

CARACTÉRISATION DES RISQUES CHIMIQUES POTENTIELS DANS QUELQUES FILIÈRES DE TRAITEMENT DES DÉCHETS

L'évolution de la réglementation sur le traitement des déchets entraîne le développement de dispositifs de gestion spécifiques à certains déchets avec l'apparition de nouveaux procédés. Ces nouvelles filières n'ont pas encore fait l'objet d'études concernant l'exposition professionnelle. Une caractérisation des risques chimiques potentiels a été menée pour quelques opérations dans les filières de traitement des déchets de l'automobile, des déchets d'équipements électriques et électroniques, des emballages industriels, des déchets toxiques en quantités dispersées et des plumes et duvets. Après une description des procédés, les agents chimiques ont été identifiés et le nombre de salariés potentiellement exposés a été estimé.

Dans la majorité des procédés de traitement, il y a une ou plusieurs opérations manuelles entre lesquelles s'intercale une opération de broyage. Dans les deux cas, les salariés sont exposés par voie respiratoire à des vapeurs pour les déchets liquides ou de poussières pour les déchets solides. Les procédés de démantèlement manuel mis actuellement en œuvre pour le traitement des DEEE, ne pourront répondre aux besoins futurs liés à l'augmentation du gisement de déchets traités. Cette mécanisation nécessaire du traitement risque de modifier l'exposition aux agents chimiques des travailleurs de cette filière.

Selon le code de l'environnement, un déchet se définit comme « tout résidu de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau ou produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon » [1].

En 2004, le gisement de déchets était de 849 millions de tonnes répartis en 8 familles [2] :

- **Déchets des ménages** (les ordures ménagères, les encombrants et les déchets verts) : 28 Mt.

- **Déchets des collectivités** (déchets de voirie, des marchés, boues et déchets verts) : 14 Mt ;

- **Déchets des entreprises** dangereux et non dangereux : 90 Mt ;

- **Déchets de l'agriculture et de la sylviculture** (déjections animales, produits phytosanitaires, plumes et duvets, farines animales, films plastiques) : 374 Mt ;

- **Déchets de la construction et de la démolition** (déchets du bâtiment et déchets des travaux publics) : 343 Mt ;

- **Déchets de l'automobile** (déchets provenant de la réparation et Véhicules Hors d'Usage (VHU)) : 2 Mt ;

- **Déchets des Activités de Soins (DAS)** (médicaments, déchets à risque non infectieux ou infectieux (DASRI)) : 0,2 Mt ;

- **Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques (DEEE)** (gros électroménager, matériel audio, vidéo, hifi, informatique et bureautique, consommables bureautiques) : 1,7 Mt.

- Déchet industriel
- Traitement des déchets
- Risque chimique
- Exposition professionnelle
- Secteur activité

► *Barbara SAVARY, Raymond VINCENT, INRS, département Métrologie des polluants*

CHARACTERISATION OF POTENTIAL CHEMICAL RISKS IN A NUMBER OF WASTE TREATMENT ACTIVITY SECTORS

Changes in waste treatment regulations lead to development of management systems specific to certain waste products and emergence of new processes. These new activity sectors have not yet been a subject of occupational exposure-related studies. Characterisation of potential chemical risks has been performed for a few operations within treatment sectors involving car waste, electric and electronic equipment waste, industrial packaging, toxic waste in dispersed quantities and feathers and down. Following a description of the processes concerned, chemical agents are identified and numbers of potentially exposed employees are estimated.

Most treatment processes include one or more manual operations before and after the waste crushing operation. In both cases, employees are exposed, through the respiratory tract, to liquid waste vapours or solid waste dust. Manual dismantling operations currently implemented for treating EEEW (electrical and electronic equipment waste) will be incapable of meeting future needs associated with growth in treated waste potential. Necessary mechanisation of waste treatment is likely to modify worker exposure to chemical agents in this activity sector.

- Industrial waste
- Waste treatment
- Chemical risk
- Occupational exposure
- Activity sector

TABLEAU I

Caractéristiques socio-économiques des établissements visités
Socio-economic characteristics of establishments visited

Code NAF	Effectif (salariés)	Activité
Déchets de l'automobile		
50.3B : Commerce de détail d'équipements automobiles	5	Démantèlement de VHU
50.1Z : Commerce de véhicules automobiles	6	Démantèlement de VHU
90.0B : Enlèvement et traitement des ordures ménagères	12	Récupération et broyage de pneus
37.2Z : Récupération de matières non métalliques recyclables	10	Fabrication de poudrettes à partir de copeaux de pneus
37.2Z : Récupération de matières non métalliques recyclables	10	Pré traitement de filtres à huile
Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques		
37.1Z : Récupération de matières métalliques recyclables	7	Démantèlement DEEE Traitement des tubes cathodiques par le procédé VICOR
37.2Z : Récupération de matières non métalliques recyclables	6	Démantèlement DEEE
85.3K : Autres formes d'actions sociales	40	Démantèlement DEEE
37.1Z : Récupération de matières métalliques recyclables	12	Démantèlement DEEE
37.1Z : Récupération de matières métalliques recyclables	6	Démantèlement DEEE
52.7D : Réparation d'appareils électroménagers	40	Remise en état de matériel blanc
37.1Z : Récupération de matières métalliques recyclables	8	Traitement des tubes cathodiques par le procédé VICOR Traitement des piles boutons et des déchets mercuriels
90.0B : Enlèvement et traitement des ordures ménagères	32	Démantèlement DEEE Traitement des tubes cathodiques par le procédé VICOR Broyage de câbles
51.5Q : Commerce de gros de déchets et de débris	9	Récupération des métaux précieux à partir de cartes électroniques
Emballages industriels		
28.7A : Fabrication de fûts et d'emballages métalliques similaires	20	Nettoyage et recyclage de fûts d'origine industrielle
Déchets toxiques en quantité dispersée		
90.0B : Enlèvement et traitement des ordures ménagères	96	Regroupement et pré traitement des DTQD
Plumes et Duvets		
17.4B : fabrication de petits articles textiles de literie	60	Traitement des plumes et des duvets issus des abattoirs.
Multi activités		
37.1Z : Récupération de matières métalliques recyclables	45	Broyage de VHU Broyage de Câbles Fabrication de poudrettes à partir de copeaux de pneus
37.1Z : Récupération de matières métalliques recyclables	20	Broyage de VHU Broyage de DEEE
90.0E : Traitement d'autres déchets solides	62	Regroupement des DTQD. Traitement des fûts et bidons Traitement de déchets dangereux

Le code NAF décrit l'activité de l'établissement conformément à la nomenclature d'activité française - NAF rev.1 2003. Le code Risque Sécurité sociale, précisé par circulaire au Journal officiel, décrit de manière plus détaillée ces activités.

Exemple :

Code NAF

37.1Z : récupération de matières métalliques recyclables

Codes Risque

37.1ZA : récupération de matières métalliques recyclables

37.1ZB : récupération et recyclage de métaux ferreux

37.1ZC : récupération et recyclage de métaux non ferreux

37.1ZD : désamorçage, démolition des munitions et récupération

La loi n°92-646 du 13 juillet 1992, avec l'échéance qu'elle fixait en juillet 2002, impose de trouver des filières de valorisation afin de limiter l'enfouissement aux seuls déchets ultimes, c'est-à-dire ne pouvant plus être traités dans les conditions techniques et économiques du moment [3]. Depuis 2002, les déchets sont classés selon la nomenclature euro-

péenne des déchets. Les caractéristiques permettant de définir leur dangerosité sont définies dans l'annexe I du décret n°2002-540 du 18 avril 2002. Ils peuvent être nocifs, irritants, cancérigènes, mutagènes, reprotoxiques...[4].

Au cours de ces dernières décennies, de nombreux textes réglementaires (décrets et arrêtés) ont été publiés pour

des déchets particuliers, comme les piles, les gaz à effet de serre, les DAS [5, 6, 7]. Pendant ces 5 dernières années, de nouvelles réglementations se sont mises en place au niveau européen, transcrites en droit français par la suite concernant la gestion et le traitement des VHU et, dernièrement des DEEE depuis juillet 2005 [8, 9, 10].

La filière de gestion des déchets se décompose en deux étapes principales : la collecte et le traitement, entre lesquelles peuvent s'intercaler des étapes de tri, de regroupement et/ou de pré-traitement. Ces étapes intermédiaires ont pour objectif principal d'améliorer la mise en œuvre du traitement ou de dépolluer les déchets.

Les procédés de traitement sont classés en plusieurs catégories [11, 12, 13, 14, 15] :

- la réutilisation ou le réemploi ;
- le recyclage qui porte soit sur les matériaux avec des traitements mécaniques, thermiques ou chimiques, soit sur le matière organique par valorisation alimentaire, épandage direct ou après compostage ;
- la valorisation énergétique ;
- l'élimination par enfouissement incinération ou traitement chimique.

La littérature traitant les expositions des salariés dans les filières de traitement des déchets est peu abondante. Elle concerne surtout les risques environnementaux. Les études publiées ont pour thème principalement la filière des déchets municipaux et leur incinération, les DASRI, les boues de stations d'épuration [16, 17, 18, 19, 20, 21, 22].

L'ADEME publie régulièrement des études sur les différents types de déchets. Les données sont assez généralistes : définition des déchets, leur gisement, le traitement et la réglementation. Il n'existe pas d'information sur le nombre de salariés et les expositions potentielles dans la filière.

Une étude préliminaire a permis de compléter les données de l'ADEME sur le gisement et les traitements. Une recherche sur la composition des déchets a été menée pour aboutir à une hiérarchisation des risques potentiels dans ce secteur. La méthode mise en œuvre a été inspirée de la méthode mise au point à l'INRS [23]. Pour réaliser cette hiérarchisation, certaines données ont été nécessaires : la composition des déchets et les dangers des composés chimiques, les quantités et l'externalisation du traitement. Parmi les 61 déchets ou familles de déchets pris en compte, 18 d'entre eux présentent un risque important, 31 un risque moyen et 12 un risque faible [24].

Parmi les déchets présentant un risque important, certains déchets appartiennent à une filière en évolution du fait de la modification de la réglementation ces dernières années : les VHU, les DEEE, les emballages souillés.

Sur la base des informations issues de la hiérarchisation, une étude visant à caractériser les risques chimiques dans ces filières a été menée.

MÉTHODOLOGIE

La première étape de l'étude a consisté à interroger la base de données COLCHIC afin de déterminer les agents chimiques présents dans les filières de traitement et leurs niveaux d'exposition auxquels sont soumis les salariés. Cette base de données regroupe l'ensemble des résultats de mesures d'exposition effectuées, de 1987 à nos jours, par les laboratoires interrégionaux des CRAM et par l'INRS. Actuellement, il y a 680 000 résultats archivés concernant 800 agents chimiques [25].

Les établissements de traitement des VHU et des DEEE sont répertoriés sous les codes NAF 37.1Z, récupération de déchets métalliques recyclables et 37.2Z, récupération de déchets non métalliques recyclables. La remise en état des emballages métalliques souillés est réalisée par des établissements répertoriés sous le code d'activité 28.7A, fabrication de fûts et d'emballages similaires.

La préparation des plumes et des duvets est assurée par des installations regroupées sous le code NAF 17.4B, fabrication de petits articles de literie.

