoterpènes oxygénés. L'identification des composés organosoufrés en C1/C3 est une surprise car ils n'avaient été mis en évidence jusqu'à présent que dans les végétaux supérieurs. Les concentrations totales en composés organosoufrés sont respectivement de 0,025, 0,42 et 0,68 à 8,1 mg/m³ pour les trois types d'échantillons analysés. Ces concentrations ajoutées à celles de l'hydrogène sulfuré et du méthane thiol, non mesuré dans cette étude, sont à comparer à la valeur limite du méthane thiol au Danemark qui est de 1 mg/m³. Sachant que la toxicité du diméthylsulfure est équivalente à celle du méthane thiol, on peut supposer que les composés détectés contribuent à l'apparition des symptômes observés chez le personnel exposé.

Bibliographie

- 1) HEIDA H, BARTMAN F, VAN DER ZEE SC. Occupational exposure and indoor air quality monitoring in a composting facility. *Am. ind. Hyg. Assoc. J.*, 1995, 56, (1), 39-43 (13 références), LO : 785, RUB : 1995-10-IMP-COM
- 2) EITZER BD. Emissions of volatile organic chemicals from municipal solid waste composting facilities. *Environ. Sci. Technol.*, 1995, 29, (4), 896-902 (9 références), LO : 899, RUB : 1996-15-PROC-COM
- 3) TOLVANEN OK, VILOS P, HANNINEN KI, VEIJANEN A. Occupational hygiene at a drum composting plant in Hyvinkaa, Finland. *Proceedings ORBIT 99, WEIMAR, 2-4 septembre 1999* (19 références), LO : 2005, RUB : 2000-31-PROC-COM
- 4) KRAUSS T, KRAUSS P, HAGENMAIER H. Formation of PCDD/PCDF during composting? *Chemosphere*, 1994, 28, (1), 155-158 (8 références), LO : 576, RUB : 1994-07-PROC-COM

- 5) TOLVANEN O, NYKANEN J, NIVUKOSKI U, HIMANEN M, VEIJANEN A, HANNINEN K. Occupational hygiene in a Finnish drum composting plant. *Waste Management*, 2005, 25, 427-433 (16 références), LO : 2797, RUB : 2005-51-PROC-COM



in waste. *Chemosphere*, 1996, 32, (10), 2049-

STOCKAGE

Polluants chimiques émis dans les centres de stockage des ordures ménagères (1, 2, 3)

Les seules mesures de l'exposition des populations au voisinage de sites de stockage de déchets ménagers en France proviennent de l'étude menée par plusieurs équipes coordonnées par le Réseau Santé Déchets dans 2 sites de stockage représentatifs du parc français de classe II. Les composés organiques volatils mesurés sont surtout représentés par des cétones, des aldéhydes et des alcools (notamment le méthanol). Le formaldéhyde, classé cancérigène, est retrouvé à des teneurs très inférieures à celles observées en atmosphère urbaine. Des mercaptans sont détectés à des teneurs très faibles, mais suffisantes pour générer des odeurs. Les teneurs en benzène sont équivalentes, voire inférieures à celles relevées en milieu urbain. Enfin, les niveaux en trichloréthylène et tétrachloréthylène sont également faibles. Les niveaux mesurés pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques particuliers sont du même ordre que ceux rencontrés en atmosphère urbaine, visiblement très liés aux mouvements des véhicules sur les sites. Les niveaux en poussières <5 µm sont parfois très élevés soit lors de mesures ponctuelles, soit lors de prélèvements de longues durées (> valeurs guides OMS). Les concentrations mesurées aux postes de travail dans les deux sites sont inférieures ou très inférieures, pour tous les polluants mesurés (particules, métaux, COV, HAP et aldéhydes), aux valeurs de moyenne d'exposition (VME) retenues en France comme valeurs limites d'exposition pour l'environnement de travail (VLEP). Elles sont comparables ou inférieures aux concentrations environnementales du milieu urbain sauf en ce qui concerne certains métaux (chrome, nickel et surtout manganèse) pour lesquels les concentrations dépassent les niveaux urbains (1).

Dans 2 décharges en Finlande, les composés organiques volatils sont mesurés à une concentration médiane de 640 µg/m³. Si aucun des composés n'atteint la valeur limite en milieu professionnel établie en Finlande, selon les auteurs, l'exposition à l'ensemble des COV pourrait faire classer la zone en zone d'inconfort (les VLEP des 250 composés mesurés applicables en Finlande ne sont pas indiquées dans l'article) (2).

Pour étudier la concentration et la distribution des PCDD et PCDF dans l'air, un feu a été déclenché sur une décharge expérimentale contenant des ordures ménagères, un second feu spontané a été étudié sur une décharge réelle. Dans le premier cas, la concentration totale en PCDD et PCDF dans l'air ambiant, à une distance d'environ 5 m, était de 6 760 pg/m³ le 1^{er} jour et de 20 540 pg/m³ le 2nd jour, soit respectivement 113 pg TEQ/m³ et 427 pg TEQ/m³. Dans le second cas, la concentration était de 2 880 pg/m³, soit 51 pg TEQ/m³. Ces valeurs sont à mettre en parallèle avec la valeur de 0,1 ng TEQ/m³ admise comme valeur limite d'émission pour les incinérateurs, dans de nombreux pays (ng = 10⁻⁹ g, pg = 10⁻¹² g) La plus grande contribution à la toxicité revient aux isomères penta chlorés 1,2,3,7,8- et 2,3,4,7,8-PeCDD (3).

Bibliographie

- 1) HOURS M., ANZIVINO L., ASTA J., BERNY P., BILLERET M., MAITRE A., PARAT S., STOKLOV M., SARRASIN B., KECK G., PERRODIN Y. Étude des polluants atmosphériques émis dans deux centres de stockage des ordures ménagères. *Déchets Sci. Tech.*, 2001, 24, 38-43, LO : 2260, RUB : 2002-37-PROC-COM
- 2) KIRIVANTA H, TUOMAINEN A, REIMAN M, LAITINEN S, NEVALAINEN A, LIESIVUORI J. Exposure to airborne microorganisms and volatile organic compounds in different types of waste handling. *Ann. Agric. Environ. Med.*, 1999, 5, 39-44 (24 références), LO : 2081, RUB : 2001-34-PROD-CIT
- 3) RUOKOJÄRVI P, ETTALA M, RAHKONEN P, TARHANEN J, RUUSKANEN J. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and -furans (PCDDs and PCDFs) in municipal waste landfill fires. *Chemosphere*, 1995, 30, (9), 1697-1708 (16 références), LO : 930, RUB : 1996-15-PROC-COM



INCINERATION

Exposition aux polluants chimiques des travailleurs d'UIOM en France (1)

Des mesures d'exposition (individuelles chez 16 travailleurs et d'ambiance au niveau des principales sources d'émission) ont été réalisées dans deux centres d'incinération traitant des ordures ménagères. Les concentrations observées dans l'air pour tous les produits recherchés sont inférieures aux limites préconisées dans les ambiances professionnelles. Elles varient de manière importante selon les individus et les postes de travail. Les sites correspondant aux expositions les plus importantes sont le hall de déchargement des déchets, la trémie de déchargement et les dispositifs de convoyage et de stockage des mâchefers. Les résultats des mesures sont plus élevés dans les centres d'incinération étudiés que dans un supermarché pris comme lieu de travail témoin, parfois de plusieurs ordres de grandeur, pour les particules respirables et inhalables, les composés organochlorés, le benzène et le xylène ainsi que pour les métaux lourds à l'exception du nickel (tableau 4). Les concentrations en HAP et COV totaux sont du même ordre de grandeur pour les deux types d'activité. Les aldéhydes sont rencontrés dans l'air des supermarchés à des concentrations plus importantes que dans les usines d'incinération. Les prélèvements biologiques ne montrent pas de différence entre le début et la fin de poste.

