

Risques chimiques dans la filière de valorisation des lampes usagées

Depuis 2006, certaines lampes en fin de vie font l'objet d'une collecte sélective et d'un traitement spécifique, suivant le décret dit « DEEE : déchets d'équipements électriques et électroniques ». Seules les lampes usagées, composées des lampes basse consommation (lampes à décharge telles que lampes à vapeur de mercure, à sodium, à iodure métallique, ainsi que les LED) et des tubes fluorescents, sont collectées. Contrairement aux ampoules à incandescence, elles contiennent des substances dangereuses, notamment du mercure, qui justifient un recyclage dédié.

Les préoccupations concernant le Développement Durable font l'objet d'une approche européenne générant le plus souvent des règles communes de gestion des ressources et des déchets.

En France, c'est dans le cadre du Grenelle de l'Environnement qu'une convention a été signée entre les acteurs concernés, planifiant le retrait progressif du marché des lampes les plus énergivores (ampoules à incandescence) d'ici à 2012 et leur remplacement par les lampes dites « basse consommation » (LBC), « à économie d'énergie » ou encore « fluocompactes ». Ces lampes font partie des lampes fluorescentes au même titre que les tubes fluorescents plus communément appelés « néons ».

Si la présence de mercure dans ces lampes peut interpeller le consommateur sur leur dangerosité en cas de casse accidentelle, il est néanmoins souvent rappelé que le risque d'exposition est plus faible que celui lié à la casse d'un thermomètre à mercure. Toutefois, ces lampes en fin de vie font partie des DEE ou D3E (déchets d'équipements électriques et électroniques) et à ce titre peuvent être assimilés à des « déchets dangereux » en raison des substances toxiques qu'elles contiennent, nécessitant un traitement adapté. Les salariés qui les gèrent sont amenés à manipuler des quantités importantes, notamment de mercure.

Déchets d'équipements électriques et électroniques

DÉFINITION

Les DEEE ou D3E sont définis par l'Union européenne comme étant des déchets issus d'équipements fonctionnant grâce à des courants électriques ou des champs électromagnétiques et conçus pour être utilisés à une tension ne dépassant pas 1 000 volts en courant alternatif et 1500 volts en courant continu. Plus simplement, selon l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), ce sont des déchets provenant d'équipements fonctionnant avec une prise électrique, une pile ou un accumulateur.

Les DEEE sont répartis en dix catégories :

1. Gros appareils ménagers (fours, réfrigérateurs...)
2. Petits appareils ménagers (sèche-cheveux, friteuses...)
3. Équipements informatiques et de télécommunications (PC, imprimantes, téléphonie...)
4. Matériel grand public (magnétophone, hi-fi...)
5. **Matériel d'éclairage (lampes...)**
6. Outils électriques et électroniques (perceuse...)
7. Jouets, équipements de loisir et de sport

ZIMMERMANN F*,
LECLER M.T.*, IHOUA S.**,
SILVENTE E*, CHOLLOT A.*

* Département Ingénierie des procédés, INRS

** Interne en santé au travail, département Études et assistance médicales, INRS



Documents pour le Médecin du Travail
N° 125
1^{er} trimestre 2011

8. Dispositifs médicaux (défibrillateur...)
9. Instruments de surveillance et de contrôle (voltmètre...)
10. Distributeurs automatiques (distributeur de billet, de boisson...).

CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

Deux directives européennes encadrent la gestion de ces appareils et de ces déchets :

- La directive 2002/96/CE dite « directive DEEE » impose aux États membres la collecte sélective des DEEE en vue d'une valorisation. L'objectif initial a été fixé à 4 Kg de DEEE collectés par an et par habitant. Le taux de recyclage pour un appareil donné a été déterminé et dépend du type d'équipements. Il est de 80 % pour le matériel d'éclairage.

- La directive 2002/95/CE dite « directive RoHS » (*Restriction of Hazardous Substances*) interdit l'utilisation de six substances dangereuses dans les appareils, les polybromobiphényles (PBB) et les polybromodiphényléthers (PBDE) qui sont des retardateurs de flamme bromés, le plomb, le cadmium, le mercure et le chrome hexavalent. Il existe une liste d'exemption, dont fait partie l'utilisation de mercure dans certaines lampes. Ainsi, pour les lampes fluocompactes produites après 2006, la quantité de mercure est limitée à 5 mg de mercure par lampe.

La filière de valorisation des DEEE existe officiellement par le décret n° 2005-829 du 20 juillet 2005 dit « décret DEEE » résultant de la transposition en droit français de la « directive DEEE ». Celle-ci introduit le principe de la responsabilité élargie du producteur (REP) en lui imposant le financement de la gestion des DEEE dont l'utilisateur souhaite se débarrasser, incluant leur collecte, leur traitement, leur valorisation ou leur élimination. Cette responsabilité peut toutefois être transférée à un éco-organisme, option choisie par la majorité des producteurs.

