

Partenariat Services de Santé au Travail - Carsat Pays de la Loire

2009 - 2013



Carsat Retraite & Santé au travail
Pays de la Loire

SECURITE SOCIALE
l'Assurance Maladie

RISQUES PROFESSIONNELS

Santé Travail
PAYS DE LA LOIRE
FEDERATION REGIONALE
SERVICES DE SANTE AU TRAVAIL
INTERPROFESSIONNELS

Sstrw⁺
SERVICE de SANTE au TRAVAIL
de la REGION NANTAISE

Agist
groupe ment
interprofessionnel
de santé au travail

sate
Santé au travail
en Mayenne

smiec
Prévention et santé au travail ...

**Santé
au travail**

**R
E
S
T
E
V**

LE CHROME VI EN MILIEU DE TRAVAIL

AVANT-PROPOS

Dans le cadre de la convention signée, en juin 2008, entre la Carsat et la Fédération des Services de Santé au Travail des Pays de la Loire, il a été décidé de réaliser une cartographie des expositions professionnelles au chrome hexavalent¹ sachant que ses composés (trioxyde de chrome, chromate de zinc... à l'exception du chromate de baryum) sont classés cancérogènes et visés par le décret CMR.

Cette étude sur l'exposition au chrome VI, menée conjointement par les services prévention de la Carsat Bretagne et Pays de Loire dont le laboratoire interrégional de chimie de l'ouest (LICO) et les services de santé au travail de la région des Pays de la Loire, a permis de recueillir un certain nombre de données sur l'exposition des salariés (43 prélèvements) dans plusieurs secteurs d'activité, sur les sources d'émissions, sur les tâches à risques et sur les moyens de supprimer ou d'atténuer l'exposition des salariés.

Les résultats de l'étude, qui ne prétend pas être exhaustive, doivent permettre de mieux appréhender les risques associés au chrome VI et les mesures à mettre en œuvre pour supprimer ou limiter les risques. Ils sont à replacer dans un contexte particulier d'abaissement de la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) sur 8 h de 50 µg/m³ à 1 µg/m³ à compter du 1^{er} juillet 2014.

Ce document, qui vise à promouvoir les actions de substitution et de maîtrise réussies ou recommandées, est à l'attention des intervenants en prévention (des contrôleurs et des ingénieurs-conseils des Carsat, des médecins du travail, des IPRP, de la DRTEFP), des chefs d'entreprises, des CHSCT, des délégués du personnel.

A noter, les différents supports de prélèvements ont été analysés par les laboratoires de la Carsat Pays de la Loire, Sud-est et de la CRAM Île-de-France.

¹ Appelé chrome VI dans la suite du texte

Ont participé à l'étude :**CARSAT**

Pays de la Loire : F. Leray, A. Jacq, R. Lebreton, S. Nicolas
Bretagne : C. Le Trionnaire

FEDERATION SSTI : C. Barat
GIST : G. Bourdel, J.B. Orain
RESTEV : C. Dutreuil, Dr. Grossin
SATM : N. Poilpré, Dr. Levrard
SMIEC : N. Moreau
SSTRN : Dr. Guiet, J.Y. Oheix
SMIS : L. Rebour
ST72 : E. Portanguen, Dr Hefti

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS.....	1
CHAPITRE 1 : INFORMATIONS GENERALES.....	5
1- Quelques exemples d'applications et/ou sources d'émissions possibles	5
2- Sélection des entreprises et des secteurs d'activités.....	6
3- Données toxicologiques	6
3.1- Toxicité aiguë.....	6
3.2- Toxicité chronique	6
3.3- Valeurs limites d'expositions professionnelles et interprétation des résultats	7
CHAPITRE 2 : EXPLOITATION DES RESULTATS	8
1- Prélèvements d'atmosphère	8
1.1- Ensemble des résultats.....	9
1.2- Activité de soudage	10
1.2.1- Généralités	10
1.2.2- Déterminants de l'exposition	13
1.2.3- Analyse globale des résultats	14
1.2.4- Actions à mener.....	18
1.3- Traitement de surface	21
1.3.1- Généralités	21
1.3.2- Voie humide	22
1.3.2.a- Déterminants de l'exposition	22
1.3.2.b- Analyse globale des résultats.....	23
1.3.2.c- Actions à mener.....	25
1.3.3- Projection thermique (plasma d'arc soufflé et HVOF).....	28
1.3.3.a- Déterminants de l'exposition.....	28
1.3.3.b- Analyse globale des résultats.....	28
1.3.3.c- Actions à mener.....	28
1.4- Autres secteurs d'activité investigués	29
1.4.1- Ébavurage, meulage, ponçage, polissage.....	29
1.4.2- Découpe plasma, laser et orbitale.....	31
1.4.3- Tanneries	32
1.4.4- Cimenterie	33
1.4.5- Fonderie.....	35
2- Prélèvements surfaciques	36
3- Prélèvements bio-métrologiques	38
CONCLUSION.....	39
ANNEXE 1 : LEXIQUE.....	41
ANNEXE 2 : METHODE DE PRELEVEMENTS.....	42
BIBLIOGRAPHIE	43

CHAPITRE 1 : INFORMATIONS GENERALES

1- Quelques exemples d'applications et/ou sources d'émissions possibles

Le chrome peut se trouver en milieu de travail sous forme métallique et sous divers états d'oxydation (II, III, VI).