L'évaluation des niveaux d'exposition a donc été réalisée par exploitation de la base de données COLCHIC à partir des codes NAF cités ci-dessus. Cette exploitation porte sur les données recueillies entre 1996 et 2006. Elles permettent d'analyser les risques, mais compte tenu des évolutions des modes de travail, des déchets et de la gestion de ces risques dans ces entreprises depuis 10 ans, ne sont pas forcément représentatives du niveau actuel d'exposition.

Afin de mieux connaître les filières et les procédés de traitement des déchets présentant un risque potentiel important, des visites d'établissements ont été réalisées. Les déchets ciblés étaient les DEEE, les VHU, les emballages industriels, les DTQD et les plumes et duvets. Le *Tableau 1* donne les caractéristiques des établissements visités, leur code d'activité et les effectifs. Au total, 20 établissements ont été visités :

- 5 établissements de traitement de déchets de l'automobile ;
- 9 établissements de traitement de DEEE ;
- 1 établissement de traitement d'emballages industriels ;
- 1 plate-forme de regroupement de DTQD ;
- 1 établissement de traitement et de préparation de plumes et de duvets ;

- 3 établissements traitant au moins 2 déchets pris en compte dans l'étude.

Seuls les procédés observés dans les établissements visités sont décrits dans cet article.

Pour chaque filière étudiée, une caractérisation des dangers par type de déchet a été faite. Les agents chimiques présents dans chaque filière ont été identifiés puis répertoriés en prenant en compte les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP), la classification dans la liste des produits cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR) et l'existence d'un tableau de maladie professionnelle [26, 27, 28, 29, 30].

Le nombre de salariés potentiellement exposés a été évalué à partir des données fournies par la base de données de l'UNEDIC [31]. Elles ont été comparées aux données fournies par d'autres organismes tels que l'ADEME, les syndicats professionnels ou à partir des informations collectées lors de visites d'établissements.

EVALUATION DES NIVEAUX D'EXPOSITION (BASE COLCHIC)

LE SECTEUR 17.4B

Pour ce secteur d'activité, seules 57 mesures sont répertoriées depuis 1986. Il n'est donc pas possibles de donner des statistiques fiables.

Elles concernent les poussières inhalables (36,8 %), les poussières thoraciques (35,1 %), les poussières alvéolaires (19,3 %) et le 1,1,1 trichloréthane (8,8 %). Le nombre de mesures est insuffisant pour extraire des statistiques exploitables.

LE SECTEUR 28.7A

De 1986 à 2006, 41 interventions ont été réalisées dans 14 établissements appartenant à ce secteur d'activité. Les 282 prélèvements d'air d'une durée comprise entre 1 et 8 heures ont généré 1 124 résultats. Ils concernent, pour 87,3 % d'entre eux les composés organiques volatils et, pour 5,8 % d'entre eux, les métaux (*Tableau II*).

TABLEAU II

Mesures d'exposition dans le secteur de la fabrication des fûts et de petits emballages similaires
Exposure measurements in the drum and small packaging production sector

Agent chimique	VME	Nb de résultats	P>VME	Moyenne	Médiane	Etendue	Percentile	
							75	90
Xylène (mg/m ³)	221	50	2,00 %	32,03	10,65	0,30-279,00	26,00	102,50
Plomb (µg/m ³)	100	43	37,21 %	113,54	65,70	8,00-590,00	138,00	237,00
Toluène (mg/m ³)	375	40	0,00 %	9,80	1,14	0,13-187,00	6,73	19,15
Isobutyle (mg/m ³)	150	33	0,00 %	8,99	2,60	0,17-39,40	12,00	32,90
Méthyléthylcétone (mg/m ³)	60	32	0,00 %	11,13	1,34	0,14-113,00	6,70	35,50
Acétate de n-butyle (mg/m ³)	710	29	3,45 %	37,00	1,35	0,19-788,00	11,50	40,00
4-méthylpentan-2-one (mg/m ³)	83	28	0,00 %	7,87	5,00	0,35-56,60	10,50	15,20
Acétate d'éthyle (mg/m ³)	1 400	26	3,85 %	145,63	40,65	0,30-2 224,00	70,80	267,00
Hydrocarbures benzéniques et aromatiques (mg/m ³)	-	22	-	5,25	3,36	0,70-15,00	7,87	11,70

TABLEAU III

Mesures d'exposition dans le secteur de la récupération des matériaux métalliques recyclables
Exposure measurements in the recyclable metal recovery sector

Agent chimique	VME	Nb de résultats	P>VME	Moyenne	Médiane	Etendue	Percentile	
							75	90
Poussières inhalables (mg/m ³)	-	66	-	3,90	1,82	<0,01-34,72	4,64	8,36
Plomb (µg/m ³)	100,00	106	50,00 %	261,17	100,50	1,10-8 880,0	200,00	403,00
Cadmium (µg/m ³)	50,00	53	49,06 %	402,48	50,00	0,50-5 630,0	133,00	1 110,00
Nickel (mg/m ³)	1,00	47	27,66 %	1,04	0,07	<0,01-6,92	1,08	4,63
Fer (mg/m ³)	-	43	-	1,05	0,18	0,01-19,90	0,51	1,21
Zinc (mg/m ³)	-	24	-	0,95	0,10	0,01-9,10	0,36	1,80

TABLEAU IV

Mesures d'exposition au poste de conduite et de surveillance des installations de broyage et de tri dans le secteur de la récupération des matériaux métalliques recyclables

Exposure measurements at a sorting and crushing control and surveillance workstation in the recyclable metal recovery sector

Agent chimique	VME	Nb de résultats	P>VME	Moyenne	Médiane	Etendue	Percentile	
							75	90
Poussières inhalables (mg/m ³)	-	23	-	3,02	1,59	0,38-13,65	4,80	6,35
Plomb (µg/m ³)	100,00	48	43,75 %	330,19	90,00	7,00-8 880,0	195,00	390,00
Cadmium (µg/m ³)	50,00	25	52,00 %	116,28	57,00	0,50-1 110,0	100,00	140,00
Nickel (mg/m ³)	1,00	21	57,14 %	2,23	1,08	0,01-6,92	3,85	5,24
Fer (mg/m ³)	-	20	-	0,29	0,25	0,02-0,80	0,47	0,59

TABLEAU V

Niveaux d'exposition dans le secteur de la récupération de matériaux non métalliques recyclables

Exposure measurements in the recyclable non-metal recovery sector

Agent chimique	Nb de résultats	Moyenne	Médiane	Etendue	Percentile	
					75	90
Poussières inhalables (mg/m ³)	103	35,32	2,60	0,08-1 971,00	7,90	28,00

LE SECTEUR 37.1Z

De 1986 à 2006, 66 interventions ont été réalisées dans 38 établissements appartenant au secteur 37.1Z. Les 578 prélèvements d'air des lieux de travail d'une durée comprise entre 1 et 8 heures ont généré 2 147 résultats. Ces derniers concernent, pour 78,3 % d'entre eux, les métaux et, principalement, le plomb, le cadmium, le nickel, le zinc et le fer. Ils ont été obtenus par spectrométrie d'émission atomique à plasma inductif (ICP). Les poussières inhalables, mesurées par gravimétrie, représentent 7,7 %

FIGURE 1

Pourcentage de mesures pour les 10 agents chimiques les plus mesurés dans le secteur 37.1Z
Percentage of measurements for the 10 most measured chemical agents in the 37.1Z sector

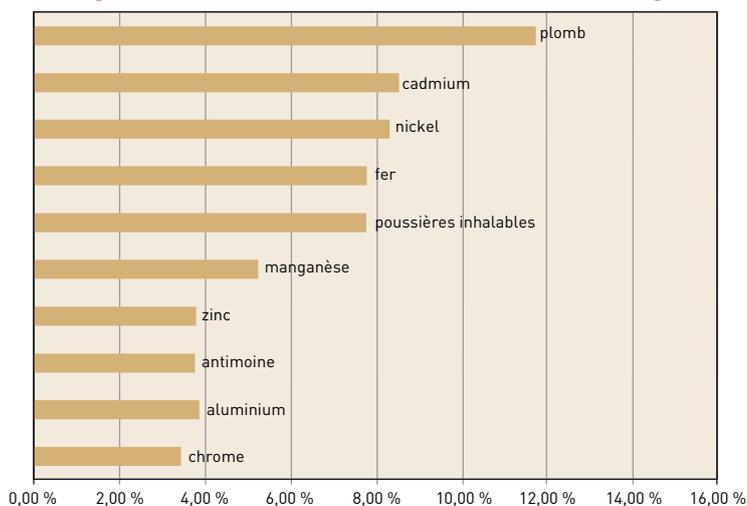


FIGURE 2

Pourcentage de mesures pour les 11 agents chimiques les plus mesurés dans le secteur 37.2Z
Percentage of measurements for the 11 most measured chemical agents in the 37.2Z sector

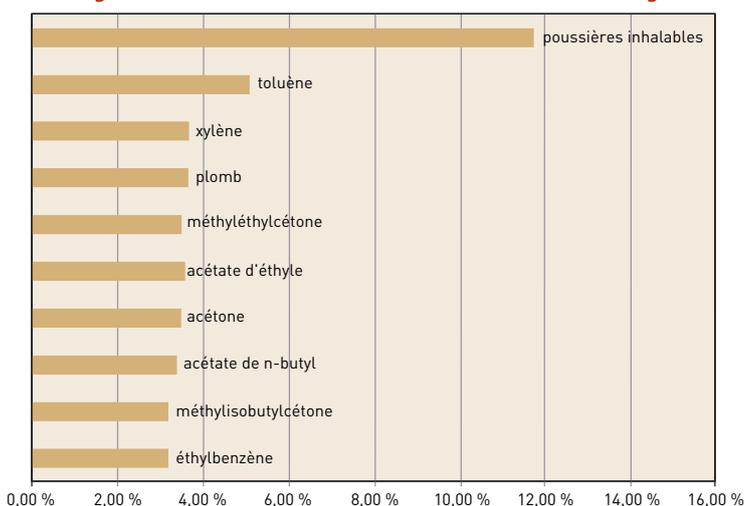
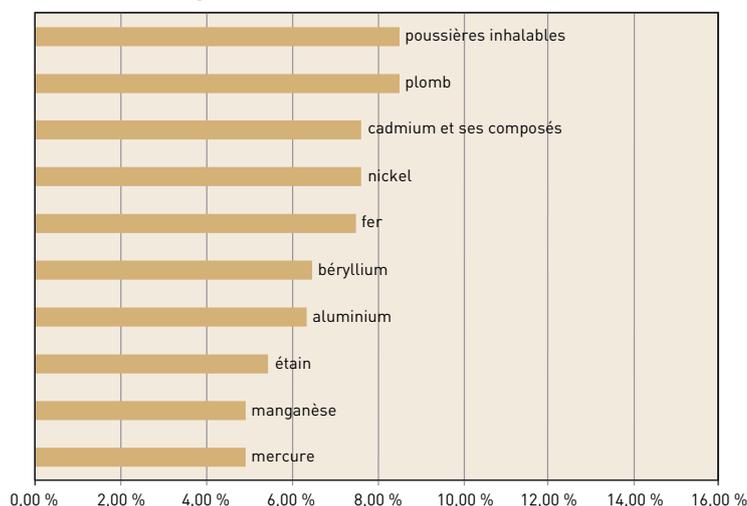


FIGURE 3

Pourcentage de mesures pour les 10 agents chimiques les plus mesurés lors du démantèlement manuel des DEEE
Percentage of measurements for the 10 most measured chemical agents during EEEW manual dismantling

Percentage of measurements for the 10 most measured chemical agents during EEEW manual dismantling



des données concernant ce secteur. La répartition des mesures de 10 agents chimiques les plus mesurés est représentée sur la *Figure 1*. Les résultats statistiques sont présentés dans le *Tableau III*.

