

## Bronzerie d'art

### Mots Clefs (Activité - Métier - Poste de travail - Nuisance)

BRONZERIE - BRONZIER D'ART - BRONZE - PLOMB - BERYLLIUM - SILICE CRISTALLINE- CADMIUM - NOIR DE CARBONE - FIBRES CERAMIQUES REFRACTAIRES - (DI)CHROMATES - TRICHLOROETHYLENE - BROUILLARD D'ACIDE FORT - AMIANTE - FUMÉES DE SOUDURE - PREVENTION - CANCER PROFESSIONNEL

### Description de l'activité, du métier, du poste

Le bronze est un alliage de cuivre et d'étain avec des proportions variables d'aluminium, plomb, béryllium, manganèse, tungstène, accessoirement silicium, phosphore. Les bronzes contiennent du plomb (entre 1,7 et 10 % du poids). Généralement la dureté du bronze augmente en proportion de sa teneur en étain. Le bronze ne s'oxyde pas alors que le cuivre seul s'oxyde.

Dans certains alliages on ajoute du phosphore, du zinc, du plomb ; le zinc augmente la coulabilité et la malléabilité de l'alliage.

Le plomb permet une meilleure usinabilité.

Le béryllium contenu dans certains alliages apporte une dureté exceptionnelle qui se rapproche de celle des aciers, en gardant les qualités de frottement spécifiques du bronze.

Technique utilisée : moulage à la cire perdue.

A partir du modèle original, une empreinte est fabriquée (silicone) dans laquelle de la cire chaude est versée.



Copyright CRAMIF

La coulée

***Cette fiche ne concerne que les risques cancer liés à cette activité. Les autres risques (chimiques, physiques, biologiques...) ne sont pas pris en compte. Les photos ci-dessus illustrent des situations de travail sans préjuger de la pertinence des mesures de prévention présentées.***

### ■ Réalisation d'un modèle en cire

Une empreinte du modèle à réaliser est créée en élastomère, sur laquelle on pose une chape de plâtre. Plusieurs couches de cire d'abeille teintée au noir de fumée (noir de carbone) sont appliquées au pinceau dans le moule en élastomère. Les deux parties du moule sont sanglées, de la cire d'abeille noircie est versée dans le moule, le surplus est déversé pour être réutilisé, cette opération est répétée avec de la cire synthétique jaune. L'ensemble des couches de cire mesure de 3 à 4 mm. Un noyau en plâtre comble le moulage, il permettra de garder un bronze creux. Le coulis de plâtre peut contenir du sable siliceux qui augmente les propriétés réfractaires. Après séchage la sculpture en cire est démoulée, des cônes et filaments en cire synthétique lui sont ajoutés, qui serviront respectivement, à l'alimentation en métal et à l'évacuation de l'air, l'ensemble assurant une répartition harmonieuse du métal. Le noyau réfractaire est maintenu en place.

### ■ Moulage

L'étape suivante est la réalisation de l'empreinte en plâtre réfractaire. La sculpture en cire est recouverte de plâtre réfractaire, au pistolet, renforcé par un ferrailage. Les bouches d'alimentation et les événements sont laissés affleurants.



Copyright CRAMIF



Copyright CRAMIF

### ■ Cuisson, coulée, dérochage

La pièce est mise dans un four de cuisson pendant 3 à 4 jours, temps nécessaire au séchage du plâtre et à la consommation de la cire. Cette technique est appelée fonte à la cire perdue.

La coulée du bronze pourra se faire grâce aux jets d'alimentation qui guideront l'apport de métal.

La coulée du bronze se fait avec un creuset qui permet de faire couler le bronze dans le moule.

Après la coulée, on attend que les moules refroidissent puis on peut détruire la gangue de plâtre et le noyau (dérochage), opération dégageant de la poussière. Des jets d'eau à haute pression ou du sablage peuvent être utilisés.

### ▪ Ciselure, soudure

Retrait des jets d'alimentation et des événements (par pince, tronçonnage à la disqueuse).

Les têtes d'alimentation en métal sont bouchées et les imperfections du bronze supprimées.