Les composés du chrome VI sont très largement utilisés dans l'industrie. Leurs utilisations les plus importantes sont la fabrication de pigments hydro-solubles, comme le dichromate de potassium, et hydro-insolubles tels que les chromates de plomb, de zinc, d'inhibiteurs de corrosion comme le chromate de strontium ou de zinc, la préservation du bois tel que le trioxyde de chrome.

Certains peuvent aussi être utilisés en tannage. Si cette industrie a réussi à substituer, dans la plupart des cas, le chrome VI par le chrome III, le fait d'utiliser dans son processus un oxydant tel que le permanganate de potassium oxyde de nouveau celui-ci en chrome VI.

L'acide chromique est pour sa part utilisé dans le chromage des métaux à des fins décoratives, mais aussi dans l'électrolyse dite de «chromage dur» où le dépôt en chrome est beaucoup plus épais. De manière plus spécifique, les traitements de surface par projection thermique comme le plasma d'arc soufflé ou l'HvOF, procédés par voie sèche, utilisent du chrome métal et/ou des composés du chrome.

De grandes quantités de chrome sont utilisées pour concevoir de l'acier inoxydable ou autres alliages spéciaux.

Lors d'opérations de soudage ou de découpe d'aciers inoxydables, les opérateurs peuvent être exposés à des émissions de chrome VI dans des proportions dépendantes des conditions opératoires qui seront décrites dans le présent rapport.

Règlement REACH – Substances soumises à autorisation

Pour information, les substances listées à l'annexe XIV du règlement REACH sont interdites, sauf pour certaines utilisations expressément autorisées par la Commission Européenne.

La liste de substances concernées par cette procédure d'autorisation est disponible sur le site de l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA). Pour continuer à utiliser une substance soumise à autorisation, un utilisateur en aval de la chaîne doit :

- ✓ soit utiliser la substance en respectant les conditions de l'autorisation octroyée pour cet usage à un acteur en amont de la chaîne, et le notifier à l'Agence ;
- ✓ soit soumettre un dossier de demande d'autorisation pour son usage.

Les composés du chrome VI concernés par la procédure d'autorisation sont :

Substance	Número CAS	Date limite d'utilisation sans autorisation	Date limite de demande d'autorisation
Dichromate d'ammonium	7789-09-5	21/09/2017	21/03/2016
Chromate de potassium	7789-00-6		
Trioxyde de chrome (VI)	1333-82-0		
Dichromate de potassium	7778-50-9		
Chromate de sodium	7775-11-3		
Dichromate de sodium	7789-12-0 10588-01-9		
Acides générés à partir du trioxyde de chrome et leurs oligomères (acide chromique, acide dichromique)	7738-94-5 13530-68-2	21/05/2015	21/11/2013
Jaune de sulfochromate de plomb (CI pigment yellow 34)	1344-37-2		
Rouge de chromate, de molybdate et de sulfate de plomb (CI pigment red 104)	12656-85-8		
Chromate de plomb	7758-97-6		

2- Sélection des entreprises et des secteurs d'activités

43 entreprises (265 mesures) ont été sélectionnées soit par les SSTI, soit par le service prévention de la Carsat, sachant que l'objectif de ces interventions consistait prioritairement à évaluer un risque lié à l'exposition des salariés au chrome VI.

Secteurs d'activité	Nombre d'entreprises	Nombre de mesures
Soudage	15	76
Traitement de surface	14	87
Autres :	14	102
<ul style="list-style-type: none"> • Ebavurage, ponçage, polissage • Usinage • Tannerie • Cimenterie • Fonderie • ... 		

3- Données toxicologiques [6]

Le chrome métal et les composés renfermant du chrome trivalent sont responsables d'affections locales (eczémas de contact et irritations bronchiques) et de troubles digestifs en cas d'ingestion (ulcères gastro-duodénaux et nausées).

Le chrome hexavalent, ou chrome VI, présente des effets spécifiques sur la santé du travailleur qui ont été abordés dans de nombreuses études.

