

Traitement thermique des métaux

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

TRAITEMENT THERMIQUE METAUX - BAINS DE TREMPER - RECUIT - TREMPER - REVENU - CEMENTATION - CARBONITRURATION - NITRURATION - HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP) - FORMALDEHYDE - N-VINYLPYRROLIDONE - PLOMB - FIBRES CERAMIQUES REFRACTAIRES - PREVENTION - CANCER PROFESSIONNEL

Description de l'activité, du métier, du poste

Le traitement thermique d'une pièce métallique consiste à lui faire subir des transformations de structure au moyen de cycles prédéterminés de chauffage et refroidissement afin d'en modifier les caractéristiques mécaniques. Les principaux traitements thermiques sont :

- la trempe : Un cycle de trempe est constitué d'une montée à température, d'un palier de maintien à cette température et d'un refroidissement plus ou moins rapide en fonction de la nature du métal. Les milieux de refroidissement sont liquides ou gazeux.
- le revenu : Le revenu s'applique aussitôt après la trempe. Il peut être simple ou multiple, le cycle thermique de revenu est composé d'une montée à température, d'un palier de maintien et d'un refroidissement lent. Les températures de revenu sont inférieures à celles de la trempe. Le revenu se pratique aussitôt après la trempe.
- le recuit : il se fait après un chauffage, un maintien à température et un refroidissement lent qui modifie la structure du métal en lui redonnant ses propriétés d'origines (élimination des contraintes thermiques et mécaniques antérieures).

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.



Photo CETIM



Photo Bodycot Hit

Les traitements thermochimiques modifient la composition des éléments chimiques en surface des pièces. Ils sont effectués dans des milieux et à des températures particulières qui apportent un ou plusieurs éléments chimiques et confèrent à la pièce des propriétés superficielles nouvelles. Il s'agit de :

- cémentation (augmentation du pourcentage de carbone en surface), elle peut être solide, liquide ou gazeuse,
- nitruration (apport d'azote),
- carbonitruration (apport et diffusion de carbone et azote).

La plupart des cycles de traitements thermiques et thermochimiques nécessitent l'utilisation pour le refroidissement de bains de trempe. La pièce métallique est portée et maintenue à la température requise puis est plongée dans le bain de trempe : eau avec ou sans additif, solution de polymères* (polyacrylates, polyalkylènes glycol, polyalcools vinyliques, polyvinylpyrrolidone), huiles, sels (utilisés pour les bains de trempe et les traitements thermochimiques), plomb. Il existe différents types de bains de sels : sels cyanurés (risque des vapeurs d'acide cyanhydrique), nitrites/nitrates, sels contenant du baryum, du strontium, du calcium...

Les pièces peuvent être dégraissées avant de subir le traitement thermique, avec des solvants ou des produits lessiviels.

Les températures de traitement sont de 800-1100°C, parfois jusqu'à 1250°C.

** Les bains de polymères présentent l'avantage d'éviter les risques d'incendie mais il n'est pas évident qu'ils entraînent moins de risque pour la santé des opérateurs. Les produits qu'ils émettent sont plus irritants et odorants que ceux émis par les bains d'huile, ce qui alerte l'opérateur.*

Nuisances cancérigènes

Substance ou procédé :

Substance ou procédé	Commentaires	Classification UE actuelle ^(a)	Classification CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer)	Organes cibles des cancers
Trichloroéthylène	Des solvants sont utilisés pour le dégraissage des pièces, un dégraissage peut être fait par des produits lessiviels.	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
N-vinylpyrrolidone ou 1-vinyl-2-pyrrolidone	Produit de dégradation thermique lors de trempe au polymère à base de polyvinylpyrrolidone	3	3	Foie, cavités nasales, larynx (rat) preuves insuffisantes
Formaldéhyde *	Produit de dégradation lors de trempe au polymère (polyacrylate, polyalcools vinyliques)	3	1	Nasopharynx Sinus et cavités nasales (suspectés). Leucémie (suspectée)
Acétaldéhyde	Produit de dégradation lors de trempe au polymère (polyacrylate, polyalcools vinyliques, polyalkylènes glycol)	3	2B	Cavités nasales (suspecté)

^(a) 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

* **Classification française :** La France a classé les travaux exposant au formaldéhyde dans la liste des substances, préparations et procédés cancérigènes (arrêté du 13 juillet 2006 modifiant l'arrêté du 5 janvier 1993). Cette classification rejoint celle du CIRC.