Les concentrations urinaires en cadmium, chrome et nickel sont plus élevées chez les employés de l'usine d'incinération traitant des déchets de soins par rapport aux témoins alors que les concentrations en arsenic dans les urines sont plus élevées pour l'autre centre. Les points d'émission de composés chimiques dans une usine d'incinération sont multiples, les produits émis sont nombreux et dépendent de différents facteurs : type de déchets traités, traitement thermique appliqué, dispositifs d'épuration mis en œuvre, activités humaines. Il n'existe donc probablement pas une exposition professionnelle typique de cette activité, mais des profils d'exposition susceptibles de varier d'un poste à l'autre, d'un site à l'autre.

Tableau 4 : Concentrations en particules, métaux, HAP et COV dans l'air ambiant de deux UIOM françaises (moyenne, étendue et nombre de valeurs) [Maitre, 2003]

Substances	Incinérateurs	Site témoin	VLEP France
Particules inhalables	1,45 (0,13 à 6,43), n=34	0,06 (0,01 à 0,17), n=6	10 mg/m ³
Particules respirables	0,39, n=34	0,03, n=6	5 mg/m ³
Arsenic	0,14 (0,06 à 0,43), n=20	ND, n=6	200 µg/m ³
Cadmium	0,29 (0,01 à 3,56), n=36	0,001 (0,0004 à 0,003), n=6	50 µg/m ³
Chrome	0,68 (0,09 à 2,64), n=36	0,015 (ND à 0,044), n=6	500 µg/m ³
Plomb	4,73 (0,09 à 28,00), n=36	0,078 (0,027 à 0,134), n=6	150 µg/m ³
Manganèse	2,67 (0,26 à 13,02), n=20	0,033 (0,006 à 0,065), n=6	1 000 µg/m ³
Nickel	0,10 (0,01 à 1,60), n=36	0,09 (ND à 0,39), n=6	1 000 µg/m ³
B(a)P	1,09 (ND à 11,64), n=19	0,43 (0,28 à 0,65), n=6	150 ng/m ³
Pyréne	5,48 (ND à 91,12), n=19	6,42 (ND à 36,61), n=6	-
HAP	18,84 (0,02 à 147,46), n=19	9,68 (1,20 à 43,99), n=6	-
Formaldéhyde	11 (2 à 42), n=33	29,1 (10 à 45), n=6	600 µg/m ³
Benzène	20 (2 à 147), n=33	ND, n=6	-
Hydrocarbures aromatiques	774 (60 à 5 506), n=33	169 (9 à 332), n=6	-
COV	2917 (182 à 13 396), n=33	881 (252 à 2 400), n=6	-

Exposition aux composés organiques des travailleurs des UIOM en Allemagne (2)

L'exposition de 53 salariés d'une UIOM a été évaluée par le dosage du benzène sanguin, des chlorobiphényles et de l'hexachlorobenzène plasmatique, de 8 chlorophénols et de l'hydroxypyrene urinaire. Un groupe de 431 sujets témoins vivant dans la région, mais non exposés professionnellement ont été comparés. Les niveaux les plus élevés d'hydroxypyrene, de 2-4 et 2-5-dichlorophénol, de 2-4-5-trichlorophénol et d'hexachlorobenzène dans les liquides biologiques des travailleurs pourraient être liés à l'incinération des déchets. Cependant, les augmentations constatées par rapport aux témoins sont faibles et les valeurs absolues trouvées restent en deçà des valeurs décrites dans la littérature pour des sujets non exposés professionnellement.

Taux de dioxines et de furannes chlorés dans trois environnements de travail aux Etats-Unis (3)

Certaines activités industrielles sont particulièrement susceptibles de générer des dioxines et furannes chlorés à forte potentialité mutagène et cancérigène. Une campagne de mesures a été menée dans un incinérateur d'OM, une usine de récupération de métaux provenant de transformateurs électriques contenant des PCB, et une papeterie. Des échantillons atmosphériques et de surface ont été prélevés à la recherche des composés tétra à octa-chlorés des dibenzodioxines et dibenzofurannes. Les résultats sont présentés en équivalents toxiques de 2,3,7,8-TCDD. Pratiquement tous les isomères des 2,3,7,8 dioxines et furannes ont été identifiés à l'exception de la TCDD, absente de l'atmosphère de l'incinérateur et de la papeterie. Les valeurs sont à rapprocher des valeurs guide du National Research Council (NRC 1988) (tableau 5). Du fait de la pollution des ambiances de travail par ces composés toxiques, les auteurs préconisent l'adoption d'une politique stricte de protection des travailleurs.

Tableau 5 : Concentrations atmosphériques et des surfaces en équivalents toxiques de 2,3,7,8-TCDD, dans trois environnements de travail aux USA, en 1988 [Crandall, 1993]

Lieu de prélèvement	Prélèvements atmosphériques (en pg I-TEQ/m ³)	Prélèvements de surface (en ng I-TEQ/m ²)
UIOM	0,01 à 20,4	0,4 à 43
Usine de récupération de métaux	0,1 à 6,2	2,7 à 28,3
Papeterie	0,01 à 0,06	Non effectués
Valeurs guide du NRC	10,0	25,0

Mesures des taux de dioxines dans le sang de travailleurs d'UIOM en Espagne (4)

Les concentrations sanguines en PCDD/F, PCBs et métaux ont été mesurées chez 104 résidents de 18 à 69 ans proches d'une UIOM en Espagne (de 0,5 à 1,5 km de l'usine), 94 résidents éloignés appariés au premier groupe (de 3,5 à 4 km de l'incinérateur) et 17 salariés de l'incinérateur. Les mesures ont été faites au moment du démarrage et après deux années de fonctionnement de l'installation. Les émissions sont plutôt basses pour les dioxines 2,5 ng I-TEQ/m³ et 0,98 ng I-TEQ/m³ pour chacune des deux cheminées ; elles sont de 0,58 mg/m³ pour le groupe de métaux plomb + chrome + cuivre + manganèse et 0,028 mg/m³ pour le cadmium + mercure. Les concentrations sanguines en dioxines étaient basses lors du démarrage de l'installation chez les travailleurs (13,9 ng I-TEQ/kg MG (matières grasses) comme chez tous les résidents, proches ou éloignés de l'installation (13,5 et 13,4 ng I-TEQ/kg MG respectivement). L'augmentation après deux années de fonctionnement est plus élevée chez les résidents (16,7 ng I-TEQ/kg MG, +25%) que chez les travailleurs (15,7 ng I-TEQ/kg MG, +13%). Chez les travailleurs, les concentrations sanguines en PCB au démarrage et après deux années de fonctionnement sont de 1,66 et 1,47 µg/L.