3.1- Toxicité aiguë

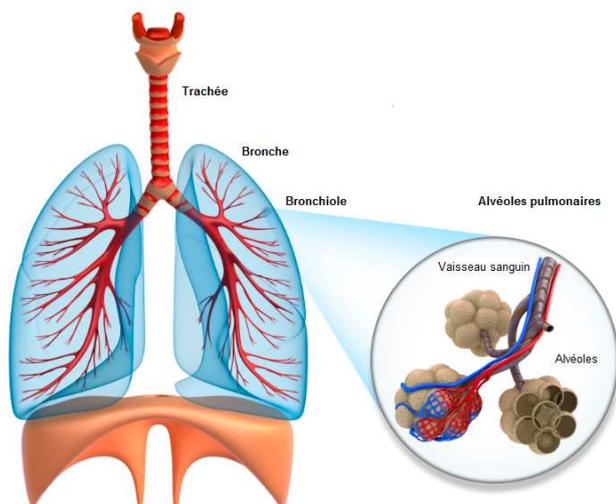
Sans seuil d'effets précis, elle provient essentiellement des propriétés corrosives et irritantes du chrome hexavalent. Selon les voies d'exposition, les pathologies développées peuvent être sévères :

- inhalation : peut amener à une irritation des muqueuses respiratoires provoquant ainsi des ulcérations des fosses nasales, douleurs thoraciques, etc ;
- contact cutané : action locale avec des brûlures sévères de la peau. En cas d'atteinte oculaire lors d'expositions accidentelles, les conséquences peuvent aller de la simple conjonctivite à des lésions graves de la cornée ;
- ingestion accidentelle : brûlures bucco-œsophagiennes, douleurs épigastriques, etc.

3.2- Toxicité chronique

Les expositions respiratoires chroniques peuvent conduire à des pathologies respiratoires non-cancéreuses liées aux propriétés irritantes du chrome hexavalent : rhinorrhées, saignements de nez, ulcérations, perforations de la cloison nasale, asthme, etc.

Le contact cutané répété peut provoquer une sensibilisation et des dermatites eczématiformes.



Enfin, l'exposition professionnelle chronique au chrome VI et de ses composés (trioxyde de chrome, chromate de zinc... à l'exception du chromate de baryum) **accroît le risque de cancers broncho-pulmonaires** justifiant ainsi son classement cancérogène de **catégorie 1A** selon le règlement CLP, Classification Labelling and Packaging, (H350, peut provoquer le cancer).

Dès 1990, le CIRC a classé les composés du chrome VI dans le groupe 1 : "*l'agent est cancérogène pour l'homme*".

Ces affections font l'objet des tableaux n° 10, 10 bis, 10 ter des maladies professionnelles indemnisables.

Pour plus de précisions, consulter notamment la fiche toxicologique INRS n° 1 du Trioxyde de chrome (2009).

3.3- Valeurs limites d'expositions professionnelles et interprétation des résultats

Les travaux exposant les salariés au chrome métal et ses composés sont notamment visés par les articles R4412-40 à R4412-93, R4535-9 et D4152-10 du Code du Travail (anciens R231-56 et suivants) établissant les règles particulières de prévention du risque cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction.

L'objectif des interventions se situe dans une démarche de prévention et d'évaluation des risques. Les résultats obtenus pour le chrome VI sont comparés à une valeur de référence issue de la réglementation française. Le décret n° 2012-746 du 9 mai 2012 fixe, de manière contraignante, la nouvelle valeur limite d'exposition professionnelle sur 8 h du chrome hexavalent et ses composés à $0,001 \text{ mg/m}^3$ (ou $1 \text{ }\mu\text{g/m}^3$) et la valeur limite court terme à $0,005 \text{ mg/m}^3$ ($5 \text{ }\mu\text{g/m}^3$). [5]

L'abaissement de la VLEP (8h) est en partie basée sur l'étude ANSES [5] qui a notamment mis en exergue un excès de risque 5 à 28 cas de cancers pulmonaires supplémentaires sur une population de 1000 travailleurs pour une exposition professionnelle égale à la VLEP de $50 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ de chrome VI (modèle linéaire sans seuil).

Les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) servent de référence dans l'évaluation de l'exposition des travailleurs aux différents polluants présents dans l'atmosphère au poste de travail.

Le respect de la valeur limite pour le chrome VI n'est pas une garantie contre toute atteinte à la santé des personnes exposées. A ce titre, **pour les substances cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR), l'objectif est d'avoir des niveaux d'exposition les plus bas possibles.**

A noter : les autorités américaines via le Niosh envisagent de fixer une valeur limite d'exposition au chrome VI plus contraignante de $0,2 \text{ }\mu\text{g/m}^3$.

CHAPITRE 2 : EXPLOITATION DES RESULTATS

1- Prélèvements d'atmosphère (cf. annexe 2 : méthode de prélèvement)

Plusieurs types de prélèvements d'atmosphère selon la méthode METROPOL 84 [8] ont été réalisés :

- auprès des voies respiratoires des opérateurs sur de longues durées, afin de mesurer leur exposition moyenne et se référer à la VLEP (8 h) de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- en point fixe, à proximité des postes de travail, afin de mesurer la pollution ambiante et/ou de caractériser les sources de pollution.