Le broyage est une étape omniprésente dans ce secteur. Il peut se faire sur le site ou être externalisé. Une exploitation plus précise des données de la base COLCHIC, en ne tenant compte que des prélèvements concernant les postes de surveillance et de conduites des installations de broyage et de tri dans le secteur 37.1Z, a été réalisée. Au cours de la période 1986-2006, 28 interventions ont été effectuées dans 16 établissements générant ainsi 701 résultats de mesures d'exposition. Plus de 86 % des mesures concernent les métaux, les poussières inhalables ne représentant que 7,6 % de ces mesures. Les résultats sont présentés dans le *Tableau IV*.

L'activité de récupération de matériaux métalliques recyclables est une activité polluante. Les niveaux d'exposition, synthétisés dans le *Tableau III*, indiquent que la moitié des mesures est supérieure aux VLEP du plomb et du cadmium et que plus d'un quart des mesures concernant le nickel sont supérieures à sa VLEP. Il faut noter que 10 % des niveaux d'exposition au plomb sont supérieurs à 4 fois la VLEP alors que 10 % des niveaux d'exposition au cadmium sont supérieurs à 20 fois la VLEP.

Les observations faites pour le secteur d'activité dans sa globalité restent valables si le poste de travail est précisé. Les synthèses des niveaux d'exposition pour le secteur 37.1Z et le poste de conduite et de surveillance des installations de broyage et de tri sont reprises dans le *Tableau IV*. Ils sont plus élevés. Pour le plomb, 50 % des mesures sont inférieures à 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 43,75 % des mesures sont supérieures à la VLEP et 25 % des mesures sont supérieures à près de 2 fois la VLEP. Pour le cadmium, 52 % des mesures sont supérieures à la VLEP et 25 % des mesures sont supérieures à 2 fois la VLEP. Pour le nickel, plus de 57 % des mesures sont supérieures à la VLEP et 25 % des mesures sont supérieures à un peu moins de 4 fois la VLEP.

LE SECTEUR 37.2Z

Une seconde exploitation de la base COLCHIC a été réalisée pour le code NAF 37.2Z. Cependant, ce secteur regroupe de nombreux procédés de récupération de matériaux très divers : papiers, textiles, plastiques, caoutchouc.

TABLEAU VI

Niveaux d'exposition mesurés lors du démantèlement de DEEE
Exposure measurements during EEEW dismantling

Agent chimique	VME	Nb de résultats	P>VME	Moyenne	Médiane	Etendue	Percentile	
							75	90
Poussières inhalables (mg/m ³)	-	31		2,91	1,30	<0,01-40,80	2,39	3,80
Plomb (µg/m ³)	100,00	31	19,35 %	83,04	11,00	1,10-1 050,00	27,00	275,00
Cadmium (µg/m ³)	50,00	28	3,57 %	13,62	0,50	0,30-246,00	0,85	32,00
Aluminium (mg/m ³)		22	0,00 %	0,14	0,09	<0,01-1,13	0,13	0,17
Fer (mg/m ³)		31	-	6,50	0,06	0,01-198,00	0,12	0,21

TABLEAU VII

Gisement des déchets de l'automobile
Car waste production

Déchets	Quantité	Agents chimiques identifiés
VHU	1,6 Mt	Hydrocarbures, lubrifiants, liquides de refroidissement, métaux, freins, batteries.
Pare-brise	30 kt	Verre
Matières plastiques dont pare-chocs	145 kt 20 kt	
Batteries	6,3 millions d'unités	Acide sulfurique, plomb
Plaquettes de frein	10 millions d'unités	Fibres d'amiante
Amortisseurs	10 millions d'unités	Huiles hydrauliques
Huiles moteurs	286,6 kt	Hydrocarbures
Filtres à huile et à carburant	60 kt	Métaux, hydrocarbures, lubrifiants,
Bidons de lubrifiants	6 millions d'unités	Lubrifiants
Pots catalytiques	300 000 unités	Métaux précieux
Pneumatiques	354,1 kt	Caoutchouc, Noir de carbone, fibres textiles, oxyde de zinc, soufre, additifs

TABLEAU VIII

Taux de réemploi et de valorisation parus dans le décret 2003-727
Rate of reuse and increase in value imposed by French decree n°2003-727

	Au 1 ^{er} Janvier 2006	Au 1 ^{er} Janvier 2015
Taux de réemploi/valorisation	Minimum 85 % de la masse totale des véhicules traités	Minimum 95 % de la masse totale des véhicules traités
Taux de réemploi/recyclage	Minimum 80 % de la masse totale des véhicules traités	Minimum 85 % de la masse totale des véhicules traités

Les sites d'équarrissages sont également répertoriés dans ce secteur d'activité. Pour ce secteur, 1 813 résultats sont répertoriés dans la base COLCHIC. Les 11 agents chimiques les plus recherchés sont représentés sur la *Figure 2*.

La diversité des agents chimiques mesurés dans le secteur 37.2Z ne permet pas d'extraire des statistiques exploitables, d'autant plus que les déchets traités ne sont pas précisés. Le *Tableau V* répertorie les calculs statistiques concernant les poussières inhalables composées de divers agents chimiques.

Les poussières inhalables ne peuvent

pas être considérées sans effet spécifique. En effet, le plomb est répertorié dans les 11 agents chimiques les plus mesurés dans ce secteur. Les niveaux d'exposition sont élevés. Les salariés sont probablement exposés à des mélanges complexes d'agents chimiques

LE DÉMANTÈLEMENT MANUEL DES DEEE

Une exploitation de la base COLCHIC a été réalisée sur une tâche plus précise : le démantèlement manuel des DEEE, quel que soit le secteur d'activité. Les

résultats concernant les métaux représentent 70,3 % de l'ensemble des résultats répertoriés pour cette tâche. *La Figure 3* hiérarchise les 10 agents chimiques les plus recherchés. Le *Tableau VI* synthétise les résultats de l'exploitation de la base COLCHIC concernant les poussières inhalables et les 4 métaux les plus mesurés.

L'opération de démantèlement des DEEE est source d'exposition aux poussières contenant des métaux. Le petit nombre de mesures ne permet pas une interprétation judicieuse des données. Il faut toutefois noter la présence de plomb et de cadmium à des teneurs pouvant dépasser la VLEP.

LA FILIÈRE DE GESTION DES DÉCHETS AUTOMOBILES

GÉNÉRALITÉS

La filière des déchets de l'automobile regroupe la réparation automobile et l'élimination et la valorisation des VHU. Ces deux activités produisent les mêmes déchets qui seront traités sans distinction d'origine.

L'huile de moteur, les liquides de freins et de refroidissement, la batterie sont considérés comme des déchets dangereux. Un VHU non dépollué contient ces éléments, il sera donc considéré comme un déchet dangereux avant son traitement. Les autres éléments d'un VHU, les Pneumatiques Usagés (PU), les vitres, les pare-brise, les plastiques, la sellerie, les pièces métalliques et la carcasse sont des déchets non dangereux.

Les gisements de VHU et des déchets provenant de la réparation de l'automobile sont indiqués dans le *Tableau VII* [32], [33]. Le tonnage global concerné est compris entre 2 et 2,5 millions de tonnes.

Selon un rapport de l'ADEME, en 2005, les huiles usagées peuvent être classées en 2 catégories [34] :

- **Les huiles moteur : 253,6 kt :**
 - voitures de tourisme : 138,1 kt (108,8 kt d'huile pour moteurs essence et 29,3 kt pour moteurs diesel) ;
 - moteurs diesels utilitaires : 107,5 kt ;
 - avions et autres moteurs : 8,0 kt ;
- **Les autres huiles automobiles : 33,0 kt :**
 - Huiles noires : huiles de transmission automatique et huile pour engrenage ;
 - Huiles claires : huiles pour amortisseurs et liquides de frein.

En septembre 2005, le gisement de pneumatiques est de 354,1 kt [35] :

- 235,9 kt provenant des véhicules légers ;
- 85,4 kt provenant des poids lourds ;
- 1,9 kt provenant des scooters ;
- 20 kt provenant d'engins agricoles GC1 ;
- 10,2 kt provenant du génie civil CG2 ;
- 0,7 kt provenant des avions.

Les pneumatiques représentent des quantités unitaires importantes qui dépendent de leur origine. Une tonne de pneumatiques correspond à 153 pneumatiques de véhicules légers ou de tourisme ou à 19 pneumatiques de poids lourds [35].

LE DÉMANTÈLEMENT ET LA DÉPOLLUTION DES VHU

Le procédé

La première étape du traitement d'un VHU est la dépollution. Les fluides (liquide de frein et de refroidissement) sont collectés, la batterie est retirée. Le carburant est récupéré par les salariés par pompage du réservoir ou en dévissant le bouchon placé en dessous du réservoir. Ils peuvent également le percer à l'aide d'un outil tranchant ou d'un tournevis.

Ensuite, les pièces mécaniques ou de carrosserie, pouvant être vendues en tant que pièces d'occasion, sont enlevées. La carcasse, contenant le plus souvent la sellerie, les plastiques (tableau de bord, pare-chocs), les vitres, est expédiée vers un centre de broyage. Le décret n°2003-727 impose des taux de recyclage et de valorisation à échéance du 1^{er} janvier 2006 et du 1^{er} janvier 2015 (*Tableau VIII*) [9] et obligent à des démontages complémentaires aux pratiques actuelles.

Caractérisation des expositions

Un VHU contient de nombreux agents chimiques potentiellement dan-

gereux pour la santé humaine : hydrocarbures contenant du benzène, fibres d'amiantes et céramiques... Lors des visites d'établissements, plusieurs sources d'exposition ont été identifiées :

- La dépollution d'un VHU amène les opérateurs à manipuler des batteries, parfois en mauvais état. L'acide sulfurique qu'elles contiennent peut s'échapper et provoquer des brûlures graves.

- Les fluides sont aspirés. Les huiles contiennent des suies, des phénols, des phtalates, des métaux lourds, du chlore, des acides organiques et des HAP. Le système d'aspiration, présent chez la plupart des démolisseurs agréés, n'expose pas les opérateurs par voie cutanée. Par contre, lors de l'ouverture des réservoirs, la tension de vapeur des produits entraîne l'émanation de vapeurs qui peuvent alors être inhalées.

- Le carburant, s'il est parfois pompé, est le plus souvent récupéré en perçant le réservoir ou en retirant le bouchon prévu pour le vidanger. Les opérateurs sont, à la fois, exposés par voie respiratoire aux vapeurs d'hydrocarbures, mais également par contact cutané en raison de l'écoulement de l'essence sur les membres supérieurs.