Elles sont très proches dans les deux groupes de résidents (1,93 et 1,76 puis 2,11 et 1,99 µg/L respectivement). Pour les métaux, la seule variation notable concerne la baisse du chrome chez les travailleurs. Le vieillissement des sujets de la cohorte pourrait expliquer en partie l'augmentation des taux sanguins de dioxines chez les résidents.

Exposition aux dioxines et furannes des travailleurs d'UIOM au Japon (5, 6, 7)

Un dosage plasmatique de 20 congénères de PCDD ou PCDF a été effectué chez 30 salariés de 3 usines d'incinération d'OM à fonctionnement continu, affectés à des tâches de surveillance et de maintenance des installations (notamment à l'entretien périodique des filtres électrostatiques), et chez 30 sujets non exposés professionnellement et habitant la même zone géographique (10 salariés et 10 témoins pour chaque usine). Une analyse des poussières déposées sur des poutres des incinérateurs a également été effectuée. Les concentrations en PCDD/PCDF dans les émissions des cheminées des trois incinérateurs (exprimées en ng I-TEQ/Nm³) sont : 8,9 - 42, 0,82 - 1,4 et 3,1 - 12 pour les incinérateurs avec filtre électrostatique et 0,07 - 0,24 pour l'incinérateur avec filtre à sac. Les valeurs moyennes observées chez les exposés et les témoins non exposés sont respectivement : 19,2 et 22,9 pg I-TEQ/g de lipides pour l'usine A ; 28,8 et 24,5 pg I-TEQ/g pour l'usine B ; 23,4 et 23,6 pg TEQ/g pour l'usine C. Elles ne sont pas significativement différentes. Les taux sanguins moyens de PCDD et PCDF mesurés dans cette étude (19 à 29 pg I-TEQ/g de lipides) sont proches de ceux habituellement constatés dans la population générale des pays industrialisés, 14-43 pg TEQ/g de lipides en Europe, 19-27 pg TEQ/g de lipides en Amérique du Nord et 20-22 pg TEQ/g de lipides au Japon. Pour chacune des trois usines, un ou plusieurs congénères sont plus élevés chez les salariés exposés ; le 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF est plus élevé chez les exposés dans les 3 usines. Les teneurs en 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF des poussières déposées varient selon le site. L'index d'exposition, construit avec le taux de 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF des poussières (15 ng/g dans l'usine A, 6,1 ng/g dans l'usine B et 24 ng/g dans l'usine C) et la durée d'exposition, est bien corrélé avec le taux plasmatique de ce dérivé. L'analyse suggère un accroissement de HpCDF avec l'ancienneté de travail dans l'usine d'incinération. Selon les auteurs, ces résultats suggèrent une exposition professionnelle aux PCDD et PCDF chez les salariés d'incinérateurs d'ordures ménagères, y compris lorsqu'il s'agit d'installations reconnues comme émettant moins de dioxines que les installations à fonctionnement discontinu, et souligne l'intérêt de la protection des travailleurs pour réduire leur exposition (5).

A partir des 316 résultats obtenus, les auteurs concluent que la quantification de 8 congénères des dioxines fournit à 90% les mêmes résultats que celle des 20 congénères de la méthode officielle (7 congénères de PCDD, 10 de PCDF et récemment 3 congénères de PCB). Les taux moyens de contamination par les PCDD/F et PCB du sang des sujets figurent au tableau 6. D'après ces résultats, les travailleurs présentent une contamination par les dioxines plus élevées dans les UIOM très polluantes (6).

Tableau 6 : Taux sanguins moyens de PCDD/F et PCB dans des groupes de personnes exposées au Japon (en pg I-TEQ/g lipides) [Kitamura, 2001]

Groupe de personnes exposées		Taux sanguins
groupe A	80 personnes habitant à plus de 5 km d'une UIOM	23,8
groupe B	95 personnes habitant à moins de 2 km d'une UIOM émettant légèrement plus de 80 ng/m ³ , limite au Japon	25,6
groupe C	50 personnes habitant à moins de 2 km d'une UIOM émettant des taux élevés	39,1
groupe D	91 travailleurs des UIOM émettant des taux élevés	100,7
groupe E	27 personnes âgées (autopsies)	43,1
groupe F	3 volontaires jeunes	17,8

Les taux de PCDD/F ont été mesurés dans les sérums de 20 travailleurs de 3 incinérateurs d'OM à fonctionnement intermittent et chez 20 témoins non exposés. Les taux de PCDD/F ont été mesurés également dans les poussières (tableau 7). Les taux sanguins des travailleurs sont dans la fourchette de ceux des témoins non exposés de la population générale. Toutefois, les taux de furannes sont plus élevés chez les travailleurs et présentent une relation avec la durée d'emploi. La conclusion est que les niveaux d'exposition globale ne sont pas très élevés, mais montrent pour certains congénères notamment les PCDF une sur-exposition probablement liée à l'inhalation de poussières (7).

Tableau 7 : Taux de PCDD/F mesurés dans le sang de travailleurs et dans les poussières d'UIOM au Japon [Kumagai, 2002]

UIOM	1	2	3
Poussières (en ng I-TEQ/g)	0,9	33	11
Sérums de travailleurs (en pg I-TEQ/g lipides)	16,4 - 22,8	19,3 - 29,4	22,8 - 24,9

Exposition aux dioxines des travailleurs d'UIOM et taux augmenté de cholestérol sanguin (8)

Chez 131 parmi 133 salariés sélectionnés travaillant depuis plus de 6 mois dans les incinérateurs, les taux sanguins de dioxines et furannes vont de 5,5 à 59,0 pg I-TEQ/g de lipides, la médiane étant de 15,3 pg I-TEQ/g.

Les salariés ayant des taux inférieurs à cette valeur étaient qualifiés de « faiblement exposés », les autres étaient classés dans le groupe des sujets « fortement exposés ». Après ajustement sur le centre d'incinération, l'âge, l'indice de masse corporelle, le tabagisme et la consommation d'alcool, la moyenne des taux sanguin de cholestérol total est supérieure dans le groupe des sujets les plus exposés.

La prévalence de la stéatose hépatique (appréciée par échographie), des anomalies de la bilirubine totale, des enzymes hépatiques et des gamma-GT est supérieure dans le groupe des sujets les plus exposés sans que la différence avec le groupe moins exposé soit significative. Dans cette étude, il ne semble pas exister d'interaction entre l'infection par le virus de l'hépatite B et l'exposition aux dioxines et furannes concernant les perturbations hépatiques. Les auteurs ne discutent pas la fréquence supérieure d'antécédents de consommation excessive d'alcool chez les sujets les plus exposés qui pourrait avoir induit les perturbations hépatiques observées.