Globalement, les prélèvements individuels ont :

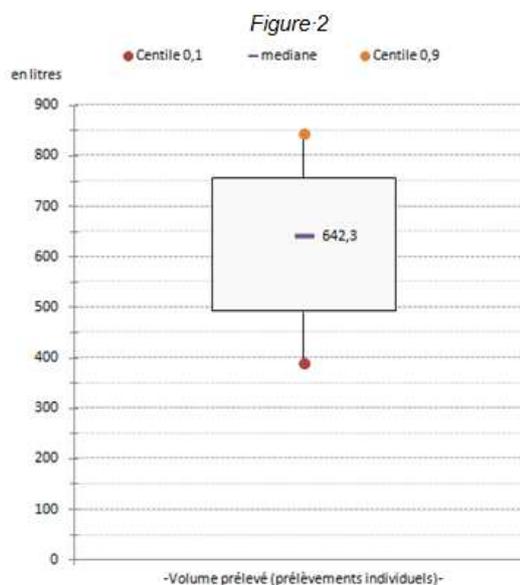
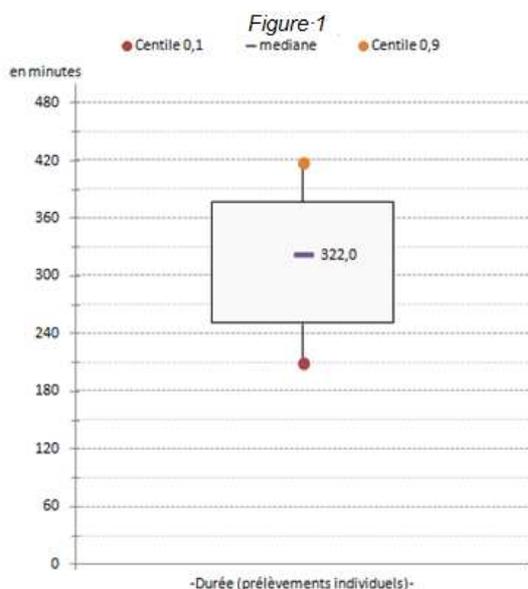
- une durée comprise entre 210 et 420 minutes avec une médiane de 322 minutes (cf. Figure 1: "boîtes à moustaches")
- un volume prélevé compris entre 380 et 850 litres. Les mesures d'exposition ont été effectuées à un débit de 2 L/min (cf. Figure 2).

Pour une comparaison à la valeur limite d'exposition professionnelle VLEP (8 h), le prélèvement doit être représentatif d'une journée habituelle de travail.

Certains résultats n'ont pas été retenus dans cette étude, compte tenu de la durée de ces prélèvements jugée inadaptée. Seules les mesures représentatives de l'exposition réelle de l'opérateur sur la journée de travail ont été prises en compte.

A noter, les supports ont été préparés et analysés par les laboratoires des Carsat Pays de la Loire, du Sud-est et de la Cram Île de France.

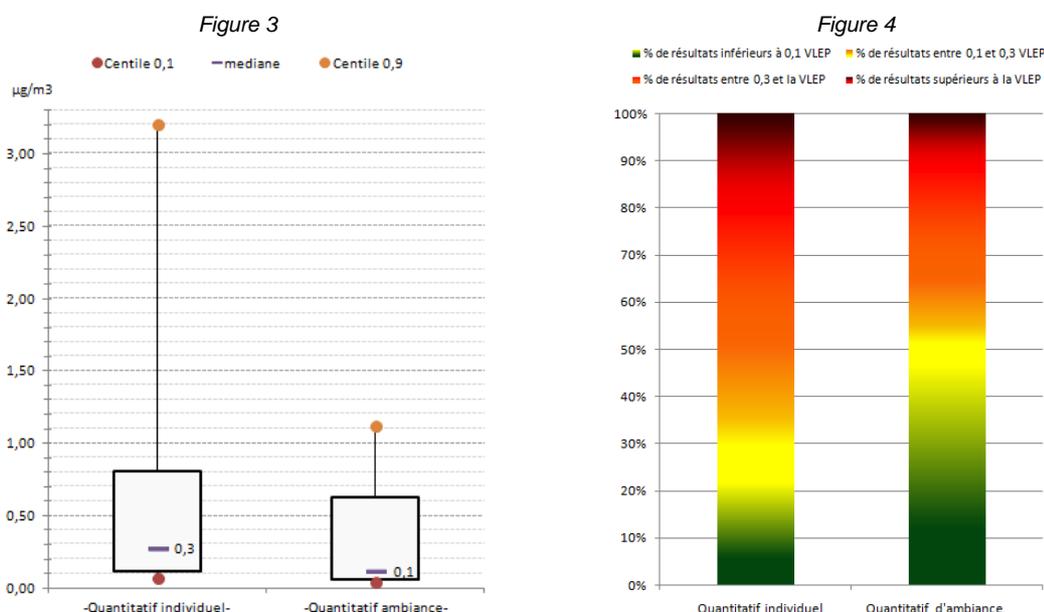
Dans le cas de la présente étude, les expositions court terme (VLCT) n'ont pas été évaluées.