Les éco-organismes sont des organismes privés à but non lucratif créés par de grands producteurs d'appareils. Ils organisent et assurent la promotion de la collecte sélective des appareils et leur valorisation. Ils coordonnent à l'échelon national la continuité entre les différentes entreprises de la filière et le flux des DEEE produits. Des formations sont aussi organisées pour les salariés de la filière.

À ce jour, 4 éco-organismes sont agréés pour organiser la collecte des DEEE. Un seul a en charge les lampes. Le financement de cette filière est assuré par l'éco-participation payée lors de l'achat d'un appareil. Le montant de l'adhésion à l'éco-organisme dépend du montant de l'éco-participation et du nombre d'appareils produits et déclarés à l'ADEME.

Pour faciliter la collecte et leur répartition dans les centres de traitement, les DEEE sont répartis en 5 groupes :

- GEM froids (gros électroménagers froids) : réfrigérateurs, congélateurs...
- GEM HF (gros électroménager hors froid) : fours, lave-linge...
- Écrans : écrans, moniteurs
- PAM (petits appareils en mélange) : petit électroménager (sèche-cheveux, grille-pain, téléphones portables, jouets...)
- Lampes.

LAMPES CONCERNÉES (*encadré 1*)

Toutes les lampes ne sont pas concernées par la collecte. Seuls les tubes fluorescents, d'autres lampes à décharge (lampes à vapeur de mercure, lampes à sodium, lampes à iodure métallique...) ainsi que les LED (diode « électroluminescente ») doivent être valorisés. Ils sont reconnaissables par le pictogramme de la poubelle barrée rendu obligatoire sur leur emballage.

Le recyclage des lampes permet de récupérer les substances toxiques présentes et d'empêcher leur rejet dans l'atmosphère ou dans les sols.

Les ampoules à incandescence et les halogènes ne sont pas concernés et doivent être jetés dans la poubelle ménagère. En effet, l'absence significative de substances dangereuses dans ces lampes ne justifie pas de traitement particulier et de plus le recyclage des matières ne s'avère pas rentable.

QUELQUES CHIFFRES

En 2009, plus de 10 000 tonnes de lampes ont été collectées, dont plus de 90 %, ont été recyclées dans la fabrication de produits neufs (lampes, abrasifs, cadres de vélo...). À titre indicatif, 3 850 tonnes avaient été collectées en 2008.

Les lampes usagées représentent moins de 5 % du poids des DEEE collectés mais 80 % du nombre des DEEE collectés. Un essor important de cette filière est attendu avec la promotion massive des lampes basse consommation. La vente de ces lampes a progressé de plus de 30 % par an depuis 3 ans, soutenue par l'interdiction progressive des lampes à incandescence. La croissance devrait se stabiliser à 3 % par an.

Il faut toutefois tenir compte du délai entre leur mise sur le marché et leur arrivée en fin de vie (la durée de vie moyenne d'une LBC est de 6 ans environ soit 6 000 à 8 000 heures en fonction du mode d'utilisation).

Généralités sur les lampes fluorescentes

Composition

Les lampes fluorescentes se présentent soit sous forme compacte (lampe fluocompacte) soit sous forme linéaire (tube fluorescent). Dans tous les cas, elles sont constituées d'un tube en verre de diamètre variable avec, à chaque extrémité, des électrodes formées d'un filament de tungstène. La face interne du tube est enduite d'une poudre fluorescente. Une gouttelette de mercure est introduite à une des extrémités lors de la fabrication. Le tout est plongé dans une atmosphère gazeuse à base d'argon et de krypton.

Une lampe est composée de (environ) :

- verre : 86 %
- métaux : 5 %
- poudres fluorescentes : 3 %
- mercure : 0,005 %
- Autres : 6 %

Fonctionnement

Leur fonctionnement repose sur le principe de la fluorescence, c'est-à-dire la propriété de certains éléments à absorber de l'énergie et à la réémettre sous forme de rayonnement, ceci pendant toute la durée d'excitation (figure 1).

La décharge d'un courant électrique entraîne la production d'électrons par une des électrodes. Au cours de leur trajet dans le tube, ils entrent en collision avec les atomes de mercure, provoquant l'émission d'énergie sous forme de rayonnement ultraviolet (UV). Ce rayonnement est absorbé par les poudres fluorescentes présentes sur les parois internes du tube et est réémis sous forme d'énergie lumineuse. En changeant la composition de ces poudres fluorescentes, le spectre de rayonnement émis peut être modifié.

Mercure et lampes fluorescentes

Du fait d'une réglementation de plus en plus contraignante, les fabricants ont réduit la quantité de mercure contenu dans les lampes passant de 50 mg au début des années 80, à de moins de 5 mg en moyenne actuellement. Le mercure reste toutefois indispensable au fonctionnement de la lampe.

Dans la phase gazeuse, le mercure est retrouvé sous sa forme élémentaire et ne représente qu'une faible partie du mercure total. La majorité du mercure est adsorbée sur la poudre fluorescente, mais également dans le verre et les culots. Plus la lampe a été utilisée et plus la teneur en mercure adsorbée par les différents composants est importante.