- Les freins, surtout s'ils ont été produits avant 1997, contiennent de l'amiante. Même s'ils ne sont pas récupérés ou retirés du véhicule, les salariés sont à proximité, notamment quand ils retirent les roues.

- Les pièces destinées à la revente sont dégraissées à l'aide d'un solvant spécial. Lors de l'opération de dégraissage, des aérosols à base d'huile peuvent se former et être inhalés par les opérateurs. Ces derniers peuvent également être exposés par voie cutanée par contact avec le visage ou les mains.

Si les risques rencontrés dans la dépollution des VHU sont relativement semblables à ceux de la réparation automobile, ils sont exacerbés du fait de la répétition de la tâche, mais surtout du mauvais état du véhicule et de ses éléments.

Les expositions sont multiples avec des phénomènes de co-exposition qui ne sont pas négligeables. La principale voie d'exposition est la voie respiratoire. Cependant, lors de la récupération du carburant, la voie cutanée peut constituer la voie d'exposition majeure.

LE BROYAGE DES CARCASSES

Le procédé

Les VHU, après dépollution et récupéra-

tion des pièces pouvant être réutilisées, sont broyés afin de valoriser les différents éléments. A la sortie du broyeur, un flux d'air à contre-courant permet d'éliminer les éléments inertes, tels que le caoutchouc, les matières textiles. Un tambour magnétique permet ensuite d'extraire du flux, la fraction ferreuse. Les métaux non ferreux restants sont alors criblés pour séparer les éléments les plus fins. Un courant de Foucault permet de récupérer les métaux non ferreux et, notamment, l'aluminium. Le résidu est alors trié par un opérateur pour retirer les corps étrangers des métaux non ferreux, en particulier les bobinages de cuivre. Le fer sera expédié vers les aciéries, l'aluminium vers les fonderies.

Caractérisation des expositions

Un VHU, même dépollué, est encore une source d'exposition. En effet, il contient des éléments métalliques, des plastiques, du verre, les filtres à huile et à carburant, les Airbags, les fluides de climatisation (ceci devrait rapidement évoluer avec la nouvelle réglementation). Tous ces éléments sont broyés et susceptibles de libérer des agents chimiques toxiques.

Si l'opération de broyage est une opération entièrement automatisée, les étapes de tri intervenant ensuite ne le sont pas toutes. Lors du tri des matériaux inertes, même si le broyage est grossier, de fines particules de silice, de plastiques ou de pneumatiques peuvent se trouver en suspension, de même que des fibres textiles. Les opérateurs se trouvant à proximité de la zone de stockage de ces matières peuvent être exposés à ces composés.

L'étape finale de tri est assurée par un opérateur. Celle-ci se situe, le plus souvent, dans un local fermé dans lequel la température est relativement élevée. En effet, les différents éléments se sont échauffés lors du broyage. La chaleur favorise la volatilisation des agents chimiques contenus dans les traces d'huile et de carburant encore présentes dans les réservoirs et les filtres.

LA VALORISATION DES PNEUMATIQUES USAGÉS (PU)

Le procédé

Parmi les déchets de l'automobile, les PU représentent une part importante. Ils proviennent soit de l'entretien automobile, lors du remplacement par des pneumatiques neufs, soit des VHU.

Ils sont, dans le cadre de la nouvelle régle-

mentation, principalement collectés, depuis mars 2004, par des entreprises référencées par les sociétés ALIAPUR, FRP et Norauto. Elles prennent en charge et financent l'ensemble de la filière de collecte, de tri, de traitement et de valorisation.

Les pneus provenant de poids lourds peuvent être séparés des pneus des véhicules légers. Les deux flux sont traités séparément, mais peuvent, dans certains cas, l'être dans la même installation.

Ils sont broyés afin d'obtenir des broyats de taille prédéfinie. L'installation est placée sous un flux d'eau afin d'éviter l'échauffement des copeaux. Un opérateur contrôle les pneumatiques avant leur introduction dans le broyeur. Il enlève les pneumatiques non conformes provenant de moto ou de bicyclette ainsi que les chambres à air. Après broyage, une tonne de pneumatiques représente 2 m³.

Les broyats sont ensuite expédiés, soit en cimenterie pour servir de combustible, soit chez un granulateur où ils sont alors transformés en poudrettes ou en granulats. Les copeaux de PU sont de nouveau broyés pour former de la poudrette de diamètre variable. A la sortie du broyeur, le mélange est hétérogène. Outre le caoutchouc, il contient du textile et de la ferraille. Cette dernière sera retirée par aimantation et un flux d'air à contre-courant entraînera les fibres textiles.

Caractérisation des expositions

Un pneumatique usagé (PU) est composé de caoutchouc (48 %), de noir de carbone (22 %), d'acier (15 %), de textile (5 %), d'oxyde de zinc (1 %), de soufre (1 %) et d'additifs (8 %) [35].

Le broyage des pneumatiques, effectué en milieu humide, ne semble pas constituer une source d'exposition pour les salariés.

Contrairement à la production de copeaux, la fabrication de poudrettes ou de granulés se fait par voie sèche. Ce procédé génère beaucoup de poussières. Une étude menée dans deux établissements fabriquant de la poudrette dans la région de Taïwan a permis d'identifier un certain nombre d'agents chimiques présents dans les atmosphères des ateliers de travail. Les composés organiques volatils identifiés sont les composés aromatiques (propylbenzène), des cétones (méthyléthylcétone), des monomères (styrène), des HAP (naphtalène, 1-méthylnaphtalène), des esters (bis(2-éthylhexyl)phtalate) et des additifs (benzothiazole). Des fibres de nylon ont également été identifiées dans les échantillons [36].

L'utilisation de ces poudrettes nécessite l'emploi de colles, de résines permettant de lier les particules entre elles, tout comme le rechapage des pneumatiques.

LE TRAITEMENT DES FILTRES À HUILE

Le procédé

Les filtres à huile proviennent essentiellement de l'entretien des véhicules. Ils sont composés de métal, de papier et d'huile usagée représentant 20 % du poids du filtre [34].

Les filtres sont stockés dans une fosse avant de subir un premier tri manuel permettant de retirer les éléments indésirables. Les filtres sont ensuite broyés et centrifugés. Les hydrocarbures sont alors séparés du mélange papier-ferraille. La fraction métallique est ensuite débarrassée du papier par action magnétique. Les deux flux sont pressés pour éliminer le maximum de lubrifiant.

Le métal sera expédié en fonderie, le papier sera incinéré et les lubrifiants seront traités en centre spécialisé. S'ils contiennent moins de 30 % d'impuretés, ils seront régénérés. Au-delà de 30 % d'impuretés, ils seront incinérés.

Caractérisation des expositions

Lors du traitement des filtres, le broyage et la centrifugation peuvent être à l'origine de la formation de brouillards d'huile et de l'émission d'aérosols. Une huile moteur usagée est composée de suies, de résines, de métaux lourds, d'acides organiques issus de l'oxydation partielle de l'huile, de chlore provenant de certains additifs et de composés aromatiques tels que les HAP, de phénols et de phtalates. Les aérosols susceptibles d'être émis au cours du procédé de traitement peuvent contenir tous ces éléments.

POPULATION POTENTIELLEMENT EXPOSÉE

Selon un rapport de l'ADEME, le nombre de démolisseurs automobiles est estimé entre 2 000 et 3 000 sites [37]. Parmi eux, 900 à 1 200 sont des installations classées pour la protection de l'environnement et 400 sites sont certifiés Qualicert. Il est cependant difficile d'identifier l'ensemble des sites de déconstruction de VHU, étant donné que la plupart d'entre eux exercent une activité de commerce de pièces neuves ou d'occasion issues du démantèlement des véhicules. Ces établissements sont rattachés au secteur du commerce de véhicules ou de pièces neuves. Le nombre de salariés présents dans les centres de démantèlement est difficile à estimer. Cependant, la mise en place de la nouvelle réglementation VHU conduit à ce que, pour exercer, les démolisseurs doivent désormais être agréés, le nombre des entreprises étaient de près de

1000 à fin 2006. D'après les constatations faites lors des visites d'établissements, le nombre moyen de salariés employés sur un site est de 10.

En France, une vingtaine de sociétés de broyage réparties sur une quarantaine de sites sont agréées pour broyer des VHU, en plus des autres matériaux métalliques, comme les DEEE. La plus importante société regroupe à elle seule les 2/3 de la capacité nationale de broyage. Les établissements sont classés en 37.1Z, récupération des matières métalliques recyclables. L'effectif de chaque centre est très variable. De manière générale, moins de 50 personnes sont employées dans les sites de broyage. Au total, il y aurait donc 2 000 salariés travaillant dans cette filière.

Deux établissements valorisent les filtres à huiles sur le territoire français. Moins de 10 salariés sont employés à cette tâche sur les sites.

Depuis 2004, la société ALIAPUR, principale structure avec 81 % de part de marché, s'occupe de gérer les déchets de pneumatiques suite à la parution du décret n°2002-1563 du 24 décembre 2002 [9]. Elle a en charge la mise en place de collecte et le bon fonctionnement des plate-formes de traitement. La collecte se fait auprès des garagistes avec mise à disposition des bennes par une centaine de collecteurs agréés. Selon ALIAPUR, il y a, en France, 8 plate-formes de tri et broyage, chacune employant moins de 20 salariés [35].

LA FILIÈRE DE GESTION DES DÉCHETS D'ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES

GÉNÉRALITÉS

Le gisement des DEEE est de 1,7 millions de tonnes avec une augmentation de 4 % environ chaque année, malgré une diminution du poids des appareils. Cette augmentation est due aux modes de consommation actuels [38].

Selon l'ADEME, 50 % des DEEE seraient issus des ménages et répartis de la manière suivante [38] :

- 23 % de gros électro-ménagers (GEM) froid (réfrigérateur, congélateur)

TABLEAU IX

Résultats de la campagne de récupération en agglomération nantaise [39]
Results of EEEW recovery campaign conducted in the Nantes urban area

Éléments extraits	Ecrans	PAM	GEM froid	GEM hors froid
Gisement	422,6 tonnes	179,2 tonnes	51,6 tonnes	24,2 tonnes
Ferreux	7,2 %	38,5 %	40,8 %	59,8 %
Non ferreux	0,004 %	10,8 %	6,6 %	3,1 %
DIB	15,0 %	10,3 %	4,8 %	25,1 %
Polymères	6,2 %	19,5 %	24,2 %	11,9 %
Métaux mélangés	7,7 %	17,2 %	21,6	-
Éléments mercuriels	0,0002 %	0,005 %	0,001 %	-
Câbles	1,1 %	1,2 %	0,3 %	-
Huiles	-	0,12 %	0,7 %	-
Condensateurs	0,003 %	0,03 %	-	-
Cartes électroniques	9,1 %	1,8 %	-	-
Piles et accumulateurs	0,001 %	0,2 %	-	-
LCD	0,002 %	0,02 %	-	-
Tubes cathodiques	53,7 %	0,06 %	-	-
Cartouches d'encre	-	0,2 %	-	-
Amiante	-	0,002 %	-	-
Inox	-	0,07 %	-	-
Gaz frigorigère	-	-	1,0 %	-

- 54 % de GEM hors froid (lave-linge, cuisinière...)

- 14 % de téléviseurs et de moniteurs
- 9 % de petits appareils en mélange (PAM) et téléphones.