Expositions aux polybromodiphényléthers (PBDE) des travailleurs d'UIOM en Corée (9)

Pour évaluer les concentrations de PBDE, PCDD/F et PCB dans des échantillons de sang humain et préciser certaines sources de contamination, des analyses ont été faites chez 13 travailleurs de 2 UIOM et 22 résidents dans la périphérie d'UIOM en Corée. Les taux de PBDE étaient un peu plus élevés chez les travailleurs des UIOM (environ 16 ng/g lipides contre 15 chez les résidents). Les taux de PCDD/F et PCB étaient par contre inférieurs chez les travailleurs (17 pg I-TEQ/g lipides contre 21). Certains congénères ont été considérés comme de bons indicateurs de contamination globale : PCB 153 vis-à-vis des PCB totaux, BDE 47 pour les PBDE totaux, BDE 183 pour la contamination des travailleurs d'UIOM, en relation probablement avec le démantèlement d'appareils électroniques. Comparés à ceux d'autres pays, les taux de PBDE semblent plus élevés en Corée.

Bibliographie

- 1) MAITRE A, COLLOT-FERTEY D, ANZIVINO L, MARQUES M, HOURS M, STOKLOV M. *Municipal waste incinerators: air and biological monitoring of workers for exposure to particles, metals, and organic compounds. Occup. Environ. Med.*, 2003, 60, 563-569 (33 références), LO : 2471, RUB : 2004-43-PROC-COM
- 2) ANGERER J, HEINZOW B, REIMANN DO, KNORZ W, LEHNERT G. *Internal exposure to organic substances in a municipal waste incinerator. Int. Arch. occup. environ. Health*, 1992, 64, 265-273 (38 références), LO : 001, RUB : 1993-00-IMP-COM
- 3) CRANDALL MS, KINNES GM, HARTLE RW. *Levels of chlorinated dioxins and furans in three occupational environments. Chemosphere*, 1992, 25, (1-2), 255-258 (3 références), LO : 053, RUB : 1993-01-PROD-COM
- 4) GONZALEZ CA, KOGEVINAS M, GADEA E, HUICI A, BOSCH A, BLEDA MJ, PÄPKE O. *Biomonitoring study of people living near or working at a municipal solid-waste incinerator before and after two years of operation. Arch. environ. Health*, 2000, 55, 259-267 (30 références), LO : 2067, RUB : 2001-33-PROC-COM
- 5) KUMAGAI S, KODA S, MIYAKITA T, YAMAGUCHI H, KATAGI K, YASUDA N. *Polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran concentrations in the serum samples of workers at continuously burning municipal incinerators in Japan. Occup. Environ. Med.*, 2000, 57, 204-210 (35 références), LO : 2044, RUB : 2001-32-PROD-COM
- 6) KITAMURA K, YOSHIKAWA K, IWAWA M, NAGAO M. *Justification of measurement of eight congeners levels instead of twenty congeners of dioxins for mass screening of human exposure. J. toxicol. Sci.*, 2001, 26 (3), 163-168 (12 références), LO : 2275, RUB : 2002-37-PROC-COM
- 7) KUMAGAI S, KODA S, MIYAKITA T, UENO M. *Polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran concentrations in serum samples of workers at intermittently burning municipal waste incinerators in Japan. Occup. Environ. Med.*, 2002, 59, 362-368 (30 références), LO : 2286, RUB : 2002-37-PROC-COM
- 8) HU SW, CHENG TJ, CHANGCHIEH GP, CHAN CC. *Association between dioxins/furans exposures and incinerator workers' hepatic function and blood lipids. J. occup. Environ. Med.*, 2003, 45, (6), 601-608 (26 références), LO : 2696, RUB : 2005-47-PROC-COM

9) KIM BH, IKONOMOU MG, LEE SJ, KIM HS, CHANG YS. *Concentrations of polybrominated diphenyl ethers, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans, and polychlorinated biphenyls in human blood samples from Korea. Sci. total Environ.*, 2005, 336, 45-56 (34 références), LO : 2661, RUB : 2005-50-PROD-COM

Mesure des doses internes de polluants pour l'évaluation des risques chez les travailleurs d'UIDIS en Allemagne (1)

L'évaluation des doses internes de certains polluants a été réalisée chez 122 travailleurs d'un site d'incinération des déchets industriels en Allemagne, sur des prélèvements de sang complet (plomb, cadmium, mercure, benzène, toluène, éthylbenzène, m-xylène), d'érythrocytes (chrome), de plasma (PCB, HCB, pentachlorophénol) ou dans les urines (arsenic, chrome, nickel, vanadium, chlorophénols et hydroxypyrene) (tableau 8). Les niveaux environnementaux conseillés en population générale sont parfois dépassés, mais les doses internes observées sont toujours bien inférieures aux normes professionnelles admises. Le toluène est significativement augmenté dans le groupe des travailleurs les plus exposés (médiane à 1,1 µg/l contre 0,9 et 0,6) alors que la plombémie et la cadmiémie ainsi que l'excrétion dans les urines d'arsenic, de dichlorophénol et de tétrachlorophénol sont augmentées chez les plus exposés par rapport à un seul des 2 autres groupes de travailleurs moyennement et faiblement exposés.

Tableau 8 : Doses internes de polluants chez les travailleurs d'un incinérateur de déchets industriels et valeurs de référence [Wrbitzky, 1995]

	Travailleurs les plus exposés (A) N=45, Age : 22-57	Travailleurs périphériques (B) N=54, Age : 21-59	Employés peu exposés © N=23, Age : 26-59	Valeurs allemandes de référence en milieu de travail (BAT/EKA)	Valeurs de référence pour la population générale
Plomb dans le sang (en µg/L) ¹	63,16 ± 19,52	53,78 ± 31,06	60,18 ± 28,02	700	150
Cadmium dans le sang (en µg/L) ^{1,3}	1,03 ± 1,24	0,59 ± 0,72	1,22 ± 1,41	15	3,0
Arsenic urinaire (en µg/L) ¹	18,34 ± 20,37	11,25 ± 7,83	11,41 ± 7,22	130	20
Chlorophénols urinaires (2,4-DCP) (en µg/L) ^{2,3}	2,14 ± 2,96	1,19 ± 1,09	0,67 ± 0,36	30,3 (µg/g de créatinine)	-
Toluène sanguin (en µg/L) ^{1,2}	1,54 ± 1,61	0,76 ± 0,55	0,84 ± 0,49	1000	3,0

Résultats significatifs (p<0,05) 1) A comparé à B, 2) A comparé à C, 3) B comparé à C

Concentrations de mercure dans les cheveux des travailleurs d'UIDIS en Finlande (2)