Autres substances chimiques

Outre le mercure, les lampes contiennent aussi du verre, du métal, des gaz et des poudres fluorescentes qui peuvent avoir leur propre toxicité.

Le verre utilisé dans les lampes contient entre 5 et 10 % de plomb.

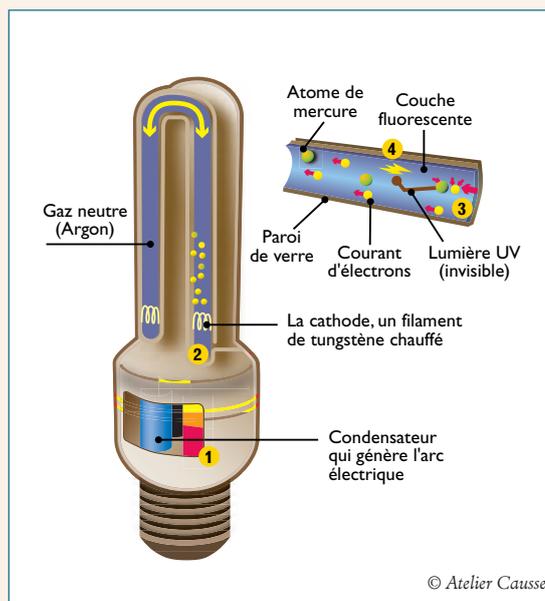
L'extrémité du culot est en aluminium ou en plastique.

Les électrodes, en tungstène, nickel, cuivre ou fer, sont normalement recouvertes d'un mélange de baryum, strontium et carbonate de calcium, qui sert à l'allumage de la lampe.

Les gaz utilisés dans les lampes sont l'argon, le néon ou le krypton, maintenus à basse pression.

De nature chimique variée, les poudres fluorescentes contiennent toujours un mélange de 3 types de poudres afin de reproduire les 3 couleurs primaires. Ce sont principalement des éléments de la famille des terres rares ou des minéraux fluorescents.

Fig. 1 : Fonctionnement des lampes fluorescentes.



© Atelier Causse

Filière de valorisation des lampes usagées

PRINCIPE GÉNÉRAL

Déposées par leur détenteur dans un des 9 000 points de collecte répartis sur tout le territoire français, les lampes en fin de vie sont ensuite récupérées, conditionnées et transférées dans un centre de regroupement avant d'être expédiées vers un centre de traitement.

L'objectif du traitement final est d'obtenir les extrants :

- le verre, composant majoritaire, est principalement réutilisé dans la fabrication de nouvelles lampes, mais aussi des abrasifs, des céramiques, des isolants...
- les métaux (fer, aluminium, cuivre), composant notamment les contacts et culots de lampes, sont dirigés dans les filières de fabrication (principalement métallurgie et fonderie) ;
- les poudres fluorescentes et le mercure sont enfouis dans les centres de stockage de déchets de classe 1 pour les déchets dangereux. Le mercure, présent en infime quantité, est parfois recyclé, à l'issue d'une distillation

et d'une purification ; dans ce cas, il s'utilise comme du mercure « neuf ».

Certains composants, tels la bakélite et les plastiques, ne sont pas recyclés et font souvent l'objet d'une valorisation thermique par incinération.

Au final, en France, près de 93 % des composants des lampes collectées sont recyclés.

POINTS DE COLLECTE

Le détenteur d'une lampe en fin de vie (particuliers, commerçants, artisans, entreprises, collectivités...) doit la déposer dans un conteneur spécifique dédié, de préférence en plastique car plus résistant et réutilisable. Le choix des conteneurs dépend en partie du nombre de lampes usagées récupérées. Les conteneurs sont livrés en « kit » à monter et installés dans un point de collecte ou de dépôt se trouvant dans :

- la distribution grand public, essentiellement les grandes surfaces généralistes ou de bricolage,
- la distribution professionnelle, généralement les grossistes spécialisés (vente et reprise des lampes à des professionnels),
- les déchetteries.

Les entreprises générant beaucoup de lampes usagées peuvent mettre en place une collecte interne au sein même de leurs locaux, de même que les professionnels installateurs-électriciens qui assurent l'installation et le remplacement des lampes usagées de leurs clients selon le principe du « un pour un ».

Dans les points de collecte, les salariés manipulant les lampes usagées sont ceux qui réceptionnent les lampes à l'accueil des magasins, des déchetteries, les professionnels de la maintenance ou qui assurent la gestion des déchets dans les entreprises...

En fonction de la structure de ces points, ces salariés sont amenés à réaliser une ou plusieurs opérations différentes :

- réception et montage des conteneurs,
- réception des lampes,
- tri des lampes,
- transfert dans des conteneurs de stockage,
- identification des produits entrants pour la traçabilité des déchets dangereux...

CENTRE DE REGROUPEMENT

Le centre de regroupement organise la livraison et l'enlèvement des conteneurs de lampes auprès des points de collecte, le stockage et l'expédition vers les centres de traitement.