La pièce est placée entre des mordaches en plomb (pour la maintenir sans l'endommager) et travaillée.

Pour assembler deux parties ou combler un manque de bronze (trou de coulée...) une soudure est pratiquée. Un métal d'apport est fourni par une baguette utilisée pour la soudure.

Certaines baguettes de soudure peuvent contenir du cadmium.

Pour cette finition de la pièce, différents outils sont utilisés, tels que brosse, poinçon, lime, burin, meuleuse, fraise, ponceuse...

### ▪ Patine

La patine est une transformation chimique et thermique du métal. Selon l'effet souhaité différents produits sont utilisés pour oxyder le métal et donner son aspect au bronze et sa couleur, en fonction de la demande de l'artiste. Des oxydes métalliques, acides... sont appliqués. Il faut chauffer la pièce avec un chalumeau pour ensuite appliquer par touches le produit, la durée de l'opération pouvant aller jusqu'à plusieurs heures.

### ▪ Autres activités : restauration d'objets en bronze

Restauration nécessitant parfois un ponçage, soudage, ou une reprise de patine. La nature de l'alliage du bronze n'est pas connue.

## Nuisances cancérigènes

### ▪ Substance ou procédé :

Du plomb et parfois béryllium sont contenus dans les alliages : les phases polluantes se situent au niveau de l'usinage du bronze avec production de fines particules de métal lors du ponçage et lors du soudage.

La silice se trouve dans le sable servant aux noyaux et l'exposition se retrouve lors de la préparation de ceux-ci et lors du décochage, opération qui émet beaucoup de poussières lorsque les moules sont cassés.

Le creuset de fusion, porté à une température de plus de 1000°C, peut comporter des fibres céramiques réfractaires (FCR); le four peut aussi être isolé avec des FCR, voire de l'amiante pour les anciens fours.

Le soudage émet des fumées dont les constituants proviennent du métal d'apport, du revêtement et des gaz protecteurs. Elles peuvent contenir des métaux dont certains sont cancérigènes. Les baguettes d'apport peuvent contenir du cadmium.

Pour la patine des chromates ou dichromates, des acides forts (possible exposition du salarié à des vapeurs d'acides forts contenant de l'acide sulfurique), peuvent être utilisés pour l'obtention de certaines couleurs ; des solvants (comme le trichloroéthylène) sont employés pour faire des retouches.

Substance ou procédé	Classification UE actuelle <sup>(a)</sup>	Classification Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC)	Organes « cibles » des cancers
Plomb	3 pour certains composés	2B (métal) 2A (dérivés inorganiques)	Reins, estomac, poumons (discutés)
Béryllium	2	1	Poumons
Silice cristalline		1	Poumons
Fumées de soudure		2B	Poumons
Cadmium	2	1	Poumons
Chromates, dichromates	2	1 (Cr VI)	Poumons, cavités nasales
Noir carbone		2B	Poumons
Fibres céramiques réfractaires	2	2B	Poumons
Amiante	1	1	Poumons
Trichloroéthylène	2	2A	Sites différents en fonction des espèces animales, chez l'homme : cancers du foie et voies biliaires, lymphomes non hodgkiniens sont suspectés dans des études épidémiologiques
Acide sulfurique (brouillard d'acides forts contenant de l'acide sulfurique)		1	Larynx Poumons

▪ **Autres maladies possibles :**

- **Exposition aiguë :**

**Plomb** : douleurs abdominales aiguës, atteintes neurologiques parfois sévères, atteintes du rein ou du foie.

**Béryllium** : Béryllose aiguë, pneumonie chimique (observée uniquement en cas de situations accidentelles).

<sup>(a)</sup> Equivalence entre la classification UE actuelle et la nouvelle classification selon le règlement CLP

Classification UE actuelle	Cancérogène de catégorie 1 R45 ou R49	Cancérogène de catégorie 2 R45 ou R49	Cancérogène de catégorie 3 R40
Règlement CLP	Catégorie 1A H 350	Catégorie 1B H 350	Catégorie 2 H 351

### - Exposition chronique :

- Bériiliose chronique : atteinte pulmonaire chronique (fibrose) qui peut survenir après un délai de plusieurs mois à plusieurs dizaines d'années après le début d'exposition.