Au cours des dix années qui ont suivi l'implantation du premier incinérateur finlandais en 1984, la concentration médiane en mercure mesurée dans les cheveux des sujets a augmenté de 0,35 mg/kg chez les travailleurs. Chez les habitants, l'augmentation a été de 0,16 mg/kg (moins de 2 km), de 0,13 mg/kg (2 à 4 km), de 0,03 mg/kg (environ 5 km), et de 0,02 mg/kg pour la population de référence. La différence la plus importante reste très faible et ne témoigne pas d'un risque accru pour la santé. Seule la consommation de poissons, parmi les autres facteurs pris en compte (facteurs professionnels, soins dentaires...), est significativement associée à des taux élevés. Après ajustement sur l'âge et la consommation de poissons, le risque d'avoir une concentration de mercure plus élevée dans les cheveux reste significativement plus important chez les habitants proches de l'incinérateur (OR=3,19 [1,13-9,04]). L'exposition la plus importante concerne les salariés de l'usine (OR=8,97 [1,64-49,1]). Cette étude très bien menée n'est qu'un aspect d'une étude plus vaste du suivi d'une installation réalisée à partir d'un point zéro avant le démarrage de l'installation, ce que préconise depuis des années le RSD mais qui ne se fait malheureusement jamais en France.

Surveillance biologique chez des travailleurs d'une UIDIS en Espagne avant et après la mise en service de l'installation (3, 4, 5)

Un plan de surveillance humaine et environnementale a été décidé au voisinage de l'incinérateur de déchets dangereux d'une capacité de combustion de 30 000 tonnes de déchets par an situé à Constanti (Espagne), avant son ouverture (point zéro). Les composés organiques ont été mesurés dans le sang et les urines chez 28 salariés (22 hommes et 6 femmes) ; les métaux ont été mesurés dans les urines. Les niveaux en benzène, toluène, éthylbenzène et xylène sont inférieurs aux limites de détection. Les niveaux mesurés en PCBs, en PCDD/Fs ou en métaux sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus dans la population catalane (résultats préalablement publiés). Il n'existe pas de différence entre les deux sexes. Les auteurs concluent sur l'utilité d'un point zéro (généralisé : environnement, riverains, salariés) pour la surveillance ultérieure d'une installation, ce que le RSD s'efforce de faire accepter par les industriels français ! (3). Après une année d'améliorations techniques, 23 salariés ont participé à cette deuxième étape de l'étude sur les vingt-huit volontaires inclus avant la mise en service de l'installation. Trois groupes de salariés ont été constitués : 19 salariés travaillant dans l'usine incinération (tableau 9), 3 salariés du laboratoire, et 1 cadre administratif. Globalement, entre la première (1999) et la deuxième année d'étude (2000), on observe une décroissance (non significative, les effectifs étant faibles) des niveaux de l'hexachlorobenzène (HCB), des PCB et des PCDD/F.

La répartition et les taux mesurés sont représentatifs des niveaux habituellement observés dans ce type d'installation. Les moyennes des taux sanguins en métaux étaient respectivement de 2,8 µg/L, 39,6 µg/L et 10,9 µg/L pour le Mn, le Pb et le Hg.

Les taux urinaires étaient de 0,48 µg/g de créatinine pour le Cd, 0,4 µg/g pour le Cr et 3,37 µg/g pour le Ni. Le béryllium sanguin et le vanadium urinaire étaient inférieurs aux seuils de détection. Aucune différence significative n'a été observée en fonction du poste occupé, quelque soit le métal considéré. Cette étude permet de montrer que les progrès techniques permettent de réduire les émissions et les expositions des salariés travaillant dans les centres d'incinération (4).

Tableau 9 : Concentrations sanguines en HCB, PCBs (µg/kg lipides) et PCDD/Fs (I-TEQ/g lipides) chez des salariés d'un incinérateur de déchets dangereux en Espagne [Schuhmacher, 2002]

Substance	1999		2000	
	Moyenne arithmétique	Déviat. standard	Moyenne arithmétique	Déviat. standard
HCB	134	186	84	33
2,4,4'-Tri-PCB28	18,5	14,4	2,5	2,5
2,2',5,5'-Tetra-PCB52	10,7	8,8	1,5	1,3
2,2',4,5,5'-Penta-PCB101	9,1	6,7	2,1	0,9
2,2',3,4,4',5-Hexa-PCB138	150	131	114	32
2,2',4,4',5,5'-Hexa-PCB153	213	174	79	19
2,2',3,4,4',5,5'-Hepta-PCB180	228	208	113	26
PCDD/Fs	26,4	18,0	16,8	3,8

Un suivi annuel a été réalisé jusqu'en 2002 pour 26 des 28 salariés de l'installation qui avait été inclus dans la phase primaire de l'étude en 1999. Globalement pour les substances organiques, les moyennes des taux sanguins n'ont pas augmenté entre l'année 1999 et 2002. Pour certaines molécules, les niveaux mesurés en 2002 sont inférieurs à ceux de 1999, c'est le cas pour certains polychlorobiphényles : PCBs 28, 52, 101, 138 et 153. On note également une réduction significative des taux de dioxines (PCDD) et furanes (PCDF) pour les travailleurs de la plate-forme (de 26,4 pg I-TEQ/g de lipides en 1999 à 9,2 pg I-TEQ/g de lipides en 2002). Il faut noter qu'une décroissance parallèle est observée dans la population résidant au voisinage de l'incinérateur (15,7 pg I-TEQ/g de lipides en 2002 contre 27,0 pg I-TEQ/g de lipides en 1999). L'hydroxypyrene est indétectable au niveau urinaire, ce qui fait dire aux auteurs que les salariés ne sont pas exposés aux hydrocarbures aromatiques polycycliques. Les chlorophénols sont stables à l'exception du 2,5-DCP dont le taux reste stable pour l'échantillon concernant les administratifs et les salariés du laboratoire alors qu'il est multiplié par deux pour les salariés de la plate-forme. Les auteurs n'apportent pas d'explication à cette augmentation qui pourrait ne pas avoir de lien avec leur exposition au sein de l'incinérateur. Pour les métaux, le mercure est indétectable au niveau sanguin la plupart du temps à l'exception de l'année 2000 où des taux faibles sont mesurés dans les trois groupes (taux supérieurs chez les administratifs). Les taux sanguins de manganèse et de plomb décroissent significativement au cours des années de même que les taux urinaires de cadmium et de nickel. En revanche, les taux de vanadium augmentent dans tous les groupes sans qu'aucune explication ne soit proposée par les auteurs (5).