Les salariés de ces centres peuvent effectuer différentes opérations :

- regroupement des lampes depuis les points de collecte par transport routier,
- déchargement du camion, pesée et stockage des conteneurs,
- tri des tubes et des lampes,
- gestion des conteneurs,
- transport des tubes et des lampes vers les centres de traitement...

CENTRE DE TRAITEMENT

Le centre de traitement est chargé de séparer les lampes en diverses fractions pouvant être valorisées (verre, métaux, plastiques, mercure) ou considérées comme des déchets ultimes (poudres lumineuses).

Les ateliers sont généralement divisés en plusieurs zones de travail : réception et pesage, stockage des conteneurs provenant des centres de regroupement, zone pour les réceptacles contenant les extrants, éventuellement zone de tri manuel dans les centres ne traitant que certains types de lampes.

Le traitement des lampes proprement dit peut être réalisé selon différents procédés d'une entreprise à l'autre. Les paramètres comme le type de lampe, la taille ou le diamètre du tube peuvent être des facteurs importants pour la mise en œuvre du procédé.

L'activité des salariés peut être scindée en deux phases : la phase précédant l'alimentation de la ligne de traitement au cours de laquelle les opérateurs peuvent réaliser des opérations de déchargement, pesée des conteneurs, tri des tubes et des lampes et nettoyage des conteneurs, et la phase d'alimentation et de gestion de la chaîne de traitement.

Le plus souvent, le traitement des lampes ne constitue pas la seule activité de ces centres qui gèrent d'autres DEEE ou d'autres types de déchets.

DIFFÉRENTS PROCÉDÉS DE TRAITEMENT

Les procédés mis en œuvre dans les entreprises de traitement des lampes usagées sont basés sur deux principes très différents :

- le procédé dit « *end cut air push* » (coupage - soufflage) mis en œuvre dans la moitié des sites de traitements français,
- les procédés par broyage dont la complexité varie selon les exigences et l'organisation des filières de valorisation.

Procédé « end cut air push »

Ce procédé est uniquement adapté au traitement des tubes fluorescents usagés et demande un tri manuel préalable des sources lumineuses de même gabarit. Il nécessite une enceinte confinée, en légère dépression dans laquelle les tubes de même calibre sont entraînés par une chaîne guide, après avoir été déposés sur un tapis d'alimentation. Dans cette enceinte, les tubes sont séparés de leurs culots par chauffage, perçage puis découpage mécanique. De l'air comprimé pulsé chasse ensuite, hors des tubes, les poudres fluorescentes qui sont recueillies selon leur granulométrie par le biais de cyclones ou de filtres à manches dans des fûts de stockage dédiés.

L'air provenant de l'aspiration de l'installation est contaminé en vapeur de mercure et en poussières. Il est généralement épuré à l'aide de filtres à manches et d'un filtre à charbon actif adapté avant d'être rejeté dans l'environnement.

Les culots métalliques, séparés des tubes, sont transférés dans des contenants adaptés après séparation des éléments ferreux et non ferreux par voie magnétique.

Les tubes en verre exempts de poudres fluorescentes sont acheminés vers un broyeur de manière à faciliter leur mise en conteneur avant expédition vers la filière de valorisation.

Procédés par broyage

Les tubes et lampes usagés sont broyés de manière autogène ou à l'aide de broyeur à couteaux. Les broyats sont ensuite conditionnés dans des contenants rigides (fûts, caisses) ou souples (« big bag »). Selon l'organisation des filières aval propres à chaque entreprise de traitement, les extraits subissent une ou plusieurs étapes de séparation préalables à leur stockage, basées sur leur nature et leur propriété granulométrique. Les poussières et les vapeurs de mercure sont de manière systématique aspirées au niveau du broyeur et recueillies respectivement au travers d'un filtre à manches et d'un filtre à charbon actif traité spécifiquement pour l'adsorption du mercure. La mise en place du broyeur en zone confinée n'est pas systématique au sein de la filière de traitement des tubes et lampes usagés.

usagées. Ces interventions ont permis une caractérisation des polluants présents dans cette filière et une évaluation de l'exposition et du risque chimique encouru par les salariés.

CARACTÉRISATION DE LA POLLUTION

La pollution présente est de type minéral, caractérisée par des poussières à effets spécifiques, issues principalement des poudres luminescentes, et par des vapeurs de mercure. Les poudres luminescentes composées de métaux et de terres rares sont très facilement émissives dans les atmosphères de travail en raison de leur pulvéulence (**encadré 2**).