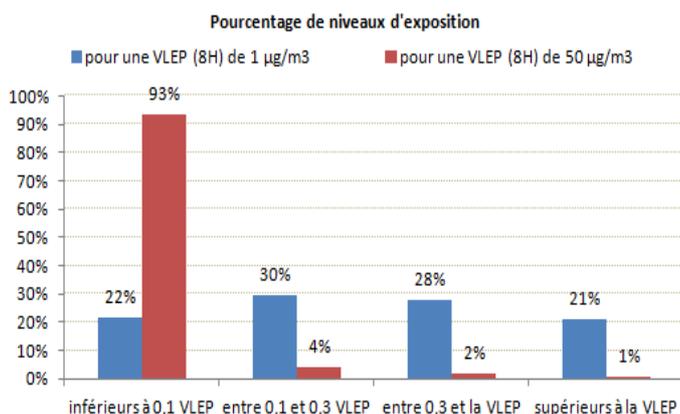
1.1- Ensemble des résultats

		Individuel	Ambiance
Nombre de mesures	-	166	99
Moyenne	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2.02	0.49
Médiane	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,28	0,12
Maxi	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	97,43	4,89
Mini	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,02	0,02
% de résultats :	%		
• inférieurs à 0,1 VLEP		22 %	46 %
• entre 0,1 et 0,3 VLEP		30 %	18 %
• entre 0,3 et la VLEP		28 %	23 %
• supérieurs à la VLEP		21 %	12 %

Les prélèvements individuels et d'ambiance ne peuvent pas être comparés. Si les prélèvements individuels témoignent de l'exposition réelle des salariés au poste de travail, ceux en points fixes apportent des éléments complémentaires à la compréhension des phases ou des procédés exposants.



Si la moitié des résultats sont globalement inférieurs à 30 % de la VLEP (8 h), un quart est supérieur à cette dernière. Ces niveaux d'exposition sont excessivement importants.



Globalement, 21% des niveaux d'exposition mesurés sont supérieurs à la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) sur 8 h de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, si l'on compare ces mêmes résultats avec la précédente valeur de référence de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ moins d'1 % serait supérieur.

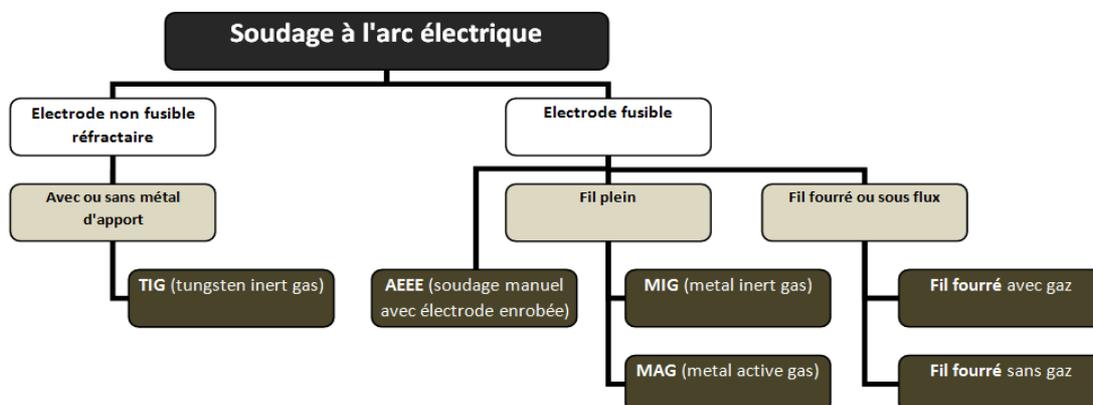
Cette proportion approcherait les 60 % en comparaison avec la valeur de $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ recommandée par le Niosh.

Une analyse fine des expositions, pour l'ensemble des métiers ou des tâches effectuées par les opérateurs sera menée (figure 3) dans les paragraphes à venir à l'unique condition d'un nombre de résultats de prélèvements suffisant pour une exploitation statistique ($n > 10$). Dans le cas contraire, l'exploitation des résultats sera simplement qualitative.