Une étude menée sur la communauté urbaine de Nantes, sous l'égide de la société SCERLEC, a permis d'établir des bilans matières concernant les principales familles de DEEE. Ces bilans, précisés dans le *Tableau IX*, ont été réalisés après avoir mis en œuvre un traitement approprié : démantèlement pour les écrans, broyage et séparation des éléments pour le GEM et les PAM. Leur composition est très variable tant en éléments qu'en pourcentages [39].

LE DÉMANTÈLEMENT DES DEEE

Le procédé

Les DEEE arrivent sur les plates-formes de traitement où ils vont subir, dans de nombreux sites, un premier tri afin de séparer le matériel destiné à être remis en état et revendu du matériel destiné à être démantelé. Dans le dernier cas, il s'agit d'appareils en panne ou trop vétustes. Le GEM et le matériel brun (téléviseur, appareils audio et vidéo) ou gris (matériel d'informatique et de bureautique) sont traités séparément, mais le principe est le même : dépollution, démantèlement et valorisation.

Le traitement du GEM consiste à :

- débarrasser les appareils des câbles, des cartes électroniques, des plastiques et du bloc de béton dans le cas des machines à laver ;

- d'aspirer, à l'aide d'une pompe branchée sur le compresseur de l'appareil, les fréons et les huiles contenus dans les réfrigérateurs et les congélateurs ;

- de trier les condensateurs en fonction de la présence ou non de PCB.

Le bloc de béton, considéré comme un déchet inerte est expédié en décharge de classe 3. Les fluides sont traités en centre d'incinération ou de régénération. Les ferrailles et les carcasses métalliques sont expédiées vers une unité de broyage. Les condensateurs sont expédiés vers un centre de regroupement pour DTQD. Les câbles, cartes électroniques et certains plastiques sont revendus à des opérateurs spécialisés.

Le traitement du matériel brun et gris concerne les imprimantes, les unités centrales, les écrans, les téléphones, les photocopieurs... Les opérateurs ouvrent l'appareil. Ils sectionnent les câbles pour les retirer puis séparent les différents éléments. Ces derniers sont triés en fonction de la filière de valorisation qu'ils vont suivre :

- les disques durs, les câbles, les boîtiers d'alimentation, les lecteurs de disquettes et de CD Rom sont broyés pour récupérer le métal ;

- les transformateurs sont dépollués avant d'être broyés ;

- les parties en aluminium sont expédiées chez des affineurs ;

- les cartes électroniques seront valorisées pour récupérer les métaux précieux et le cuivre ;

- les piles sont expédiées en centre de traitement spécialisé ;

- les plastiques sont incinérés ou stockés ;

- les éléments métalliques, comme les bâtis, sont traités avec les ferrailles ;

- les tubes cathodiques sont envoyés en centres spécialisés.

Caractérisation des expositions

Lors de l'utilisation des équipements, l'effet électrostatique est un des facteurs de dépôt de poussières, essentiellement au niveau des ventilateurs et des ouïes d'aération présents dans les appareils pour éviter l'échauffement du matériel. La manipulation des déchets entraîne une mise en suspension des particules. Elles peuvent, en outre, contenir des champignons et des acariens, source d'allergie pour certaines personnes.

Au cours de cette étape de démantèlement, les dangers identifiés dépendent du déchet traité :

- Les toners et les cartouches d'encre encore présents dans les imprimantes et les photocopieurs contiennent du noir de carbone, des pigments pour la couleur. Selon une étude de l'ADEME, la composition des résidus d'encre sèche encore présents dans les toners dépend du fabricant et de la nature du toner : noir ou couleur. De manière générale, l'encre de toner est constitué d'un copolymère de styrène et de méthacrylate de n-butyl, de polyvinyle, de chromate et de noir de carbone (pour la couleur noire), de différents pigments (pour les couleurs). Le composé majoritaire dans les résidus est le copolymère. L'encre liquide contenue dans les cartouches est composée d'eau déminéralisée, de glycol, de biocide, de colorants [40].

- Les éléments électriques et électroniques sont composés de nombreux métaux [41] :

- le plomb est présent dans les écrans, les soudures, les blocs d'alimentation, les accumulateurs au plomb, les éléments électroniques ;

- le mercure est présent dans les piles, les lampes fluorescentes, les écrans LCD des téléviseurs, des écrans ou des téléphones portables ;

- le cadmium est présent dans les blocs d'alimentation, les piles, dans les tubes cathodiques, les câbles et les circuits imprimés ;

- le béryllium est présent dans les cartes mères sous forme d'oxyde de béryllium, d'alliages cupro-béryllium ;

- le chrome VI est présent dans les moniteurs sous forme de pigments ou d'agent durcisseur ;

- l'antimoine est présent dans les ver-

res des tubes cathodiques, les câbles et les boîtiers d'ordinateurs en plastique ;

- le baryum est essentiellement présent dans le verre des tubes cathodiques.

- Les ignifugeants bromés sont présents dans les plastiques des boîtiers électroniques et les cartes de circuits imprimés en tant que retardateurs de flamme.

Le démantèlement des DEEE est une activité entièrement manuelle, qui met en suspension de nombreux agents chimiques dont les effets synergiques sont méconnus. Dans cette filière les expositions sont à la fois cutanée et respiratoires.

LE TRAITEMENT DES TUBES CATHODIQUES

Le procédé

Les tubes cathodiques provenant de moniteurs informatiques, de téléviseurs, de minitels subissent un traitement particulier. La présence de la couche de luminophores composés d'éléments toxiques nécessite de prendre des précautions particulières lors du démantèlement, afin de ne pas mettre en suspension les fines particules facilement inhalables. Cependant, ils sont souvent stockés sans précaution particulière. Il n'est donc pas rare de constater que des écrans sont brisés, libérant ainsi les luminophores.

Après avoir ouvert le boîtier en plastique ou en bois selon l'âge de l'appareil, les opérateurs séparent les câbles, les cartes électroniques. Le tube cathodique est remis à la pression atmosphérique en perçant une pastille située sur le cône et prévue à cet effet. Cette opération est nécessaire pour limiter les risques d'implosion du tube lors de sa manipulation. Le déviateur en cuivre situé à l'extrémité du cône est séparé du tube. Il sera traité pour récupérer le cuivre dans une fonderie.

Le tube cathodique, ainsi débarassé des éléments extérieurs, peut être traité sur place sur une plate-forme spécialisée ou être expédié vers l'une des 8 plates-formes françaises de dépollution de tubes cathodiques [42].

Deux procédés de dépollution existent : le procédé de préparation et de dépollution, appelé procédé VICOR (VIdeo COmputer Recycling) et le procédé de broyage et de séparation des poudres.

- Le procédé VICOR se déroule en deux étapes. La première étape consiste à vérifier la remise à la pression atmosphérique. L'opérateur sectionne ensuite la bande anti-implosion sertissant le tube,

le plus souvent à l'aide d'une meule. La seconde étape est l'étape d'ouverture et de dépollution proprement dite. Le tube est placé sur une table aspirante. Un capteur optique vient détecter l'emplacement de la soudure entre le cône et la dalle. A l'aide d'un diamant, une rainure est faite au-dessus de la soudure. Un choc thermique vient ensuite séparer les deux éléments. L'opérateur enlève le cône, le masque métallique. A l'aide de l'aspirateur propre au procédé, il retire les luminophores déposés sur la face interne de la dalle.

- Le procédé de broyage ne nécessite aucune préparation au préalable, si ce n'est d'enlever la carte électronique et le déviateur en cuivre. Le tube est introduit dans le broyeur. En sortie de l'installation, les granulats de natures différentes sont séparés par des techniques adaptées. Les poudres sont récupérées par voie humide.

Quelle que soit la technique, le devenir des composants extraits est le même. Le verre est expédié chez un verrier pour être de nouveau transformé en verre pour tubes cathodiques. Cependant, avec l'apparition des écrans plasma, il est nécessaire de trouver de nouveaux débouchés. Les luminophores sont stockés en centre d'enfouissement technique de classe I. Les métaux sont envoyés en fonderie.

Caractérisation des expositions

Les couleurs émises par le tube cathodique d'un moniteur ou d'un téléviseur sont dues à la présence de luminophores. Ils sont composés de sulfure de zinc pour le bleu, de sulfure de zinc et de cadmium pour le vert et d'un mélange d'yttrium et d'europium ou bien d'oxyde de gadolinium pour le rouge. Tous ces éléments sont dopés au cuivre, à l'aluminium ou à l'argent. Une couche conductrice à base de graphite, d'oxyde de fer et de silicate est également présente dans le tube cathodique. Le cône est constitué d'oxyde de plomb et la dalle d'un verre en oxyde de baryum. Les salariés sont en contact avec ces poudres, lorsqu'ils ouvrent le tube cathodique pour les aspirer.

Une exposition accidentelle est très fréquente car les tubes peuvent être endommagés à cause d'un mauvais stockage. Un défaut dans le verre peut être à l'origine de la casse du TRC lors du choc thermique. Dans ce cas, les salariés manipulent les éléments sans qu'ils soient dépollués. Lors de ces incidents, des particules sont libérées. Elles peuvent être inhalées par les opérateurs.

LE TRAITEMENT DES CARTES ÉLECTRONIQUES

Le procédé

Les cartes électroniques sont expédiées en centre de traitement pour récupérer les métaux précieux. Ces dernières années, la quantité de métaux précieux, notamment l'or, est de plus en plus faible sur les cartes électroniques, rendant de moins en moins rentable l'opération de récupération. Les établissements de ce secteur sont classés dans la catégorie des récupérateurs de métaux précieux. Ils ne traitent pas exclusivement des cartes électroniques, mais tout matériau contenant de l'or, de l'argent, du platine, du palladium.

Lors de la réception, les déchets sont triés en fonction de la présence ou non de métaux précieux. S'ils ne contiennent pas de métaux précieux, ils sont directement expédiés dans la filière de traitement adéquate. Par contre, s'ils contiennent des métaux précieux, ils sont de nouveau triés en fonction de leur teneur en or et de son accessibilité.

Si les composants contiennent de l'or en surface, deux procédés existent :

- soit l'or est dissout en présence de cyanure de calcium si la couche d'or est fine ;

- soit le support est dissout si la couche d'or est importante.

Si les composants sont riches en métaux précieux, ces derniers sont dissous puis précipités de manière sélective. Par contre, si les métaux précieux sont en faible quantité, le composant est broyé. L'analyse d'un échantillon permet de déterminer les différentes concentrations en métaux. Les lots de broyats sont ensuite expédiés dans des centres d'affinage du cuivre qui récupèrent les métaux précieux.

Dans tous les cas, les métaux récupérés sont affinés soit sur le site, soit par des centres spécialisés. Ils sont ensuite valorisés.

L'utilisation de composés chimiques tels que l'acide nitrique concentré, l'acide chlorhydrique, la soude, les cyanures, l'ammoniac, le bisulfite de sodium, le dioxyde de soufre, est nécessaire pour séparer les différents métaux. L'oxyde de plomb est utilisé pour précipiter les métaux de façon sélective.

Caractérisation des expositions

Les cartes électroniques contiennent des métaux précieux, du silicium. Actuellement, le seul procédé permet-

tant de séparer et de récupérer les différents éléments est le broyage. Lors de cette opération, des particules facilement inhalables de métaux constituent un mélange complexe dont la synergie des effets sur la santé des travailleurs est mal connue. Pour séparer les différents métaux, l'utilisation de nombreux réactifs rend complexe l'exposition.