Les poudres luminescentes

- Les poudres luminescentes permettant l'émission de la lumière visible des lampes contiennent principalement des terres rares (yttrium, europium, erbium, cérium...), et des métaux (aluminium, baryum, plomb, cadmium, fer...). Elles sont pulvérulentes (facilement mises en suspension dans l'air) et composées d'une fraction très fine (nanoparticules). Le risque d'exposition aux poudres luminescentes est présent dès lors que la lampe est ouverte ou cassée.
- Très peu d'études toxicologiques sont disponibles sur les terres rares. Toutefois, l'inhalation des poudres luminescentes peut entraîner des pathologies respiratoires. Des études rapportent une toxicité suite à des expositions à un mélange de terres rares contenant principalement du cérium et de l'yttrium. En milieu professionnel, l'exposition est principalement respiratoire ou cutanée.
- Chez l'homme, l'exposition chronique aux terres rares est associée à un risque de pneumoconiose. Plusieurs cas de pneumopathies interstitielles allant d'une infiltration nodulaire à une fibrose interstitielle ont été décrits chez des polisseurs de verre, des salariés de la reprographie ou des travailleurs exposés de façon prolongée aux poussières de terres rares provenant des électrodes des lampes à arc de carbone. Il existerait également un phénomène de biopersistance dans le tractus respiratoire expliquant l'accumulation dans les voies respiratoires en cas d'exposition chronique.
- Seul l'yttrium possède une valeur limite d'exposition professionnelle sur 8 heures ($1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$). L'ACGIH (*American Conference of Industrial Hygienists*) indique que le contact cutané et l'inhalation d'yttrium sont deux voies d'exposition semblant être prépondérantes. L'absorption de cette terre rare peut provoquer des fibroses et la formation de granulomes chez les animaux lors de leur exposition par voie respiratoire. Chez le rat, une dose de 50 mg/kg a pour conséquence une nécrose hépatique après 33 jours. Selon le NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*), l'exposition à cette terre rare peut provoquer chez l'animal des irritations pulmonaires, des blessures oculaires ou des atteintes du foie. Chez l'homme, seule l'irritation oculaire semble avoir été mise en évidence. Les principaux organes cibles sont les yeux, le système respiratoire et le foie.

ENCADRÉ 2

Exposition chimique dans les centres de traitement

De 2007 à 2010, des campagnes de mesurages des polluants chimiques ont été réalisées dans l'ensemble des centres de traitement de la filière des lampes

(1) Il ne faut toutefois pas oublier que les poussières inertes non toxiques peuvent être causées de pneumoconioses de surcharge, raison pour laquelle des valeurs limites d'exposition professionnelle sur 8 heures ont été fixées à 10 mg.m^{-3} pour les poussières inhalables et à 5 mg.m^{-3} pour les poussières alvéolaires.

Une analyse granulométrique met en évidence que les poudres et les poussières échantillonnées ont un diamètre médian de 7-8 μm et une fraction de particules ultrafines (fraction nanoparticulaire) estimée entre 2 et 10 % en masse. Ainsi la poussière présente est toxique et susceptible de pénétrer au fond des alvéoles pulmonaires ⁽¹⁾.

Les vapeurs de mercure sont émises dès lors que les lampes sont ouvertes, cassées ou broyées. Les vapeurs se diffusent alors en continu avec un pic de concentration dans les premières minutes de la mise à pression atmosphérique de la lampe et les émissions par l'ensemble des éléments solides (embouts métalliques, verres, poudres...) se poursuivent bien au-delà de la phase d'ouverture, de casse ou de traitement. En effet, la cinétique d'émission du mercure est liée à la répartition de ses espèces chimiques et de ses états physiques. Le mercure présent dans une lampe en fin de vie se fractionne en deux parties : l'une, directement présente sous forme vapeur, est émise dans les premiers instants de l'ouverture, l'autre, présente soit sous forme d'oxydes soit adsorbée sur les éléments solides (embouts métalliques, verres, poudres), se libère sous forme de vapeurs dans les heures et les jours suivants.

En outre, des prélèvements surfaciques ont mis en évidence qu'une pollution existe sur les surfaces de travail, et probablement sur la peau et les vêtements des opérateurs.

IDENTIFICATION DES ACTIVITÉS ET SITUATIONS À RISQUE

L'exposition des salariés peut se faire en premier lieu lors de la manutention des lampes en cas de casses accidentelles entraînant l'émission des polluants précédemment cités. Tant que les casses restent occasionnelles et en petites quantités, l'exposition peut être considérée comme faible. Cependant, la casse accidentelle d'une caisse de lampes, à la suite d'une chute ou d'un renversement par exemple, provoque de très importants dégagements de vapeurs de mercure.

En plus des risques liés à la casse accidentelle, le personnel des centres de traitement peut être soumis à des risques d'exposition engendrés par le procédé de traitement. C'est notamment le cas des opérateurs affectés :

- à l'alimentation de la chaîne de traitement qui nécessite la manipulation de l'ensemble des lampes traitées. Elle peut entraîner de nombreuses casses en fonction des dispositifs d'introduction des lampes dans l'enceinte. À cela s'ajoutent parfois des systèmes de ventilation vétustes ou mal adaptés et de mauvaises conceptions des fenêtres d'alimentation qui favorisent un reflux de l'air vicié de l'intérieur des enceintes vers l'opérateur ;

- à la gestion des fractions sortantes qui nécessite l'intervention fréquente des opérateurs, soit à l'intérieur même des enceintes où le niveau de pollution est accru, soit à leur périphérie. Il s'agit d'égaliser les broyats, décrocher, fermer et transporter les contenants remplis, et d'assurer la mise en place du nouveau conditionnement. Il est à noter que certaines fractions concentrent d'importantes charges en mercure et poursuivent leur relargage bien au-delà du moment du bris de la lampe, souvent considéré comme seul émetteur. De plus le stockage non-hermétique des broyats de lampes est fréquent et représente une source importante d'émission de mercure dans les locaux de travail ;

- aux opérations de nettoyage/maintenance qui nécessitent l'intervention des opérateurs dans le cœur de l'enceinte, là où des résidus de fractions se concentrent dans un important confinement.