Dans le document, des propositions de mesures de prévention collective et individuelle sont décrites pour chaque métier. Ces dernières ont pour seul objectif la suppression et/ou la réduction des niveaux d'exposition au chrome VI. Bien évidemment, celles-ci ne sont pas exhaustives et se heurtent parfois à la difficulté de renoncer à l'utilisation du chrome ou de procédés susceptibles d'émettre du chrome VI.

1.2- Activité de soudage

1.2.1- Généralités



Les principaux procédés [3] de soudage rencontrés dans le cadre de cette étude sont :

- Le **procédé manuel à l'arc électrique avec électrode enrobée (AEEE)**, le plus répandu : l'électrode est constituée d'une baguette métallique (l'âme) revêtue d'un enrobage adhérent.

Localement, l'électrode fond avec le métal à souder et la température très élevée est largement supérieure à $5\,500^\circ\text{C}$.



En pratique, l'opérateur gratte la surface à souder avec l'extrémité de l'électrode qu'il éloigne pour obtenir la longueur d'arc. L'écartement entre l'électrode et la pièce à souder est constant.

- Les procédés à l'arc électrique sous protection gazeuse :
 - **TIG (électrode non fusible et gaz inerte)** : après le soudage à l'électrode enrobée, c'est l'un des procédés les plus utilisés.

La chaleur nécessaire pour la soudure est générée par un arc électrique. La température de l'arc TIG est comprise entre 3 400 à 4 000°C. L'arc est transmis au métal à souder par une électrode réfractaire au tungstène non fusible et le bain de soudure est protégé par un flux de gaz inerte (Argon avec / ou non de l'Hélium).

A noter, au tungstène est associé parfois du thorium, classé comme cancérigène avéré par le CIRC.

Ces électrodes à l'extrémité rouge et identifiées par un marquage "WT" doivent être remplacées par des électrodes à base d'oxydes de lanthane (marquage "WL") ou de cérium (marquage "WC"). Pour plus de renseignements, consulter les FAR 15 et FAS 20 de l'INRS.

- **MIG (électrode fusible et gaz inerte) et MAG² (gaz actif et électrode fusible)** : contrairement au TIG, l'arc électrique est véhiculé par un fil électrode fusible sans fondant.

Le fil est disposé sur un dévidoir. Le soudeur appuie sur la gâchette de la torche de soudage pour débiter le gaz protecteur, alimenter l'arc électrique et dévider le fil électrode. Les gaz protecteurs utilisés sont :

1. MIG : le plus souvent de l'argon ou un mélange argon – hélium
2. MAG : en général du dioxyde de carbone (CO₂), un mélange argon-dioxyde de carbone ou argon - dioxyde de carbone - oxygène (O₂).

Une fois l'arc amorcé, la fusion peut atteindre des températures élevées de l'ordre de 6 650°C.

² Non étudié dans le cadre de l'étude

La vitesse et l'intensité peuvent varier en fonction du mode de fusion choisi :

- court-circuit : aux faibles intensités, lorsque le fil touche le métal à souder, un court-circuit se déclenche.

A l'extrémité du fil se forme une "boule" qui se détache du fil, sachant que la vitesse est faible. Le cordon de soudure est formé par la mise bout à bout de ces "boules" ;

- globulaire : à des intensités intermédiaires entre celles pour le court-circuit et l'Arc Spray, la goutte plus grosse se détache spontanément et de façon erratique avant que le fil de soudure ne touche le métal de base ; donc avant le court circuit.



Ce mode de fusion est relativement instable et à l'origine de nombreuses projections ;

- Arc Spray : aux fortes intensités, le métal est pulvérisé. Le fil ne touche pas le métal de base. Dès qu'il arrive à proximité, de fines gouttelettes sont éjectées de l'extrémité du fil.

Ce mode de fusion est utilisé pour la production en masse ; plus l'intensité sera forte, plus fines seront les gouttelettes et plus grande sera la vitesse.

- o **Fil fourré** : un des procédés les plus émissifs après le procédé manuel à l'arc électrique avec électrode enrobée (AEEE). Dans ce procédé de soudage, la protection se fait par un flux présent à l'intérieur du fil électrode et non, comme pour l'AEEE, par un enrobage.

La principale différence avec les procédés MIG/MAG réside dans le fait que le centre de l'électrode contient un fondant (ou flux). En se consommant, ce dernier libère des gaz qui protègent le bain de fusion et forme une couche en excès qui protège l'arc. Ce procédé peut utiliser un gaz protecteur.

1.2.2- Déterminants de l'exposition

Les émissions générées, dont celles de chrome VI, vont dépendre du matériau à souder, de la nature des composés présents à sa surface (peinture, graisse, solvant de dégraissage, etc.), du gaz utilisé dans le procédé et de la nature de l'électrode (du flux et/ou de l'enrobage) ou du métal d'apport.