Bibliographie

- WRBITZKY R, GOEN T, LETZEL S, FRANK F, ANGERER J. Internal exposure of waste incineration workers to organic and inorganic substances. *Int. Arch. occup. environ. Health*, 1995, 68, 13-21 (20 références), LO : 1086, RUB : 1998-22-PROC-COM
- KURTIO P, PEKKANEN J, ALFTHAN G, PAUNIO M, JAAKKOLA JJK, HEINONEN OP. Increased mercury exposure in inhabitants living in the vicinity of a hazardous waste incinerator: a 10-year follow-up. *Arch. environ. Health*, 1998, 53, 2, 129-137 (19 références), LO : 1699, RUB : 1998-24-PROD-COM
- DOMINGO JL, SCHUHMACHER M, AGRAMUNT MC, MÜLLER L, NEUGEBAUER F. Levels of metals and organic substances in blood and urine of workers at a new hazardous waste incinerator. *Int. Arch. occup. environ. Health*, 2001, 74, 263-269 (46 références), LO : 2384, RUB : 2001-34-PROC-COM
- SCHUHMACHER M, DOMINGO JL, AGRAMUNT MC, BOCIO A, MÜLLER L. Biological monitoring of metals and organic substances in hazardous-waste incineration workers. *Int. Arch. occup. environ. Health*, 2002, 75, 500-506 (62 références), LO : 2365, RUB : 2003-40-PROC-COM
- AGRAMUNT MC, DOMINGO A, DOMINGO JL, CORBELLA J. Monitoring internal exposure to metals and organic substances in workers at a hazardous waste incinerator after 3 years of operation. *Toxicol. Lett.*, 2003, 146, 83-91 (34 références), LO : 2521, RUB : 2004-44-PROC-COM



TRAITEMENT DE DECHETS SPECIAUX

Expositions aux composés toxiques des travailleurs de sites de traitement de déchets spéciaux (1, 2, 3, 4)

L'arsenic est trouvé en quantité significativement plus importante dans les cheveux et dans les urines de travailleurs d'un site de stockage de déchets industriels ayant manutentionné des fûts et déchargé des déchets en vrac par rapport à des témoins du même village du Mexique. Dans ces conditions locales particulières aucune différence n'est mise en évidence pour les tests de génotoxicité ni pour le dosages sanguins et urinaires du plomb et du cadmium (tableau 10) (1).

Tableau 10 : Concentrations en métaux des milieux biologiques de travailleurs d'un site de stockage de déchets industriels [Diaz-Barriga, 1993]

Biomarqueurs	Exposés (n=20)	Témoins (n=10)
Plomb sanguin (µg/dl)	7,7 ± 3,3	5,6 ± 2,1
Mercure urinaire	Non détecté	Non détecté
Cadmium sanguin	Non détecté	Non détecté
Cadmium dans les cheveux (µg/g)	0,14 ± 0,09	0,12 ± 0,10
Arsenic dans les cheveux (µg/g) ^a	0,13 ± 0,05	0,03 ± 0,06
Arsenic urinaire (µg/g de créatinine) ^a	52,2 ± 33,7	35,6 ± 15,5

a : p < 0,01 (test de la différence entre deux médianes)

La fréquence des échanges des chromatides soeurs (ECS) et les aberrations chromosomiques de lymphocytes sont utilisées comme indicateurs des expositions à des substances toxiques chez 12 travailleurs d'un site de stockage de déchets dangereux à Mexico. La fréquence des ECS et la vitesse de prolifération cellulaire ne sont pas différentes de celles constatées chez 7 sujets témoins habitant un village voisin. Par contre, une plus grande fréquence des aberrations chromosomiques et chromatidiennes a été observée chez les exposés. Les auteurs émettent l'hypothèse que les dégâts génétiques pourraient être le résultat de l'action combinée de l'arsenic et d'autres composés génotoxiques présents à des concentrations inférieures aux seuils de détection. Chez les témoins, les dommages génétiques pourraient résulter de la malnutrition et d'expositions épisodiques à des pesticides (2).

Entre 1984 et 1987, parmi un millier de salariés de sites de traitement de déchets spéciaux du New Jersey, les sujets ayant une forte probabilité d'exposition au plomb ont fait l'objet d'une surveillance biologique annuelle. La plombémie moyenne de 568 salariés est de 5,8 µg/dL (de 2,0 à 20,7 µg/dL) (seuil de détection de 2,0 µg/dL). Cinq % des plombémies dépasse 11,3 µg/dL. Les hommes ont des plombémies significativement plus élevées que les femmes. La plombémie croît avec l'âge des sujets. Chez les travailleurs des sites de traitement des déchets, la plombémie est très inférieure à celle des salariés exposés dans d'autres industries, et de même ordre (et plutôt moins) que le taux de la population générale des USA (8 µg/dL) ce qui pourrait s'expliquer en partie, selon les auteurs, par le port d'équipement de protection beaucoup plus systématique dans cette industrie (3).

Dans une seconde étude, les auteurs comparent les résultats d'exposition aux vapeurs organiques de travailleurs de sites de traitement de déchets toxiques à ceux de divers petits travaux domestiques ou professionnels. Les niveaux d'exposition pour les travaux de peinture-vernisage sont en moyenne de 85 ppm (38 à 151 ppm), ils sont de 7 ppm (1 à 13 ppm) pour les travaux de préparation de peinture, de 24 ppm (12 à 37 ppm) pour les salons de beauté et de 12 ppm (7 à 20 ppm) pour la réparation automobile. Les résultats des prélèvements dans le traitement et le stockage des déchets montrent des taux environ 10 fois inférieurs aux recommandations de l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (tableau 11). Le contraste entre ces résultats alors que les quantités manipulées sont de plusieurs millions de litres par an, et ceux d'activités quotidiennes qui concernent de petites quantités de solvants, est intéressant et pourrait avoir une valeur éducative (4).

Tableau 11 : Monitoring d'exposition des travailleurs des déchets et de l'ambiance de travail [Pedersen, 1995]

	Moyenne d'exposition des travailleurs de la manutention (en ppm)	Moyenne d'exposition des personnels de laboratoire (en ppm)	Moyenne de concentration des zones de travail (en ppm)
Alcools aliphatiques	1,57	0,01	0,24
Cétones aliphatiques	2,59	0,01	0,20
Alcanes	0,92	0,08	0,49
Hydrocarbures aliphatiques chlorés	1,89	0,01	0,21
Esters aliphatiques	1,29	0,09	0,05
Mélanges divers	0,10	ND b	0,04
Benzène	0,03	ND b	0,03
Toluène	0,08	0,01	0,69
Xylènes	1,61	0,16	0,47
Solvants naphta	0,46	0,09	0,22
Exposition combinée moyenne	10,54	0,46	2,64
Exposition maximale	92,00 a	1,82	86,20 a
Exposition minimale	0,10	0,03	0,01
Nombre de badges	60	51	81
Temps moyen de prélèvement (en minutes)	360	442	408

a : une protection respiratoire est portée lors de cette exposition, b : non détecté.