Les niveaux d'expositions peuvent devenir très préoccupants avec des dépassements de valeurs limites sur 8 heures, en particulier pour l'yttrium et le mercure (**encadré 3**).

ENCADRÉ 3

Le mercure

Le mercure est un élément très toxique. Une exposition prolongée à ce composé peut engendrer des symptômes tels qu'irritabilité, anxiété, insomnie dans un premier temps, des tremblements des doigts et de la face dans un second temps. Ces troubles s'aggravent progressivement avec des modifications du comportement. Une stomatite apparaît généralement avec l'encéphalopathie.

La valeur limite d'exposition professionnelle du mercure, actuellement fixée à $0,05 \text{ mg.m}^{-3}$ sur 8 heures, va être abaissée à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par la transposition en droit français de la directive européenne 2009/161/UE qui entrera en vigueur au plus tard le 18 décembre 2011.

Pistes de prévention

PROTECTION COLLECTIVE

Face aux différentes situations à risques identifiées au cours de ces campagnes d'évaluation, des mesures de prévention de portée générale sont à préconiser pour l'ensemble des sites de traitement.

En priorité, le procédé doit être intégré dans une enceinte confinée en dépression. À défaut, il doit être doté de systèmes de captage aux différents points d'émissions de polluants, raccordés dans tous les cas à une installation d'assainissement de l'air. Ces condi-

tions opératoires limitent la dispersion des poussières et du mercure dans l'environnement de travail en phase de fonctionnement.

Le chargement des lampes dans les enceintes de traitement, en particulier lorsqu'il est continu, doit faire l'objet d'une attention toute particulière. Ce poste de travail pourra être amélioré par la mise en place d'un sas muni d'un système de captage efficace afin d'éviter le reflux de polluant vers l'opérateur de chargement. L'automatisation de l'alimentation et l'éloignement de l'opérateur des sources d'émission seront également des vecteurs d'amélioration.

Le maintien de l'efficacité de telles installations implique de la part de l'entreprise un effort de maintenance continu et de contrôles réguliers afin d'éviter une dégradation progressive de la qualité de l'assainissement de l'air.

Le procédé de broyage et de séparation des différentes fractions et les conteneurs réceptacles des différents extrants doivent être reliés de manière étanche entre eux. De plus, compte tenu de la contamination résiduelle des extrants, il est impératif que les différents conteneurs soient fermés hermétiquement et stockés dans des locaux dédiés et ventilés.

Le nettoyage des ateliers est aussi source de réémission des polluants dans l'atmosphère des ateliers. Afin de limiter cette remise en suspension des particules, il est souhaitable d'utiliser des méthodes de nettoyage à l'humide et de proscrire les aspirateurs qui diffuseraient les vapeurs de mercure et des particules fines dans les locaux de travail.

Enfin, les ateliers et les lieux de stockage doivent être dotés d'une ventilation générale avec apport d'air de compensation.

PROTECTION INDIVIDUELLE

Lors d'opérations ponctuelles, telles que travaux de maintenance en zone confinée, opérations sur les conteneurs des fractions (tassage, changement) ou tri des tubes et lampes avant traitement, le recours au port d'équipement de protection individuelle (EPI) est nécessaire en complément des mesures de protection collective. Le choix de l'appareil de protection respiratoire doit répondre à des critères d'efficacité et de confort qui dépendent de la toxicité et de la concentration du polluant et du type d'opération que le salarié doit entreprendre. De manière générale, les entreprises de la filière doivent mettre à disposition des appareils de protection respiratoire filtrants dotés de cartouche spécifique de type HgP3 et s'assurer de leur port effectif.

En raison des contaminations de surface, il est nécessaire d'imposer un lavage systématique des mains et

du visage avant les pauses et d'installer des sanitaires appropriés (lavabos à pédale ou à cellule) à proximité de l'unité de traitement. En fin de poste, les salariés déposeront leurs vêtements de travail dans des vestiaires adaptés, prendront une douche et revêtiront leurs vêtements de ville dans des vestiaires séparés, le lavage des vêtements de travail étant assuré par l'entreprise.

CAS PARTICULIER DE BRIS DE LAMPES

Lors de la casse accidentelle de lampes, il est recommandé de s'éloigner de la zone d'émission, de ventiler puis d'intervenir équipé d'EPI adaptés pour nettoyer les débris. Il convient d'humidifier et de saupoudrer les brisures avec un charbon actif traité (par exemple au soufre) pour retenir les vapeurs de mercure. Les brisures seront placées à l'aide d'un balai et d'une pelle dans un sac qui sera fermé hermétiquement. L'utilisation d'un aspirateur qui diffuserait les vapeurs de mercure dans les locaux de travail est à proscrire.