Substance ou procédé	Commentaire	Classification UE actuelle ^(a)	Classification CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer)	Organes cibles des cancers
Benzène	Produit de dégradation lors de trempe au polymère (polyvinylpyrrolidone)	1	1	Leucémie
HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) dont le benzo(a)pyrène	Produit de dégradation lors de trempe à l'huile Exposition lors de la maintenance et de l'entretien des fours de cémentation (1 à 2 fois par an) qui s'encrassent	2 (benzo(a)pyrène)	1 (benzo(a)pyrène)	Peau, poumons, vessie, rein (suspecté)
Plomb	La trempe dans des bains de plomb est une technique peu utilisée (traitement de fils métalliques). Le plomb fond à 327°C et dégage au-dessus de 500°C des vapeurs qui s'oxydent au contact de l'air pour former des particules d'oxyde de plomb (ND 2147-183-01). Risque de contamination par inhalation de poussières mais aussi risque d'absorption digestive par les mains souillées.	/	2A (dérivés inorganiques) 2B (plomb métal)	Reins, estomac, poumons (discutés)
Nitrosamines : NDELA	La formation de nitrosamines se fait par réaction d'une amine secondaire et de nitrite, la NDELA (N-nitrosodiéthanolamine) est produite par de l'éthanolamine en présence de nitrite alcalin. Les amines secondaires peuvent être contenues dans le liquide lessiviel utilisé pour le dégraissage.	/	2B	

	Commentaire	Classification UE actuelle ^(a)	Classification CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer)	Organes cibles des cancers
Champs électromagnétiques (CEM)	Lié à l'utilisation de chauffage par induction pour réaliser des trempes superficielles. Les fréquences utilisées sont en général comprises entre 0,5 et 500 Hz (extrêmement basse fréquence).	/	2B	Le CIRC a classé les CEM d'extrêmement basse fréquence en 2B en raison du risque de leucémie chez l'enfant.
Rayonnement UV	Les surfaces portées à température élevée exposent les opérateurs à des rayonnements UV.	/	2A	Peau
Fibres céramiques réfractaires	L'isolation des fours anciennement en amiante a souvent été remplacée par des FCR.	2	2B	Poumons
Chrome (VI)	Pour certaines cémentations à base de solides, des éléments métalliques tels que chrome et béryllium peuvent être contenus dans les ciments. Risque d'inhalation de poussières lors de la manipulation des ciments (ND 2147-183-01). Les ciments solides sont en principe utilisés pour la cémentation en caisses dans un four, les ciments sont en contact direct avec les pièces.	1	1	Poumons Cavités nasales
Béryllium		2	1	Poumons

▪ **Autres maladies possibles :**

- **Exposition aiguë :** brûlures thermiques par contact, asthme, irritation des voies respiratoires et muqueuses, dermatoses. Intoxications par des vapeurs, gaz.

A noter le risque de dégagement d'acide cyanhydrique avec les bains de sels cyanurés et le risque majeur (risque mortel) en cas de mélange avec des acides.

- **Exposition chronique :** Irritation des voies respiratoires, des muqueuses et de la peau, fibrose (FCR), cataracte (exposition aux infrarouges), béryllose.

Voies de contamination habituelle

- **Inhalation** : Oui, vapeurs émises par les bains de sels, d'huile, de polymère...
- **Passage à travers la peau** : Oui (solvants, huile, HAP)...
- **Ingestion** : Contact avec des mains souillées (en particulier pour le plomb)
- **Diffusion du risque hors du poste de travail** : Les brouillards d'huile peuvent contaminer d'autres ateliers.

Outils d'évaluation

- **Prélèvements atmosphériques** :

HAP : benzo(a)pyrène : VME : 150 ng/m³ (recommandation CNAMTS)

N-nitrosamines : 1 µg/m³ (valeur de recommandation allemande sur 8h)

N-vinylpyrrolidone : VME : 0,454 mg/m³ (0,1ppm)

Formaldéhyde : VME : 0,61 mg/m³ (0,5 ppm), VLCT : 1,23 mg/m³ (1 ppm)

L'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, anciennement AFFSET) recommande pour le formaldéhyde :

- de fixer une valeur limite (8 h) de 0,2 ppm (soit 0,25 mg/m³),
- de fixer une valeur limite court terme sur 15 min (VLCT) de 0,4 ppm (soit 0,5 mg/m³).

Trichloroéthylène : VME : 405 mg/m³, VLCT : 1080 mg/m³

Benzène : VME : 3,25 mg/m³ (valeur réglementaire contraignante)

Plomb métal et composés : VME : 0,1 mg/m³ (valeur réglementaire contraignante)

FCR : VME : 0,1 f/cm³ (valeur réglementaire contraignante)

Trioxyde de chrome : VME : 0,05 mg/m³, VLCT : 0,1 mg/ m³

L'ANSES (anciennement AFFSET) recommande une baisse de cette VME à 1 µg/m³. A titre d'information, aux USA, la valeur proposée par le NIOSH est de 1 µg/m³.

Chrome métal : VME : 2 mg/ m³

Béryllium et composés :

- France : VME : 2 µg/m³ d'air.
- L'ANSES (anciennement AFFSET) recommande en 2010 une valeur de 0,01 µg/m³.
- L'ACGIH¹ a abaissé cette valeur à 0,05 µg/m³ en 2009.