Des cas de béryllose ont été diagnostiqués dans les industries fabriquant des alliages en cupro-béryllium. Cet alliage est présent dans les circuits imprimés. Etant donné que la VLEP du béryllium est de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, les doses pour que les salariés soient sensibilisés au béryllium sont faibles. Au cours de la conférence internationale sur le béryllium, il a été constaté qu'aucun cas de sensibilité au béryllium n'avait été diagnostiqué en dessous de $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Lors du broyage des cartes électroniques, le béryllium peut être mis en suspension et inhalé par les opérateurs [43].

LE TRAITEMENT DES CÂBLES

Le procédé

Le traitement des câbles se décompose en deux étapes. Tout d'abord, la préparation des câbles est une activité manuelle. Les salariés trient les déchets en fonction de la nature de métal, les câbles en cuivre et les câbles en aluminium. Ils peuvent être aidés par une grue qui étale les câbles. Si cela est nécessaire, ils découpent les câbles à une longueur donnée pour faciliter le broyage. Les câbles sont ensuite introduits dans un pré-broyeur. Il est parfois nécessaire d'ajouter du talc pour éviter le colmatage des machines. Le câble pré-broyé est ensuite acheminé vers le broyeur pour obtenir la granulométrie désirée.

Pour séparer les éléments métalliques et les matières plastiques, deux procédés existent :

- Le premier procédé consiste à séparer la grenaille et la fraction légère. Cette dernière est ensuite dirigée vers une table à eau. Cette étape permet de séparer les matières plastiques des éléments métalliques encore présents. Le principe réside sur la masse des granulats. L'eau entraîne les éléments les plus légers.

- Le second procédé consiste à séparer les éléments métalliques par électromagnétisme, ou courant de Foucault, de la matière plastique.

La grenaille est ensuite expédiée chez les affineurs. Le plastique est incinéré ou mis en décharge. Les éléments

métalliques, tels que les carcasses, sont expédiés dans un centre de broyage qui traite principalement des VHU.

Caractérisation des expositions

Le broyage des câbles génère des poussières composées d'un mélange de plastiques et de métal, aluminium ou cuivre.

L'exposition, dans cette activité est peu complexe puisque peu de matériaux composent un câble. Elle concerne donc le plastique, l'aluminium et le cuivre. A ce mélange, il faut également ajouter la présence de talc que certains établissements ajoutent pour limiter le colmatage des broyeurs.

POPULATION POTENTIELLEMENT EXPOSÉE

Dans la filière de gestion des DEEE, les établissements sont le plus souvent classés dans les secteurs d'activité NAF 37.1Z et 37.2Z. Quelques sites sont classés dans les secteurs du commerce ou de l'insertion professionnelle. Ils peuvent également être une filiale d'une entreprise ayant une autre activité principale, comme le traitement des ordures ménagères, par exemple. De ce fait, il est difficile de connaître avec exactitude le nombre de salariés exposés. L'ADEME indique dans son inventaire de juin 2004 que 227 sites de traitement de DEEE et de leurs composants sont implantés sur le territoire [42]. En prenant les données disponibles sur le site de l'UNEDIC, les secteurs 37.1Z et 37.2Z regroupent 2 573 établissements et emploient 26 895 salariés [31]. Le nombre d'établissements de traitement des DEEE représente environ 9 % de l'ensemble des établissements de ces secteurs. Par extrapolation, il y aurait 2 500 salariés traitant les DEEE. D'après les visites effectuées, la plupart des sites emploient entre 10 et 15 salariés en moyenne. Par approximation, le nombre de salariés serait de 2 800 salariés environ. Les 2 estimations sont relativement proches, ce qui permet d'estimer la population salariée dans la filière de traitement des déchets électriques et électroniques entre 2 000 et 3 000 salariés. Ce nombre aura tendance à augmenter dans les années à venir, car ce secteur est en pleine croissance. Entre 2001 et 2004, le nombre de sites de traitement présents sur le territoire français a augmenté de 22 % pour atteindre 227 procédés en juin 2004 contre 186 en mai 2001 [42, 44].

Concernant le démantèlement des DEEE, ADEME a répertorié 85 sites.

Chacun d'entre eux emploie en moyenne 20 salariés. Sur le plan national, il y aurait environ 1 700 salariés employés à cette tâche [42].

Selon l'inventaire réalisé par l'ADEME, 8 établissements traitent les tubes cathodiques avec le procédé VICOR. Les sites visités emploient environ 10 personnes pour cette opération. Il y a donc 80 personnes potentiellement exposées lors de la dépollution des TRC [42].

Dans cet inventaire, 4 établissements récupèrent les métaux précieux sur les cartes électroniques. Le centre de traitement qui a été étudié employait 9 personnes. Par extrapolation, il y aurait 40 personnes dans cette filière [42].

De même, l'ADEME estime à 20 le nombre de sites de traitements des câbles. D'après les observations faites sur le terrain, moins de 5 salariés sont nécessaires pour le bon fonctionnement des installations. Il y aurait donc au maximum 100 personnes employées à cette tâche [42].

LA FILIÈRE DE GESTION DES EMBALLAGES INDUSTRIELS

GÉNÉRALITÉS

Les emballages se répartissent en 3 catégories [45] :

- les emballages primaires directement en contact avec le produit qu'ils contiennent ;
- les emballages secondaires enveloppant l'emballage primaire et pouvant en contenir plusieurs ;
- les emballages tertiaires facilitant le stockage et le transport.

Il faut également faire la distinction entre les emballages non souillés,

TABLEAU X

Répartition de la quantité d'emballages en fonction de leur nature en 2004 [46]
Distribution of the package quantities according to type for the year 2004 [47]

Type d'emballage	Tonnage
Emballages métalliques	0,710 Mt
Emballages en papier et en carton	4,28 Mt
Emballages plastiques	1,98 Mt
Emballages en verre	3,13 Mt
Emballages en bois	2,3 Mt

considérés comme des déchets non dangereux et les emballages souillés, considérés comme déchets dangereux s'ils ont contenu une ou plusieurs matières toxiques.

Les emballages peuvent être en papier, en carton, en bois (palettes, cagettes), en plastiques souples ou durs, en acier, en aluminium ou en verre. En 2004, l'ADEME a estimé le gisement des emballages à 12,4 Mt dont la répartition, en fonction de leur nature, est donnée dans le *Tableau X* [46].

Deux filières permettent de valoriser ces déchets : le recyclage et la valorisation énergétique. En 2004, 7,6 Mt d'emballages ont été valorisés dont 6,3 Mt ont été recyclées et 1,3 Mt ont été valorisées énergétiquement [46].

LE PROCÉDÉ DE RÉUTILISATION

Les fûts plastiques et métalliques peuvent être réutilisés après un nettoyage et une remise en état. La première étape consiste à aspirer les produits encore présents dans les emballages à leur arrivée sur la plate-forme de traitement. Il peut parfois rester jusqu'à 8 kg de produit dans chaque fût.

Les fûts métalliques sont nettoyés soit à l'aide d'eau sous pression ou d'un solvant. Une brosse permet de nettoyer correctement les parois. Après le nettoyage, ils sont remis en état. Les étiquettes présentes sur les parois externes sont retirées à l'aide d'une meuleuse. Un opérateur applique la peinture sur les fûts avant de les placer dans un four pour le séchage. Si les emballages sont en mauvais état, s'ils ont contenu un produit toxique ou difficile à nettoyer comme la peinture, ils seront broyés. Ils peuvent alors être mélangés à des matières plastiques ou du papier. Dans ce cas, les déchets sont incinérés et les métaux seront concentrés dans les mâchefers. Ils peuvent être également expédiés en fonderie. Pour diminuer les volumes lors du transport et du stockage, ils sont pressés.

Le nettoyage des emballages plastiques se fait avec de l'eau sous pression à une température de 80°C de manière automatique à l'aide d'une brosse si le volume est inférieur à 200 litres. Pour les citernes de 1000 litres, l'opération n'est pas automatique, l'opérateur place la canne dans la citerne et nettoie l'extérieur. Si l'emballage est souillé par un solvant organique ou de la peinture, il est transformé en granulat et utilisé comme combustible pour l'incinération.

CARACTÉRISATION DES EXPOSITIONS

Dans la filière de réutilisation des emballages, plusieurs sources d'exposition ont été identifiées lors des visites de sites.

- La première source d'exposition provient des produits ayant été conditionnés dans les emballages. Ils peuvent être de toute nature. Certains industriels laissent des culots de produits dont la quantité peut aller jusqu'à plusieurs kilos de peintures, solvants, détergents... Sur la durée d'un poste de travail, les salariés peuvent être exposés à un nombre conséquent d'agents chimiques.

- La seconde source d'exposition provient de la remise en état des fûts :

- le lavage sous pression des fûts génère des aérosols contenant de fines gouttelettes d'eau ou de solvant tel que l'acétate de n-butyl. Ces aérosols peuvent être inhalés par les salariés se trouvant à proximité ;

- la remise en état d'un emballage métallique nécessite une étape de grainage et ponçage de l'extérieur du fût. Cette étape met en suspension des particules de peinture ;

- la dernière étape de la valorisation des fûts est l'application de peinture et le séchage. Lors de l'ouverture du four, une forte odeur de solvant est émise. Les salariés présents peuvent inhaler les vapeurs de solvants.

Si la première source d'exposition est difficile à définir puisque tous les produits sous forme de liquide ou de poudre peuvent être contenus dans les emballages, la seconde source est plus simple à déterminer.

POPULATION POTENTIELLEMENT EXPOSÉE

Les entreprises de traitement d'emballages industriels sont répertoriées sous le code d'activité NAF 28.7A fabrication de fûts et emballages métalliques similaires. Dans ce secteur, 21 établissements emploient 849 salariés, qui sont majoritairement des hommes. Cependant, tous ces établissements ne font pas de la régénération de fûts. Il est donc difficile d'évaluer le nombre de salariés potentiellement exposés [31].

LA FILIÈRE DE GESTION DES DÉCHETS TOXIQUES PRODUITS EN QUANTITÉ DISPERSÉE

GÉNÉRALITÉS

Les DTQD sont des déchets dangereux produits par les petites et moyennes entreprises, les artisans, les hôpitaux, les laboratoires, les établissements d'enseignement, certaines entreprises de service, etc. S'ils sont produits par les ménages, ils sont alors appelés déchets ménagers spéciaux (DMS). Plus récemment, l'ensemble est regroupé sous l'appellation de déchets dangereux diffus (DDD). Parmi les DTQD, on trouve des acides, des solvants, des sels métalliques, des peintures, des cartouches d'imprimantes, des pesticides, des thermomètres à mercure, des amalgames dentaires, des bains photographiques, des médicaments, etc. Le gisement est difficile à estimer à cause de la nature très différente des déchets et du nombre important de producteurs [47].

L'objectif du regroupement des DTQD est d'optimiser la gestion et le transport des déchets en immobilisant provisoirement avec mélange ou non des déchets de provenances différentes mais de natures comparables ou compatibles. Un pré-traitement peut être également effectué pour neutraliser les acides par les bases, par exemple. Les déchets regroupés sont ensuite expédiés dans des filières de traitement pour déchets dangereux.