Il s'agit d'une maladie pulmonaire dont l'évolution peut être grave.

La sensibilisation au béryllium précède toujours la maladie. C'est un stade où il n'existe aucun symptôme : on peut dépister cette sensibilisation en réalisant chez les exposés un test sanguin. Mais sa réalisation reste actuellement difficile.

- Silicose (silice), asbestose (amiante).

- Atteinte rénale (cadmium).

- Plomb : saturnisme, atteintes : hématologique (anémie), neurologique, rénale.

- Chrome : effet irritatif et corrosif de la peau, des voies respiratoires et des muqueuses, allergies respiratoires et cutanées, atteinte rénale chronique.

- ...

## Voies de contamination habituelle

▪ **Inhalation** : fumées, poussières ou aérosols.

▪ **Passage à travers la peau** : certains métaux peuvent passer à travers la peau.

Le rôle de la peau en tant que voie d'exposition au béryllium est de plus en plus souvent évoqué : les particules de moins de 1 µm sont susceptibles de pénétrer à travers la peau, le passage est favorisé par la présence de lésions cutanées.

Cette voie de contamination récemment mise en évidence doit faire évoluer le choix des mesures de prévention.

▪ **Ingestion** : par les mains souillées ou la déglutition de poussières contenant des métaux.

▪ **Diffusion du risque hors du poste de travail** : Possible contamination des vêtements de travail, des chaussures, etc. Elle peut être à l'origine de la contamination cutanée et/ou digestive et de la remise en suspension de particules dans l'air.

## Outils d'évaluation

▪ **Prélèvements atmosphériques** :

**Béryllium** :

- France : VME : 2 µg/m<sup>3</sup> d'air

- L'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, anciennement AFFSET) recommande en 2010 une valeur de 0,01 µg/m<sup>3</sup>

- US : l'ACGIH<sup>1</sup> a abaissé cette valeur à 0,05 µg/m<sup>3</sup> en 2009.

**Plomb métal et composés** : VME : 0,1 mg/m<sup>3</sup> valeur limite réglementaire contraignante

<sup>1</sup> American Conference of Governmental Industrial Hygienists : organisme américain qui réexamine les limites d'exposition et présente ensuite ses recommandations.

**Chrome VI** : VME : 0,05 mg/m<sup>3</sup>

Recommandation de l'ANSES (anciennement AFFSET) d'octobre 2010 : 1 µg/m<sup>3</sup>.

**Cadmium et composés** : 0,05 mg/m<sup>3</sup>

**Silice cristalline** : VME : 0,1 mg/m<sup>3</sup> pour le quartz et 0,05 mg/m<sup>3</sup> pour la cristobalite et la tridymite (valeur limite réglementaire contraignante).

**Fibres céramiques réfractaires** : VME 0,1 fibre/cm<sup>3</sup>

**Noir de carbone** : 3,5 mg/m<sup>3</sup>

**Attention !**

- Les VME/VLCT ne constituent pas un seuil de protection pour le risque cancer et ne prennent pas en compte la contamination cutanée et/ou digestive.
- Pour les cancérigènes, même lorsque les VME/VLCT existent, il convient de maintenir une concentration dans l'air la plus faible techniquement possible.

▪ **Frottis de surface :**

**Plomb** : très important à réaliser pour évaluer le niveau de contamination en plomb d'une surface :

- soit sur un matériau (plan de travail, sol, mur, table de réfectoire) : on peut se référer à la valeur de 1000 µg/m<sup>2</sup>, valeur exigée en santé publique pour la décontamination des habitats contenant des peintures au plomb.
- soit sur une partie du corps : on peut se référer à la valeur de 6 µg, valeur obtenue sur des mains propres de sujets non exposés professionnellement.

**Béryllium** : très important à réaliser pour évaluer :

- soit l'efficacité du nettoyage des surfaces : 3 µg/dm<sup>2</sup> (USA), 1 µg/dm<sup>2</sup> (Royaume-Uni) ;
- soit la dépollution pour restituer les locaux décontaminés pour une nouvelle activité : 0,2 µg/dm<sup>2</sup>.