En cas de blessure cutanée, il est important de nettoyer la plaie et de la montrer à un médecin car les produits présents dans les poudres (mercure notamment) peuvent provoquer des lésions locales inflammatoires importantes.

PRÉVENTION MÉDICALE

Du fait de la présence de substances classées cancérigènes-mutagènes-toxiques pour la reproduction dans les lampes basse consommation, les salariés de cette filière doivent bénéficier d'une surveillance médicale renforcée avec une visite médicale avant l'embauche et des visites périodiques au moins une fois par an.

La fiche médicale d'aptitude doit comporter la date de l'étude de poste et de la dernière date de mise à jour de la fiche d'entreprise.

Une attestation d'exposition doit être remise lors du départ de l'entreprise, quels que soient les motifs de ce départ.

Le dossier médical doit être conservé pendant 50 ans après la fin de l'exposition.

Les visites médicales pourront comporter :

- pour la surveillance de l'exposition au mercure, un examen neurologique (recherche de tremblements, de trouble du comportement ou de l'humeur, éventuellement tests psychométriques), un examen cutanéomuqueux et une étude de la fonction rénale (urée, créatinine, protéinurie),
- pour la surveillance de l'exposition aux poussières et terres rares, un bilan de l'appareil pulmonaire (explorations fonctionnelles respiratoires, radiographie thoracique...).

Cet examen pourra être complété par la réalisation de dosages biométrieologiques disponibles pour certaines des substances contenues dans les lampes basse consommation, notamment le mercure et ses dérivés inorganiques.

Ces visites seront l'occasion de rappeler au salarié le risque particulier des contaminations de blessures cutanées par les produits présents dans les lampes et la nécessité du port de gants de protection en cas d'intervention sur des lampes brisées.

Le mercure élémentaire étant classé reprotoxique, du fait de son action sur la fertilité féminine, « les femmes enceintes ou allaitant ne peuvent être affectées ou maintenues à des postes de travail les exposant à » cette substance. Cependant, dans un centre de traitement où les lampes sont découpées et donc doivent être intactes au moment de l'introduction dans la machine, l'emploi des femmes a été privilégié car elles casseraient moins les lampes que les hommes.

Les données insuffisantes de la toxicité de la plupart des agents chimiques retrouvés dans cette filière spécifique indiquent l'importance des mesures de prévention collective afin de réduire au niveau le plus bas possible la pollution des ateliers de traitement dans le but de protéger l'ensemble des salariés. La surveillance biométrieologique avec, comme valeur de référence, la valeur guide de la population générale, permet de s'assurer de l'efficacité des mesures de prévention collective.

RECONNAISSANCE EN MALADIE PROFESSIONNELLE

Certains agents chimiques retrouvés dans les lampes sont mentionnés dans les tableaux de maladie professionnelle. L'exposition au mercure lors de la fa-

brication de certaines lampes fait partie de la liste indicative des travaux du tableau n° 2 du régime général. La récupération de matières métalliques recyclables contenant du cadmium est inscrite dans la liste limitative des travaux du tableau n° 61bis du régime général.

Conclusion

Le respect de l'environnement entre progressivement dans les gestes du quotidien. Toutefois, ces changements se font parfois au détriment de la prévention des risques professionnels. Ainsi le remplacement des vieilles ampoules à incandescence par des lampes basse consommation expose les salariés chargés de leur traitement en fin de vie à de multiples agents chimiques, mercure, terres rares et particules ultrafines

L'étude des postes de cette filière en expansion met en évidence la nécessité de mesures de prévention collective.

Idéalement, la prévention du risque chimique passe par la substitution des substances dangereuses. Dans le cas du traitement des lampes, cette substitution impliquerait la mise sur le marché de lampes contenant des substances moins nocives, ce qui à l'heure actuelle n'est pas envisagé. Les diodes électroluminescentes ou LED pourraient être perçues comme une solution d'avenir, mais leur coût très élevé et leur efficacité lumineuse modeste (25 Lm.W⁻¹) restreignent actuellement leur usage dans les foyers.

De façon plus générale, il faudrait intégrer la prise en compte de la prévention des risques professionnels lors de la mise en place des actions en faveur de l'environnement.

Points à retenir

Dans le cadre d'une politique énergétique et écologique, les lampes basse consommation vont s'imposer sur le marché. Elles contiennent du mercure, ce qui pose le problème de leur élimination.

Depuis 2006, ces lampes font l'objet d'une collecte sélective en vue d'une valorisation. Cette filière spécifique s'inscrit dans le cadre du décret 2005-829 du 20 juillet 2005 réglementant la gestion des DEEE (déchets d'équipements électriques et électroniques).