La plupart des centres de regroupement de DTQD acceptent tous les déchets à l'exception des déchets biomédicaux, des produits contenant des PCB, de l'amiante sauf si elle est emballée, des déchets radioactifs, explosifs, fortement oxydants ou possédant un point éclair bas.

LE PROCÉDÉ

L'opération de regroupement est une opération entièrement manuelle. La diversité des contenants, tant en forme qu'en volume, ne permet pas d'industrialiser le processus. Une prise d'échantillon est faite dans chaque contenant à l'arrivée sur les plate-formes pour vérifier la conformité des lots avec le certificat d'acceptation de produits déli-

vré au préalable. Après identification, les déchets sont regroupés manuellement par nature dans des conditionnements plus grands. Les citernes sont ensuite expédiées vers des centres de traitement pour déchets dangereux.

CARACTÉRISATION DES EXPOSITIONS

Les dangers sont difficiles à identifier car ils sont multiples. Les centres peuvent accepter quasiment tous les types de déchets. Tous les dangers peuvent donc être répertoriés, mis à part les dangers liés aux explosifs ou dus à un agent pathogène.

L'opération de regroupement étant une opération manuelle, les salariés sont exposés quotidiennement et pendant la quasi-totalité de leur poste de travail. Dans cette activité, il ne faut pas négliger les effets mal connus des co-expositions.

POPULATION POTENTIELLEMENT EXPOSÉE

Les centres de regroupement des DTQD sont le plus souvent sur le même site qu'un centre de traitement pour déchets dangereux. Toutefois, le nombre d'opérateurs en charge de l'opération de regroupement est le plus souvent inférieur à 20 personnes. Il est difficile d'estimer le nombre de salariés car les établissements sont le plus souvent des filiales de groupes leader sur le traitement des déchets. Leur code NAF n'est donc pas en relation directe avec leur activité propre mais avec l'activité principale du groupe.

LA FILIÈRE DE GESTION DE VALORISATION DES PLUMES ET DES DUVETS

GÉNÉRALITÉS

Les plumes sont des déchets non dangereux dans le décret 2002-540 [4]. Dans le règlement européen CE 1774-2002, elles sont classées dans la catégorie 3 des déchets d'origine animale et des déchets dits valorisables [48, 49].

Les plumes sont essentiellement des plumes de canard. Elles proviennent

des abattoirs. Les sites de traitement sont à proximité des sites de production : Vendée, Sud-Ouest, Bretagne et Bourgogne.

Le gisement de plumes et de duvets de palmipèdes est 12 kt/an de plumes sèches [50]. Il faut faire la distinction entre les différents types de plumes (Tableau XI).

Dans la filière de traitement des plumes et des duvets, 35 % à 40 % des plumes traitées sont des déchets, composés à 90-95 % de grandes plumes et à 5-10 % de poussières. Ceci correspond à 4 à 5,5 kt de déchets [49].

En plus des plumes et duvets issus de l'abattage des palmipèdes, il faut également tenir compte des plumes de récupération. Ce secteur génère des plumes recyclées, des coutils, des déchets de plumes et des poussières organiques, minérales ou microbiennes.

LE PROCÉDÉ DE TRAITEMENT

La collecte des plumes est réalisée en milieu aqueux dans des bennes étanches. A l'arrivée sur la plate-forme, elles sont stockées dans un bassin aéré afin de limiter la fermentation. Un pré-tri permet de séparer du reste du mélange les grandes plumes destinées à l'incinération. Les plumes séparées de l'eau souillée sont ensuite lavées dans un mélange eau-bactéricide-dégraissant, avant d'être rincées et essorées. Elles subissent un étuvage à 120°C pour les sécher et inactiver certains micro-organismes. Un traitement anti-statique est aussi mis en oeuvre. Après refroidissement et dépoussiérage, les plumes sont triées par mise en suspension dans un flux d'air ascendant. Les chambres de triage ont une hauteur comprise entre 6 et 10 mètres et sont en bois pour éviter l'électricité statique.

Les grandes plumes issues du triage sont destinées à l'industrie de la chimie fine pour extraire des hydrolysats de kératine et des acides aminés tels que la cystine et la tyrosine. Les duvets sont homogénéisés pour obtenir des mélanges aux caractéristiques identiques. Ces derniers sont conditionnés dans des sacs de 25 à 30 kg. Ils sont ensuite pressés pour en réduire le volume.

Il existe d'autres filières de traitement. Avant l'interdiction des farines animales, les plumes et les duvets étaient transformées en farines et introduites dans l'alimentation animale car elles étaient riches en kératine. Les plumes de palmipèdes sont aussi uti-

TABLEAU XI

Répartition du gisement en fonction du type de plumes
Waste source distribution according to feather type

Plumes	Pourcentage
Grandes plumes et plumes plates	30 % à 45 %
Plumes	20 % à 25 %
Plumettes	10 % à 15 %
Duvets plumeux	5 % à 10 %
Duvets	8 % à 15 %

lisées dans la fabrication d'articles de literie et de vêtements chauds, en isolation en remplacement de la laine de roche. Compostées, elles peuvent servir d'amendement. Elles peuvent également être incinérées. Les plumes de volailles peuvent suivre les mêmes filières, à l'exception de l'isolation et des articles de literie. Les coutils et les déchets des plumes de récupération sont incinérés avec les ordures ménagères ou transformés en chiffons.

CARACTÉRISATION DES EXPOSITIONS

Mis à part le produit bactéricide utilisé lors du lavage des plumes et des duvets, il n'y a pas de danger d'origine chimique dans cette filière. Il faut toutefois noter la présence de poussières de plumes. Les plumes sont souillées à leur arrivée sur le site. Le danger est donc issu de la présence d'agents biologiques tels que le chlamydia psittaci à l'origine de l'ornithose.

POPULATION POTENTIELLEMENT EXPOSÉE

La filière de traitement des plumes et des duvets regroupe 26 établissements : 9 établissements de récupération, 14 établissements de fabrication et 3 établissements d'activités diverses [49]. Ils sont rattachés au code d'activité 17.4B, fabrication de petits articles de literie. Les deux principaux groupes du secteur de la préparation des plumes et des duvets emploient près de 300 salariés. Ils regroupent 5 établissements. L'effectif global de salariés dans ce secteur est de 2638 salariés. Mais ils ne sont pas tous employés dans la préparation des plumes et des duvets. L'effectif peut être estimé à moins de 1000 personnes.

TABLEAU XII

Exposition potentielle en fonction du traitement
Potential exposure according to waste treatment

Type de déchets traités	Nombre de salariés potentiellement exposés	Agents chimiques à l'origine de l'exposition	Exposition potentielle
Démantèlement de VHU	< 20 000 salariés	Acide sulfurique HAP Benzène hydrocarbures Métaux lourds amiante	+++
Regroupement des DTQD	< 1 000	Solvants Peintures Produits pharmaceutiques Produits phytosanitaires	+++
Recyclage des emballages industriels	849	Agents chimiques contenus dans les emballages Solvant de nettoyage Particules de peintures Vapeurs de solvant contenu dans la peinture	++
Broyage de carcasses de VHU	2 000 salariés	Métaux Fibres textiles Plastiques Caoutchouc Hydrocarbures	++
Valorisation de pneumatiques	< 160 salariés	Composés aromatiques Cétones Styrène HAP Benzothiazole	++
Traitement des filtres à huiles	< 10	Brouillards d'huile Benzène HAP Phénols Phtalates	++
Traitement des tubes cathodiques	80	Métaux Luminophores	++
Traitement des cartes électroniques	40	Métaux précieux Béryllium Plomb	++
Préparation des plumes et des duvets	< 1 000	Poussières Agents pathogènes	++
Démantèlement des DEEE	1 700	Métaux Noir de carbone	+
Traitement des câbles	< 100	Aluminium Cuivre Plastique	+

+++ exposition forte, ++ exposition moyenne, + exposition faible

DISCUSSION

Les procédés de traitement observés dans les filières étudiées ont, pour la plupart d'entre eux, une étape manuelle de contrôle, de démantèlement ou de dépollution nécessitant une manipulation des déchets. Ces opérations sont des sources d'exposition importantes

pour les salariés. Elles peuvent se faire par inhalation ou par contact cutané. L'exploitation de la base de données COLCHIC a mis en évidence un empoisonnement relativement important si l'on considère que les poussières inhalables sont constituées d'un mélange complexe de composés métalliques dont les effets synergiques sont méconnus. La présence d'agents chimiques répertoriés CMR et/ou possédant une valeur limite d'exposition professionnelle, comme le plomb, devrait inciter les industriels à réaliser

des contrôles réguliers pour contrôler les niveaux d'exposition et mettre en place des mesures de prévention adaptées.

Les données concernant les niveaux d'exposition dans les différentes filières étant quasiment inexistantes, il est difficile de prioriser les actions. Une hiérarchisation des expositions potentielles peut être établie à partir des agents chimiques présents dans les déchets, du mode de traitement et des observations faites sur le terrain (*Tableau XII*).

Les activités dont l'exposition poten-

tielle semble la plus importante sont le démantèlement de VHU et le regroupement des DTQD. Dans les deux cas, les déchets à l'origine de l'exposition sont sous forme liquide. Certains d'entre eux sont volatils. Outre l'inhalation, le contact cutané est une voie de pénétration dans l'organisme humain, puisque la dépollution des VHU et le traitement des DTQD sont des opérations manuelles. Par contre, l'exposition lors du nettoyage des fûts industriels est moins importante puisque les traces de produits initialement contenus dans les emballages sont diluées dans les gouttelettes d'eau.

Dans la majorité des cas les broyeurs sont alimentés automatiquement. L'exposition a surtout lieu lors des étapes de tri en amont et en aval. C'est le cas de la majorité des opérations décrites dans cette étude. La principale voie de pénétration est l'inhalation de poussières ou de vapeurs.

Par contre, le démantèlement de DEEE est manuel. Les salariés sont exposés aux poussières qui se sont déposées au cours de l'utilisation de l'appareil. Les substances toxiques présentes dans les éléments dangereux, tels que les condensateurs ou les tubes cathodiques, sont uniquement libérées lors de leur traitement de dépollution.

La préparation des plumes et des duvets est une activité dont les expositions potentielles sont fonction des étapes du traitement. Lors de l'arrivée des déchets sur le site, l'homogénéisation du mélange de plumes génère des aérosols contenant des micro-organismes. Les salariés en charge de cette opération sont alors susceptibles d'inhaler ces fines gouttelettes. Lorsque les plumes sont nettoyées, elles sont triées. Dans les locaux, l'empoussièremement est important. Il s'agit principalement de morceaux très fins de plumes et de duvets.

CONCLUSION

Le traitement des déchets est une activité dont la structuration se poursuit. L'évolution de la législation nécessite une organisation de la filière. Si, pour certains déchets, comme les ordures ménagères, les structures sont implantées depuis de nombreuses années et sont financées par le biais de redevances et de taxes, il en est autrement pour certaines filières nouvellement créées.