Bibliographie

- DIAZ-BARRIGA F, SANTOS MA, YANEZ L, CUJELLAR JA. Biological monitoring of workers at a recently opened hazardous waste disposal site. *J. Expo. Anal. environ. Epidemiol.*, 1993, 3, (suppl), 63-71 (14 références), LO : 940, RUB : 1997-16-IMP-COM

- 2) GONSEBATT ME, SALAZAR AM, MONTERO R, DIAZ-BARRIGA F, YANEZ L, GOMEZ H, OSTROSKY-WEGMAN P. Genotoxic monitoring of workers at a hazardous waste disposal site in Mexico. *Environ. Health Perspect. Suppl.*, 1995, 103, (1), 111-113 (20 références), LO : 807, RUB : 1996-14-IMP-COM
- 3) GOCHFELD M, UDASIN I, FAVATA E, BUCKLER G, NATARELLI C, BURGER J. Temporal changes in blood lead levels of hazardous waste workers in New Jersey, 1984-1987. *Environ. Monit. Assess.*, 1993, 25, 99-107 (18 références), LO : 486, RUB : 1995-11-PROD-COM
- 4) PEDERSEN BA, HIGGINS GM. Evaluation of chemical exposures in the hazardous waste industry. *J. Air Waste Manage. Assoc.*, 1995, 45, (2), 89-94 (6 références), LO : 822, RUB : 1996-14-IMP-COM



RECYCLAGE

Exposition aux polluants chimiques pour les travailleurs du recyclage des déchets (1, 2)

Trois usines de recyclage des déchets ménagers, constituées par des entrepôts non ventilés et comptant respectivement 20, 11 et 9 salariés, ont été étudiées afin de collecter des informations sur les risques, notamment chimiques, auxquels sont exposés les travailleurs. Les taux de particules totales, variant de 0,1 à 0,4 mg/m³ en hiver et de 0,9 à 1,1 mg/m³ en été, sont en dessous de la norme de 10 mg/m³ recommandée par l'ACGIH (soit 250 fois les objectifs de qualité de l'air de l'Union européenne pour la population générale !). Les autres polluants (CO₂, CO, NO et NO₂) sont mesurés à des taux allant de 50% à 100% des normes professionnelles. Bien qu'il s'agisse d'une étude peu approfondie ne permettant notamment pas des comparaisons avec les autres filières, elle présente l'intérêt d'être l'une des premières réalisées dans ce type d'activité et s'intéresse à l'ensemble des risques professionnels qui y sont associés (1).

Des prélèvements en poste fixe (410) et des prélèvements individuels (60) ont été pratiqués dans 16 entreprises spécialisées dans le retraitement des générateurs électrochimiques pour évaluer l'exposition professionnelle de 380 salariés. Tous les types d'installation de la filière sont représentés : tri de batteries au plomb (1 site), tri de piles jetables et rechargeables (1), recyclage des piles alcalines et salines (6), recyclage des piles boutons au mercure (2), retraitement des piles et accumulateurs rechargeables Ni-Cd (1) et traitement des batteries automobiles au plomb (avec ou sans affinage) (5). Les activités de recyclage de piles et batteries sont associées à des expositions non négligeables des salariés. On retiendra des niveaux d'exposition élevés au plomb dans les phases de broyage et fusion des batteries au plomb et des niveaux d'exposition qui dépassent les valeurs limites d'exposition au cadmium dans le traitement des accumulateurs Ni-Cd (tableau 12) (2).

Effets de l'exposition aux PCDD/F chez des travailleurs d'une ancienne usine de recyclage des métaux (3)

Soixante-seize personnes parmi les 675 anciens travailleurs d'une usine de métaux entre 1961 et 1986 ont pratiqué un bilan biologique et des dosages des PCDD/F sanguins. Les taux de PCDD des anciens travailleurs sont inférieurs à ceux d'une cohorte de 102 travailleurs non exposés professionnellement. Les taux de PCDF sont plus élevés dans le groupe des anciens salariés de l'entreprise. Deux groupes d'exposition ont été constitués : 46 fortement exposés et 30 sujets faiblement exposés, selon la valeur du facteur international d'équivalence toxique (limite entre les deux groupes fixée à 38 ppt d'I-TEQ qui est la médiane du groupe des sujets non exposés professionnellement). Le taux de cholestérol sanguin est le seul paramètre biologique différent entre les deux groupes d'exposés (2,16 + 0,45 g/l contre 1,84 + 0,39 respectivement). Lorsque la consommation d'alcool des sujets est prise en compte, seule la corrélation entre le taux d'enzymes hépatiques de type ALAT et l'indice I-TEQ est significative. L'étude ne retrouve pas de corrélation entre l'exposition aux PCDD/F et le taux sanguin d'hormones thyroïdiennes (T3 et T4) ou de TSH des sujets.

Bibliographie

- 1) LAVOIE J, GUERTIN S. Evaluation of health and safety risks in municipal solid waste recycling plants. *J. Air Waste Manage. Assoc.*, 2001, 51, 352-360 (31 références), LO : 2135, RUB : 2002-35-IMP-COM
- 2) PELTIER A., ELCABACHE JM. Traitement des déchets des piles et accumulateurs usagés. Enquête dans des entreprises spécialisées. *Cah. Notes doc. - Hyg. Sécurité Trav.*, 2003, 192, 5-19 (11 références), LO : 2482, RUB : 2004-44-PROC-COM
- 3) TRIEBIG G, WERLE E, PAPKE O, HEIM G, BRODING C, LUDWIG H. Effects of dioxins and furans on liver enzymes, lipid parameters and thyroid hormones in former thermal metal recycling workers. *Environ. Health Perspect. Suppl.*, 1998, 106, (2), 697-700 (15 références), LO : 1906, RUB : 2000-31-PROD-COM

Tableau 12 : Concentrations en métaux dans l'air ambiant d'ateliers de recyclage de batteries en France (mg/m³) (étendue et nombre de valeurs dépassant la valeur limite d'exposition professionnelle) [Peltier, 2003]

Métaux	Recyclage des batteries au plomb				Recyclage des piles Ni-Cd				VME France	TLV ACGIH
	Stockage	Broyage	Fours réduction	Fours d'affinage	Stockage	Tri	Broyage	Fours		
Plomb	0,008 à 0,087	0,006 à 0,145 maintenance : 0,347 et 0,676	0,029 à 0,346 >VME : 38/45	0,03 à 0,70 >VME : 1/28	-				0,150	
Cadmium			0,000 à 0,027 >TLV : 15/28		0,019 à 0,200 >VME : 3/10 >TLV : 10/10	0,030 à 0,099 >VME : 3/6 >TLV : 6/6	0,031 à 1,760 >VME : 3/10 >TLV : 8/8	0,015 à 0,582 >VME : 19/25 >TLV : 25/25	0,050	0,010 inhalable 0,002 respirable
Nickel					0,007 à 0,041	0,020 à 0,073	0,019 à 0,530		1	1,5 Ni métal 0,2 NiO



REHABILITATION

Risques encourus par les travailleurs chargés de la réhabilitation des sites de déchets dangereux (1, 2, 3)

A partir des taux de décès par accident, calculés pour 17 types d'emploi dans la réhabilitation de sites de déchets dangereux, les auteurs montrent que le risque accidentel devrait être mieux pris en compte dans la détermination des politiques de réhabilitation, compte tenu de son niveau élevé (10-1 à 10-2 contre 10-3 à 10-6 pour le risque de décès d'origine chimique) (1).