Proposition du laboratoire de Toxicologie de la Cramif de retenir la valeur de 3 µg/dm<sup>2</sup> pour les surfaces situées à l'intérieur de l'atelier et de réserver la valeur de 0,2 µg/dm<sup>2</sup> à celles situées en dehors de l'atelier et qui ne devraient pas être polluées.

▪ **Dosage sanguin ou urinaire :**

**Plomb** : plombémie (dosage du plomb dans le sang).

Surveillance médicale renforcée par le médecin du travail pour tout salarié dont la plombémie est > à 200 µg/l pour l'homme et > à 100 µg/l pour la femme.

La valeur limite biologique réglementaire à ne pas dépasser est fixée à 400 µg/l pour l'homme et 300 µg/l pour la femme.

**Béryllium** :

- dosage du béryllium urinaire,
- test de dépistage sanguin de la sensibilisation des exposés au béryllium appelé TTL Be (test de prolifération des lymphocytes en présence de béryllium).

**Autres métaux** : dosages possibles pour certains métaux : ex : cadmium urinaire.

## Prévention

### ▪ Substitution :

- Utiliser du bronze sans béryllium.
- Choisir des mordaches dans un matériau ne contenant pas de plomb.
- Utiliser des baguettes sans cadmium pour le soudage.
- Ne pas utiliser de produits cancérogènes pour la patine (cela semble poser un problème pour certaines nuances, mais une discussion doit être engagée avec l'artiste en expliquant les raisons).
- A défaut de suppression du plomb dans le bronze, choisir des alliages en contenant un faible pourcentage.

### ▪ Captage au plus près :

- Captage des poussières et fumées à la source pour tous les postes exposant à des cancérogènes (silice, poussières contenant du plomb, des métaux, fumées de soudure...).
- Outils aspirants.
- Carters de protection et captage localisé sur les tours, polisseuses... tables à dossier aspirant pour le ciselage.
- Postes à souder munis de torches aspirantes si cela est possible.
- Cabine pour le sablage des pièces, le dérochage.
- Remarque : Les dispositifs doivent être adaptés à la taille des pièces ce qui est parfois difficile, car celle-ci est variable en fonction des commandes.

### ▪ Ventilation générale :

Mettre en service une ventilation générale dans l'atelier avec filtration avant rejet extérieur.

### ▪ Mode opératoire - Organisation - Maintenance :

- Séparer les locaux en fonction des activités et cloisonner.
- Ne pas recouler les mordaches usagées.
- Eliminer les surfaces susceptibles de favoriser la rétention de particules, utiliser des établis avec des surfaces faciles à nettoyer.

### ▪ Equipement de protection individuel (= EPI) :

- Combinaison jetable à chaque prise de poste.
- Gants jetables à chaque prise de poste.
- Surchaussures jetables ou chaussures spécifiques dédiées.
- Protection respiratoire avec filtre de type P3 pour certaines opérations particulièrement contaminantes (polissage, ponçage, meulage, sablage).

### Mesures d'hygiène collectives et individuelles :

- Local pour les vêtements de ville et local pour les vêtements de travail, séparés par une douche (risque plomb) ;
- Lavage soigneux du visage, des avant-bras, des mains, brossage des ongles ;
- Robinets des sanitaires à déclenchement automatique ;
- Ne pas manger, boire, fumer, mâcher du chewing-gum dans l'atelier ;
- Manger dans des locaux propres, après avoir quitté ses vêtements sales et s'être nettoyé le visage et les mains ;
- Ne pas emporter les vêtements de travail à l'extérieur. Leur nettoyage doit être organisé par l'entreprise ;
- Interdire les locaux où est présent le béryllium aux salariés non concernés, sauf procédures et port d'EPI spécifiques ;
- Utiliser un aspirateur à filtres à très haute efficacité pour nettoyer le sol des ateliers, interdire le balayage ;
- Procéder journallement au nettoyage à l'humide des surfaces et/ou outils de travail (ayant pu être contaminés) à l'aide de papier absorbant jetable.