C'est le cas des VHU, des DEEE ou des emballages industriels pour lesquels la réglementation se met en place. Dans ces filières, les petites entreprises se tournent vers des groupes nationaux et internationaux afin de bénéficier d'installations de traitement permettant d'avoir de meilleurs rendements et donc d'être plus compétitifs. Des éco-organismes se mettent en place pour gérer les flux de déchets à traiter et pour organiser les filières et limiter les dérives. Eco-emballage et ALIAPUR sont déjà implantés. Dernièrement, Eco-systèmes, Ecologic, ERP et Recylum sont les quatre éco-organismes mis en place pour gérer le traitement des flux de DEEE.

Les entreprises de traitement des déchets emploient du personnel peu qualifié, à l'exception du personnel administratif et de laboratoire. Les opérateurs sont en majorité des hommes. Les centres de démantèlement de DEEE et de dépollution de tubes à rayonnement cathodiques sont le plus souvent des ateliers protégés employant du personnel handicapé ou des personnes en réinsertion sociale. Le fonctionnement de ces établissements est assuré par la vente des différents matériaux composant les déchets (ferraille essentiellement, mais aussi plastique ou matériel d'occasion) et par la vente du service de traitement auprès des entreprises souhaitant faire traiter leurs déchets.

Etant donnés les volumes de déchets à traiter toujours croissants, il est difficilement envisageable de conserver une étape entièrement manuelle dans un procédé de traitement de produits fabriqués industriellement. Ces étapes manuelles sont, pourtant, dans certains cas, des procédés difficilement automatisables. La dépollution et la récupération des pièces destinées à la revente nécessitent un démantèlement manuel afin de ne pas les endommager. Dans les conditions technologiques actuelles, le tri en amont et en aval (tri final après broyage des VHU) ne peut être fait correctement que grâce à l'expertise de l'œil humain. Si des techniques existent, elles ne peuvent être mises en place pour des raisons économiques. A titre d'exemple, en fonction de la marque du véhicule, la disposition des éléments à retirer lors de la dépollution du VHU fait qu'il devrait y avoir quasiment autant de chaînes automatisées que de type et d'état de véhicules. Les tubes cathodiques sont de tailles différentes, l'aspiration des tubes ne peut être entièrement automatisée. Dans ces cas particuliers, il est donc

nécessaire de mettre en place des moyens de prévention adaptés pour limiter les expositions des salariés.

Pour les établissements traitant des déchets contenant des agents chimiques dont la VLEP est une valeur contraignante, le plomb par exemple, le responsable du site doit mettre en place une procédure de surveillance des salariés après avoir effectué des mesures afin de vérifier de la présence de ces agents chimiques dans les atmosphères de travail.

Avant toute préconisation et en l'absence de données d'exposition, il est nécessaire d'étoffer la connaissance sur la nature des agents chimiques présents dans les atmosphères de travail par des campagnes de métrologie. Cette connaissance est d'autant plus nécessaire que ces équipements peuvent être anciens, de provenance diverses et donc contenir des substances actuellement interdites.

Reçu le : 18/10/2006

Expertisé le : 04/05/2007

Accepté le : 15/05/2007

BIBLIOGRAPHIE

1. Code de l'environnement (Partie législative) Livre V Titre IV Chapitre I^{er} Elimination des déchets et récupération des matériaux articles 541-1 à 541-50 et Livre I Titre II Chapitre IV Autres modes d'information article 124-1.
2. IFEN – L'environnement en France – édition 2002- Editions IFEN – collection La Découverte.
3. Loi n°92-646 du 13 juillet 1992 relative à l'élimination des déchets ainsi qu'aux installations classées pour la protection de l'environnement – JO n°162 du 14 juillet 1992.
4. Décret n°2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets. JO n°93 du 20 avril 2002.
5. Décret sur les piles Décret n°99-374 du 12 mai 1999 relatif à la mise sur le marché des piles et accumulateurs et à leur élimination – modifié par le décret n°99-1171 du 29 décembre 1999. JO n°112 du 16 mai 1999.
6. Décret n°92-1271 du 7 décembre 1992 relatif à certains fluides frigorigènes utilisés dans les équipements frigorifiques et climatiques. JO n°285 du 8 décembre 1992.
7. Décret n°97-1048 du 6 novembre 1997 relatif à l'élimination des déchets d'activité de soins à risque infectieux et assimilés et des pièces anatomiques et modifiant le code de la santé publique.
8. Décret n°2002-1563 du 24 décembre 2002 relatif à l'élimination des pneumatiques usagés – JO n°303 du 29 décembre 2002.
9. Décret n°2003-727 du 1^{er} août 2003 relatif à la construction des véhicules et à l'élimination des véhicules hors d'usage. JO n°179 du 5 août 2003.
10. Décret n°2005-829 du 20 juillet 2005 relatif à la composition des équipements électriques et électroniques et à l'élimination des déchets issus de ces équipements. JO n°169 du 22 juillet 2005.
11. ADEME. Les marchés des activités liées aux déchets, situations 2003/2004– Perspectives 2005. Données et Références. Décembre 2004.
12. SARP Industries – services aux clients – ce qu'il faut savoir – A chaque déchet son traitement– description des procédés de traitement - www.sarp.fr
13. DAMIEN A. – «Guide du traitement des déchets»- Industries et techniques – série Environnement – Ed DUNOD.
14. BOURGEOIS J., DEBRAY B., LAFORST V. «Traitements chimiques et physico-chimiques des déchets» Techniques de l'Ingénieur – traité Environnement- G 2 070 – 19 p.
15. GOURDON R. «Traitements Biologiques des déchets». Techniques de l'Ingénieur – traité Environnement – G 2 060 – 14 p.
16. BERGERET A. (2002) Les déchets ménagers et leurs filières de traitement : évaluation des risques pour la santé. Arch. Mal. Prof., 63, n°3-4, pp179-212.
17. MAÎTRE A. et coll. (2003) Municipal waste incinerators : air and biological monitoring of workers for exposure to particles, metals, and organic compounds. Occup Environ Med. n° 60, pp 563-569.
18. KUMAGAI S. et coll. (2002) Polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran concentrations in serum samples of workers at intermittently burning municipal waste incinerators in Japan. Occup. Environ. Med., 59, pp 362- 68.
19. BETSINGER G., BROUSSEAU L.M., GOLDEN J. (2000) Occupational Health and Safety in Household Hazardous Waste Management Facilities. AIHAJ: Vol. 61, N° 4. p. 575-583.
20. MALMROS P., SIGSGAARD T., BACH B. (1992) Maladies professionnelles dues au tri des déchets. Waste Management & Research n°10, pp 227-234.
21. MOLLER NIELSEN E. et coll. (1997) Bioaerosol exposure in waste collection : a comparative study on the significance of collection equipment, type of waste and seasonal variation. Ann occup Hyg Vol 41 No 3 pp 325-344.
22. LAVOIE J. (2000) Evaluation de l'exposition aux bioaérosols. IRSST.
23. VINCENT R, BONTHOUX F., LAMOISE C. (2000) Evaluation du risque chimique. Hiérarchisation des «risques potentiels» –ND 2121 INRS. Cahiers de notes documentaires. Hygiène et Sécurité du Travail n° 178.
24. SAVARY B., VINCENT R., RODRIGUEZ C., CHOLLOT A. (2004). Caractérisation des risques chimiques professionnels de la filière de gestion des déchets : analyse a priori des risques potentiels. INRS - Note Scientifique et Technique n°240.
25. VINCENT R., JEANDEL B. (2001) COLCHIC-Occupational exposure to chemical agents database: current content and development perspectives. Appl. Occup. Environ. Hyg. 16(2). 115-121.
26. INRS (2005) Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle aux agents chimiques en France. Editions INRS- ND 2098. 19 p.
27. INRS – « Guide électronique des tableaux des maladies professionnelles » disponible sur <http://inrs.dev.optimedia.fr/mp3/>
28. Décret n°2001-97 du 1^{er} février 2001 établissant les règles particulières de prévention des risques cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction et modifiant le code du travail. JO n°29 du 3 février 2001.
29. European chemical Substances Information System (ESIS) - The European Chemicals Bureau (ECB), Institute for health and consumer protection, Joint Research Centre, European Commission, Ispra (Italie). Disponible sur: <http://ecb.jrc.it/>
30. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. <http://monographs.iarc.fr>
31. ASSEDIC «données détaillées de l'emploi salarié- statistiques annuelles métropoles-données historiques par activité économique NAF 700. ». Disponible sur <http://www.assedic.fr/unistatis/> (consultée le 13/06/05).
32. ADEME – « L'entretien et la réparation automobile ». Mise à jour en novembre 2003 Disponible sur <http://www.ademe.fr/entreprises/Dechets/activites/default.asp>
33. ADEME – fiche déchet-« Les VHU ». Mise à jour en octobre 2003 - Disponible sur <http://www.ademe.fr/entreprises/Dechets/dechets/default.asp>
34. ADEME – La filière des huiles usagées – Bilan de l'année 2005. Décembre 2006.
35. ALIAPUR–Rapport d'activité 2004.
36. CHIEN YC, TON S, LEE MH, CHIA T, SHU HY, WU YS (2003) assessment of occupational health hazards un scrap-tire shredding facilities. The Science of the Total Environment. 309 : 35-46.
37. ADEME. Etude économique sur la filière de traitement des véhicules hors d'usage – synthèse.
38. ADEME – fiche déchet –Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques – mise à jour juillet 2005. Disponible sur <http://www.ademe.fr/entreprises/Dechets/dechets/default.asp>

BIBLIOGRAPHIE

39. Screlec (2004) Initiative recyclage – Etude pour une filière de recyclage des déchets d'équipements électriques et électroniques sur le territoire national – rapport final. 34 p.
40. ADEME (1998) La valorisation des déchets des consommables bureautiques et informatiques. Editions ADEME collection Données et références. 137 p.
41. Anonymes (2001) Matières toxiques et dangereuses provenant des équipements électroniques – rapport de surveillance environnementale sur les matières toxiques et dangereuses dans les produits et déchets issus des technologies de l'information et des télécommunications. Fire Winds International, LP. 87 p.
42. ADEME « Actualisation de l'Inventaire National des sites de traitements des déchets d'équipements électriques et électroniques » juin 2004.
43. HOOVER MD (2005) Propriétés et usages du béryllium – conférence Be2005- session 1 : Aperçu des usages du béryllium, de ces effets sur la santé, des sources d'expositions et des mesures de surveillances.
<http://www.irsst.qc.ca/fr/programme-preliminaire.html>
44. ADEME « Inventaire National des sites de traitement d'appareils électriques ou électroniques en fin de vie » rapport final juin 2001.
45. ADEME – APCÉDE - Guide des déchets de l'artisanat. Disponible sur <http://www.apcede.com/artisan/index.html>
46. ADEME (2004). Les emballages ménagers et industriels – synthèse 2004 – Collection Repères, 2e édition.
47. ADEME - fiche déchets - Déchets Toxiques en Quantité Dispersée – mise à jour juin 2005. Disponible sur <http://www.ademe.fr/entreprises/Dechets/dechets/default.asp>
48. Règlement européen CE 1774-2002 du Parlement européen et du Conseil du 3 octobre 2002 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux non destinés à la consommation humaine. JO n° L 273 du 10/10/2002 p. 0001 – 0095.
49. ADEME (2003). Etat des lieux et perspectives du recyclage des déchets issus du traitement des plumes et des duvets – Rapport final. 54 p.