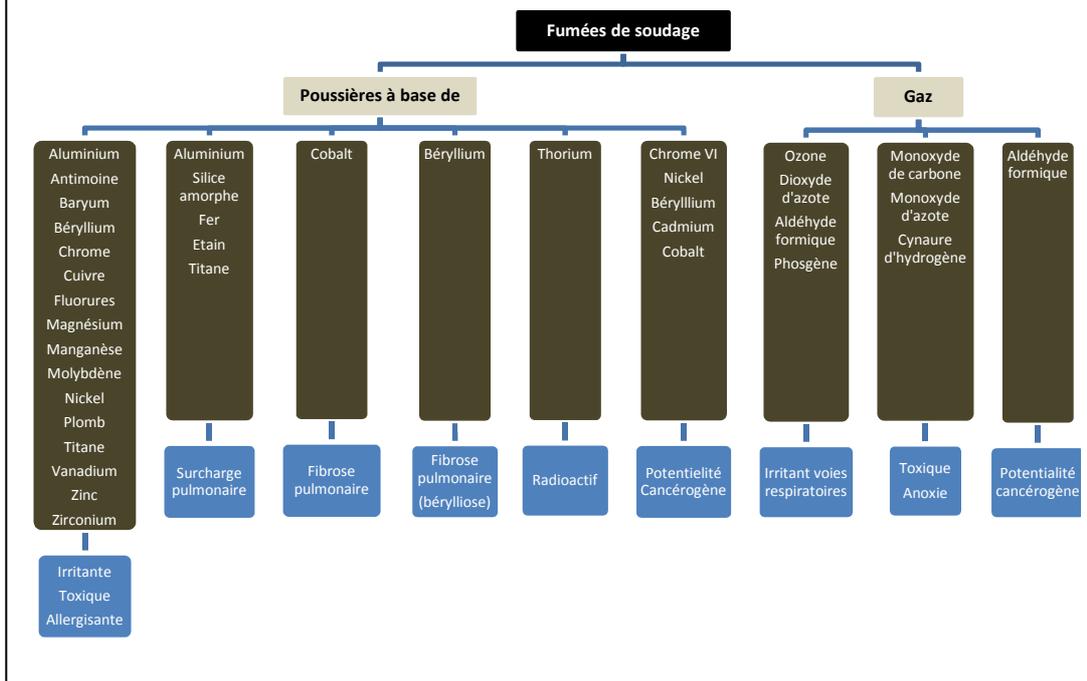


Le chrome VI provient principalement du métal d'apport et/ou de la nature de l'électrode, donc implicitement du procédé, mais peut aussi être attribué à la nature du métal de base [2]. Pour rappel, 95 % des fumées de soudage sont dues aux produits d'apport.

Outre le type de procédé et les paramètres mis en œuvre (vitesse, puissance électrique, température...), d'autres facteurs sont susceptibles d'influencer l'exposition des opérateurs. On citera entre autres :

1. la configuration du poste de travail (milieu confiné ou ouvert) ;
2. la présence de système d'extraction des polluants à la source ;
3. la durée effective de la tâche de soudage ;
4. la taille et la forme des pièces ;
5. la position du soudeur, notamment vis-à-vis de l'extraction ;
6. le port et le type d'appareil de protection respiratoire (APR).

Pour information, un excès de risque significatif de cancers broncho-pulmonaires chez les soudeurs a été mis en évidence dans plusieurs publications depuis 1990, dont celle du CIRC. Les facteurs de confusion tels que l'amiante et le tabagisme ont été récemment écartés par le NIOSH. Cependant, la relation dose-effet entre les niveaux et les durées d'exposition et le risque de cancer méritent d'être précisément évalués, et font classer les fumées de soudage en catégorie 2B par le CIRC : "l'agent est peut être cancérigène pour l'homme".



1.2.3- Analyse globale des résultats

1.2.3.a- Pour l'ensemble des procédés

Nombre d'entreprises		16	
		Individuel*	Ambiance
Nombre de mesures	-	55	21
Moyenne	µg/m ³	4.23	0.78
Médiane	µg/m³	0.55	0.19
Maxi	µg/m ³	97.43	4.89
Mini	µg/m ³	0.03	0.02
% de résultats :	%		
• inférieurs à 0,1 VLEP		11 %	33 %
• entre 0,1 et 0,3 VLEP		27 %	29 %
• entre 0,3 et la VLEP		29 %	19 %
• supérieurs à la VLEP		33 %	19 %

* Les prélèvements individuels ont été réalisés à l'extérieur des appareils de protection respiratoire dans la majorité des cas.

Du fait des très hautes températures atteintes au point de fusion, les différents procédés de soudage à l'arc électrique ont l'inconvénient de générer des fumées.