### Indicateurs de contrôle de l'efficacité des mesures prises :

Mesure sur les dispositifs de ventilation et captage (vitesse d'air et débit), prélèvements atmosphériques, frottis de surface, suivi bioméтроlogique.

## Réparation

### Tableau de maladie professionnelle (MP) :

- **Tableau 1 (plomb)** : Le cancer n'est pas mentionné. Il est alors nécessaire de faire une demande devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles.
- **Tableau 10ter (chrome hexavalent)** : cancer broncho-pulmonaire et des cavités nasales uniquement mentionné pour manipulation d'acide chromique, chromates et bichromates alcalins. Il est nécessaire de faire une demande devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles.
- **Tableau 12 (trichloroéthylène et dichlorométhane)** : Les cancers ne sont pas pris en compte concernant les affections professionnelles provoquées par les dérivés halogénés d'hydrocarbures aliphatiques (comme le trichloroéthylène). Il est nécessaire de faire une demande devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles.
- **Tableau 25 (silice)** : le cancer bronchopulmonaire est cité comme complication de la silicose.
- **Tableaux 30, 30bis (amiante)** : pour les cancers liés à l'amiante.
- **Tableau 33 (béryllium)** : « Maladies professionnelles dues au béryllium et à ses composés » : dermatose, conjonctivite, béryllose chronique, mais le cancer pulmonaire n'est pas inscrit dans ce tableau et il est donc nécessaire de faire une demande de reconnaissance de maladie professionnelle devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles.
- **Tableau 61 bis (cadmium)** : Le cancer broncho-pulmonaire est inscrit dans le tableau « Maladies professionnelles provoquées par le cadmium et ses composés » mais avec une liste de travaux limitative. Il est nécessaire de faire une demande devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles en dehors des travaux décrits dans cette liste.

- **Droit au suivi cancérigène post-professionnel** : oui si exposition à un cancérigène classé C1 ou C2 de l'UE ou cancer cité dans un tableau de MP.

## Autres activités pouvant être concernées

Restauration d'objets d'art en bronze, fabrication d'objets en bronze (poignées, lustres, cadres, pièces de monnaie de collection, cloches...).

## Pour en savoir plus

- Béryllium et composés minéraux. Fiche toxicologique INRS - N° 92
- Recherche sur le béryllium : conférence internationale, mars 2005, Montréal CANADA- DMT 103TD142, 3ème trimestre 2005.
- Consulter la base de données MetroPol sur le site INRS : Recueil de méthodes de prélèvement et d'analyse de l'air pour l'évaluation de l'exposition professionnelle aux agents chimiques.
- Biotox : Guide biotoxicologique pour le médecin du travail. [INRS/BIOTOX](#). ED 791.

## Evolution de la fiche

Cette fiche est appelée à être modifiée en fonction des connaissances toxicologiques et des techniques utilisées dans les entreprises. Vos remarques nous intéressent et vous pouvez nous les faire parvenir à l'adresse suivante : [preventiondst.cramif@assurance-maladie.fr](mailto:preventiondst.cramif@assurance-maladie.fr)

## Autres outils disponibles

Le réseau prévention CNAMTS-CRAM/CARSAT-CGSS-INRS met à votre disposition d'autres outils complémentaires :

- sur le site INRS ([www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)), **le dossier [Agir sur le risque chimique cancérigène en entreprise](#)** dans lequel vous trouverez :
  - les fiches FAR (Fiches d'Aide au Repérage par activité),
  - les fiches FAS (Fiches d'Aide à la Substitution par activité),
- **un cd-rom (CD 0371) « Agir pour prévenir les cancers professionnels d'origine chimique »**, que vous pouvez vous procurer :
  - ⇒ si vous êtes en Ile de France, auprès de la [CRAMIF](#)
  - ⇒ si vous êtes en province, prenez contact auprès de votre CRAM/CARSAT.

La CRAMIF programme régulièrement des formations ([www.cramif.fr](http://www.cramif.fr)) concernant les cancérigènes professionnels dont l'amiante.