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** : possible pour les métaux et benzo(a)pyrène.
- **Dosage sanguin ou urinaire** :
 - Dosage urinaire possible pour le chrome, le benzène (acide trans, trans-muconique), le benzo(a)pyrène (3 hydroxybenzo(a)pyrène) et le trichloréthylène (acide trichloracétique)
 - Dosage sanguin : plombémie

Prévention

▪ Substitution :

Le choix du bain dépend des qualités recherchées pour le métal.

Choix de bains moins dangereux :

- trempe à l'eau mais dans ce cas il faut connaître les additifs,
- substitution des bains de sels : préférer les fours à basses pressions, trempe sous gaz.

Pour le dégraissage : Substituer les solvants chlorés par des solvants lessiviels sans amines secondaires ou possibilité de nettoyage mécanique (abrasifs sans silice).

- **Travail en vase clos** : pour les ciments solides la préparation en vase clos évite l'inhalation de poussières.

¹ American Conference of Governmental Industrial Hygienists : c'est un organisme américain qui réexamine les limites d'exposition et présente ensuite ses recommandations.

- **Captage au plus près :**
Captage des vapeurs pour les bains de trempe.
- **Mode opératoire - Organisation - Maintenance :**
Eviter le risque de surchauffe.
Préférer les fours basses pressions aux bains de sels et même aux fours à pression atmosphérique (parfaite étanchéité, plus faible quantité de gaz, haut niveau d'automatisation des fours basses pressions).
Attention aux hublots qui doivent filtrer les UV.
Protéger les aires de travail de la contamination par l'huile. Laisser un couvercle sur les bains en cas d'inactivité.
Nettoyage régulier des locaux.
- **Equipement de protection individuelle (= EPI) :** Protecteur facial, lunettes de sécurité, gants et vêtements de protection contre la chaleur car les projections sur la peau peuvent causer des brûlures (la température de l'huile de trempe peut dépasser 100°C).
- **Mesures d'hygiène collectives et individuelles :**
 - Local pour les vêtements de ville et local pour les vêtements de travail, séparés par une douche.
 - Ne pas manger, boire, fumer, mâcher du chewing-gum dans l'atelier.
 - Manger dans des locaux propres, après avoir quitté ses vêtements de travail 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.
- **Indicateurs de contrôle de l'efficacité des mesures prises :**
Prélèvements atmosphériques, frottis de surface, dosages biométriologiques, mesures des vitesses d'air pour le contrôle de l'efficacité des captages.

Réparation

- **Tableau de maladie professionnelle (MP) :** non exhaustif
 - **Formaldéhyde :** le cancer du nasopharynx est inscrit dans le [Tableau 43bis](#) « Affections cancéreuses provoquées par l'aldéhyde formique ». Pour les autres cancers, il est nécessaire de faire une demande de reconnaissance de maladie professionnelle devant le Comité Régional de reconnaissance de Maladie Professionnelle.
 - **Huiles minérales :** le cancer cutané est inscrit au [Tableau 36 bis](#).
 - **Benzène :** leucémie et syndromes myéloprolifératifs sont inscrits au [Tableau 4](#).
 - **Trichloroéthylène :** le cancer n'est pas inscrit dans le [Tableau 12](#), il est nécessaire de faire une demande de reconnaissance de maladie professionnelle devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles.
 - **Plomb métal et composés :** le cancer n'est pas inscrit dans le [Tableau 1](#), il est nécessaire de faire une demande de reconnaissance de maladie professionnelle devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles.

- **Chrome VI** : les cancers broncho-pulmonaires et des cavités nasales sont inscrits au [Tableau 10ter](#), mais avec liste limitative des travaux, il est nécessaire de faire une demande de reconnaissance de maladie professionnelle devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles.
- **Béryllium** : le cancer n'est pas inscrit dans le [Tableau 33](#), il est nécessaire de faire une demande de reconnaissance de maladie professionnelle devant le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles.
- **Droit au suivi cancérogène post-professionnel** : Oui pour les cancérogènes de catégorie 1 et 2 de l'UE ou si le cancer est cité dans un tableau de maladie professionnelle.

Pour en savoir plus

- 1-Vinyl-2-pyrrolidone. INRS. Fiche toxicologique n° 235.
- Plomb. INRS. Fiche toxicologique n° 59
- Ateliers de traitement thermique. INRS ND 2147-183-01
- Solubilisation des métaux dans les fluides d'usinage. INRS ND 2148-183-01
- Yves DESALOS. Introduction aux traitements thermiques des métaux et alliages. Les Techniques de l'Ingénieur. M 1105. Décembre 2003.
- 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

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), **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) concernant les cancérigènes professionnels dont l'amiante.