Un site virtuel s'étendant sur 8 hectares représentatif des décharges de la National Priority List (NPL) est utilisé par les auteurs pour apprécier le risque encouru par les travailleurs chargés de la dépollution. Trois scénarios de dépollution sont envisagés : l'excavation complète et le remplissage d'un nouveau centre de stockage, le simple recouvrement, le recouvrement plus la construction d'un mur de confinement autour du site. Les risques encourus par les travailleurs sont estimés pour 17 catégories professionnelles (du manoeuvre à l'ingénieur en passant par le grutier...), sur la base des statistiques nationales tous secteurs professionnels d'accidents du travail, d'incapacités et de décès d'origine professionnelle par catégorie d'emploi. Les auteurs procèdent aussi à une estimation des coûts médico-sociaux induits, directs et indirects, selon 2 approches : celle du capital humain et celle du 'consentement à payer'. Les risques pour les riverains sont plus hypothétiques. Vingt-quatre scénarios sont construits, selon le croisement de 6 tailles de populations concernées (de 10 à 1 million) et de 4 niveaux de risque, et sont traduits en probabilités de décès (par cancer) et d'incapacité. Pour ces diverses situations, la même démarche que pour les travailleurs, permet une évaluation des coûts monétaires. Les auteurs soulignent, par cet important travail, que l'on a, jusqu'à présent, gravement sous-estimé les risques professionnels dans les décisions environnementales, et qu'il serait temps de s'en préoccuper aussi sérieusement que de la santé des riverains des sites contaminés (2).

A partir d'un site hypothétique autour duquel 5 000 personnes vivraient, les auteurs se proposent de comparer les années de vie perdues chez les populations avoisinantes d'un site, du fait d'un cancer potentiellement dû à l'exposition aux produits chimiques provenant du site et les années de vie perdues par accidents professionnels des salariés travaillant à la réhabilitation de ce site. Pour cela ils attribuent à cette population, un risque de cancer sur la vie entière de 3×10^5 (calcul basé sur des estimations faites sur des sites réels). Considérant 500 personnes travaillant pendant un an à la réhabilitation du site, ils estiment les risques de décès par accident de ces travailleurs à 3×10^4 (estimation basée sur une étude publiée par Hoskin), ce qui entraîne en chiffre absolu le même excès de risque pour la population que pour les travailleurs. A partir de ces calculs de risque, ils ont évalué le nombre d'années de vie perdues par chacune des deux populations étudiées pour ce site. Pour les cancers dans la population avoisinante, le calcul permet d'obtenir le chiffre moyen de 1,3 années de vie perdues pour chaque habitant de ce site hypothétique. Pour les travailleurs du site (accidents professionnels), ce calcul aboutit au nombre de 5,7 années de vie perdues du fait d'accident de travail pour la réhabilitation de ce site. Les auteurs concluent que le coût (en terme d'années de vie perdues) est plus important pour la réhabilitation (notamment du fait que les accidents du travail surviennent chez une population jeune, alors que les cancers touchent des populations plus âgées). Cette conclusion tendrait à montrer que les risques au travail sont mal connus et mieux supportés que les risques environnementaux, alors qu'ils sont bien plus élevés (3).

Bibliographie

- 1) HOSKIN AF, LEIGH JP, PLANEK TW. Estimated risk of occupational fatalities associated with hazardous waste site remediation. *Risk Anal.*, 1994, 14, (6), 1011-1017 (25 références), LO : 885, RUB : 1995-11-BREV
- 2) LEIGH JP, HOSKIN A. Hazards for nearby residents and cleanup workers of waste sites. *J. occup. environ. Med.*, 1999, 41, (5), 331-348 (42 références), LO : 1941, RUB : 2000-30-PROC-COM
- 3) COHEN JT, BECK BD, RUDEL R. Life years lost at hazardous waste sites: remediation worker fatalities vs. cancer deaths to nearby residents. *Risk Anal.*, 1997, 17, 4, 419-425 (18 références), LO : 1722, RUB : 1999-26-IMP-COM

GLOSSAIRE :

Andain

Désigne une disposition classique, en tas triangulaire, de matières destinées à être compostées. Le retournement des andains a généralement lieu une fois par semaine. Il sert à aérer la matière pour favoriser sa décomposition par dégradation des produits organiques. Il s'effectue avec ou sans trituration.

Bilirubine

Substance normalement présente dans l'organisme qui provient de la dégradation de l'hémoglobine (constituant principal des globules rouges, destiné à transporter l'oxygène dans le sang). Le taux de la bilirubine est augmenté en présence d'une jaunisse due à une destruction des globules rouges (bilirubine dite libre). Il est également augmenté en cas d'hépatite ou de cirrhose du foie (bilirubine dite conjuguée).

Congénère

Qui appartient à la même famille chimique

Consentement à payer

Déclinaison économique de la notion d'acceptabilité des risques qui consiste à déterminer le montant maximal que les sociétés sont prêtes à payer pour bénéficier d'une protection contre les risques (consentement à payer - "willingness to pay" ou WTP) ou, sinon, le montant minimal que ces mêmes sociétés sont prêtes à recevoir en compensation de préjudices subis ("willingness to accept" ou WTA).

Etude de cohorte

Etude de la santé d'une population constituée à partir de son exposition à un facteur "de risque" donné et dont le suivi s'effectue au cours du temps

Médiane

Dans une série statistique toute valeur M qui partage le groupe étudié en deux sous-groupes de même effectif

Stéatose hépatique

Accumulation d'une graisse appelée triglycéride, dans la cellule hépatique elle-même. La plus connue des stéatoses est le foie gras de l'oise.

Unités de mesure des dioxines

Le concept d'"Equivalents Toxiques Internationaux" (ou I-TEQ pour International Toxic Equivalents) prend en compte la toxicité relative des composés constituant un mélange. Un coefficient de pondération ou "Facteur d'Equivalence Toxique" (ou TEF pour Toxic Equivalent Factor) indique le degré de toxicité de chaque composé par rapport à la dioxine de Sévésou ou 2,3,7,8-TCDD, à laquelle une valeur de référence de 1 a été donnée. La valeur limite des émissions atmosphériques (moyennes journalières) pour les dioxines et furannes (PCDD/F) est de 0,1 ng I-TEQ_{OTAN}/m³ (ng = 10⁻⁹ g). L'I-TEQ_{OTAN} est le résultat de la somme pondérée des facteurs d'équivalence toxique pour 7 congénères de PCDD (sur 75) et 10 de PCDF (sur 135) proposé par l'OTAN en 1988 (INVS, 2003). Dans le sang, la concentration des dioxines est exprimée en pg I-TEQ/g de matière grasse (pg = 10⁻¹² g).

Experts ayant contribué à ce numéro : AMBROISE D., ANZIVINO L., BERGERET A., CHARBOTEL B., DEPORTES I., HOURS M., KECK G., NAQUIN P., ROCHETTE P., ZMIROU D.

Le compteur d'ISD : Le nombre total d'articles répertoriés est : 2898-Le nombre total d'articles expertisés est : 1097