En dehors du mercure, les salariés peuvent être exposés à d'autres substances comme les terres rares. De plus, les poudres fluorescentes et les poussières issues du broyage sont susceptibles de former un aérosol contenant des particules ultra-fines.

La casse ou le traitement de lampes usagées dans les centres de traitement sont très émissives d'un mélange toxique de fines poussières inhalables à base de métaux et terres rares et de vapeurs de mercure dont les effets synergiques sont méconnus.

Les métrologies et l'étude dans les centres de traitement montrent deux nécessités : l'application des mesures collectives de prévention afin d'améliorer l'assainissement des ateliers et la nécessité d'intégrer les risques professionnels dès la mise en place des actions en faveur de l'environnement.

Éléments bibliographiques

- **AUCOTT M, MC LINDEN M, WINKA M** - Release of mercury from broken fluorescent bulbs. *J Air Waste Manag Assoc.* 2003 ; 53 (2) : 143-51.
- **AYMAZ S, GROSS O, KRAKAMP B, ORTMANN M ET AL.** - Membranous nephropathy from exposure to mercury in the fluorescent-tube-recycling industry. *Nephrol Dial Transplant.* 2001 ; 16 (11) : 2253-55.
- Avis relatif aux risques liés à l'utilisation des lampes fluorocompactes en milieu domestiques. Commission de la Sécurité des Consommateurs, 2011 (www.securiteconso.org/article791.html).
- **CLEAR R, BERMAN S** - Environmental and health aspects of lighting mercury. California : US Department of Energy ; 1993 : 31 p.
- **DANG TA, FRISK TA, GROSSMAN MW, PETERS TH** - Identification of mercury reaction sites in fluorescent lamps. *J Electrochem Soc.* 1999 ; 146(10) : 3896-902.
- Déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) : Synthèse. Données 2008. Collection Repère. Angers : ADEME ; 2008 : 16 p.
- Directive 2009/161/UE de la Commission du 17 décembre 2009 établissant une troisième liste de valeurs limites indicatives d'exposition professionnelle en application de la directive 98/24/CE du Conseil et portant modification de la directive 2000/39/CE de la Commission. *J Off Union Eur.* 2009 ; L 338, 19 décembre 2009 : 87-89.
- **DOUGHTY DA, WILSON RH, THALER EG** - Mercury glass interactions in fluorescent lamps. *J Electrochem Soc.* 1995 ; 142 (10) : 3542-50.
- **DUMAIL R, GUILLET R** - Collecte de tubes fluorescents usagés. Y a-t-il un risque sanitaire lié à leur collecte ? *Techn Sci Method.* 2006 ; 4 : 101-11.
- **HURÉ P, GUIMON M** - Les appareils de protection respiratoire. Choix et utilisation. 2^e édition. Édition INRS ED 780. Paris : INRS ; 2002 : 54 p.
- Yttrium compounds. In: HSDB. NLM, 2006 (<http://toxnet.nlm.nih.gov/>)
- **JANG M, HONG SM, PARK JK** - Characterization and recovery of mercury from spent fluorescent lamps. *Waste Manag.* 2005 ; 25 (1) : 5-14.
- **JOHNSON NC, MANCHESTER S, SARIN L, GAO Y ET AL.** - Mercury vapor release from broken compact fluorescent lamps and in situ capture by new nanomaterial sorbents. *Environ Sci Technol.* 2008 ; 42 (15) : 5772-78.
- **LISON D TERRES RARES.** In: LAUWERYS RR, HAUFROID V, HOET P - Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. 5^e édition. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2007 : 467-69, 1 252 p.
- Mercure et composés. Mise à jour 2009. In: Biotox. Guide biotoxicologique pour les médecins du travail. Inventaire des dosages biologiques disponibles pour la surveillance des sujets exposés à des produits chimiques. INRS, 2010 (www.inrs.fr/biotox).
- Mercure sur tubes de charbon actif. Fiche 024. Mise à jour 2000. In : Métropol. INRS, 2011 (www.inrs.fr/metropol).
- Mercury emissions from the disposal of fluorescent lamps. Final report. US Environmental Protection Agency, 1998 (www.epa.gov/osw/hazard/wastetypes/universal/merc-emil/merc-pgs/merc-rpt.pdf).
- **PELTER A, ELCABACHE JM, GUILLEMIN C** - Exposition professionnelle aux poussières de terres rares. Note documentaire ND 1881. *Cah Notes Doc.* 1992 ; 147 : 227-39.
- **RAPOSO C, WINDMÖLLER C, DURÃO WA JR** - Mercury speciation in fluorescent lamps by thermal release analysis. *Waste Manag.* 2003 ; 23 (10) : 879-86.
- Règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n° 1907/2006. *J Off Union Eur.* 2008 ; L353, 31 décembre 2008 : 1-1355.
- Règlement (CE) n° 790/2009 de la Commission du 10 août 2009 modifiant, aux fins de son adaptation au progrès technique et scientifique, le règlement (CE) no 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges. *J Off Union Eur.* 2009 ; L235, 5 septembre 2009 : 1-439.