Tous procédés de soudage confondus, 62 % des prélèvements individuels sont supérieurs à 30 % de la VLEP (8 h) et 33 % supérieurs à cette dernière. Les valeurs les plus importantes (97.43 µg/m³) ont été obtenues en zones confinées.

Les concentrations mesurées en point fixe sont en général plus faibles que celles mesurées en individuel. Dans 38 % des cas, les résultats sont supérieurs à 30 % de la VLEP (8 h), impliquant une possible pollution à proximité de la zone de travail concernée.

L'analyse détaillée des situations de travail investiguées montre que 65 % des entreprises concernées par l'étude ne disposaient pas de système d'extraction des polluants à la source.

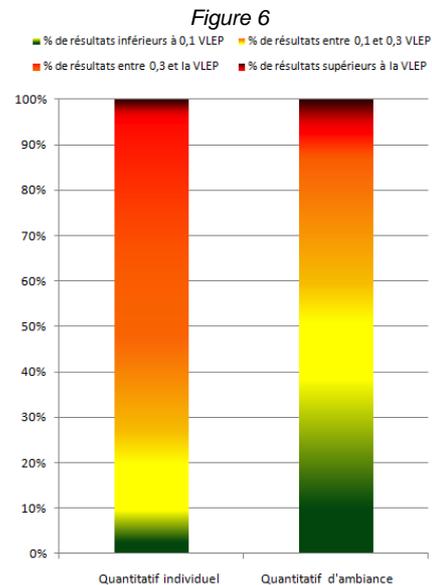
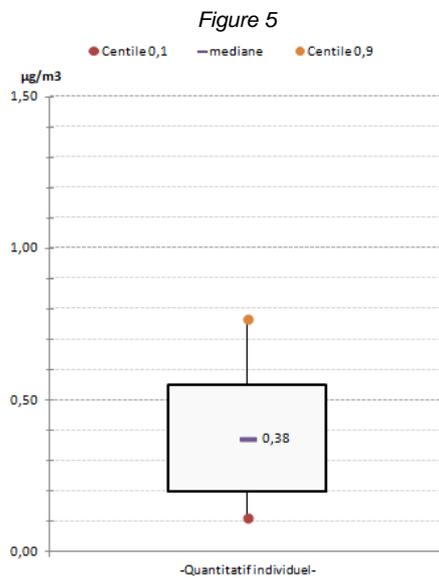
Notons que les systèmes utilisés pour l'extraction sont essentiellement la torche aspirante et le bras articulé.

1.2.3.b- Par type de procédé

		Procédé TIG		Autres procédés		
				MIG	Electrodes enrobées (AEEE)	Fil fourré ³
		Individuel	Ambiance	Individuel	Individuel	Individuel
Nombre de mesures	-	21	13	7	8	5
Moyenne	µg/m ³	0.41	0.26	3.88	14.27	0.70
Médiane	µg/m³	0.38	0.12	5,18	3,21	0.04
Maxi	µg/m ³	1.05	1.40	5,80	97,43	3.16
Mini	µg/m ³	0.03	0.02	0,67	0,12	0.03
% de résultats :	%					
• inférieurs à 0,1 VLEP		10 %	38 %			
• entre 0,1 et 0,3 VLEP		38 %	46 %			
• entre 0,3 et la VLEP		48 %	8 %			
• supérieurs à la VLEP		5 %	8 %			

³ Trop peu de valeurs pour une exploitation statistique et être représentatif du procédé

1. **Pour le procédé TIG** : l'exploitation statistique des prélèvements individuels montre que les résultats sont globalement inférieurs à la VLEP de $1\mu\text{g}/\text{m}^3$, le centile 0.9 est inférieur à $0.8\mu\text{g}/\text{m}^3$. La distribution des valeurs est symétrique avec une médiane centrée à $0.38\mu\text{g}/\text{m}^3$. (cf. Figure 5)



Cette technique entraîne une diminution substantielle des fumées du fait qu'elle permet notamment :

- de se passer d'un enrobage pour la baguette de métal d'apport,
- de nécessiter d'une quantité de métal d'apport relativement faible, le métal de base sert aussi de métal d'apport,
- d'avoir un arc électrique ainsi qu'un bain de soudure protégés par un gaz inerte (non oxydant) qui limite, dans le cas de la soudure inox, la formation de chrome VI,
- d'obtenir une température de fusion du métal à souder quasi immédiate à corrélérer à une zone à souder extrêmement localisée, sur quelques millimètres uniquement.

Bien que beaucoup moins émissifs que les autres procédés de soudage, les soudeurs d'acier inoxydable sont exposés au chrome VI puisque 48 % des résultats sont compris entre 30 et 100 % de la VLEP (8 h) et que 5 % des résultats la dépassent. Le fait d'utiliser un métal d'apport est susceptible d'accentuer l'émission de fumées et les niveaux d'exposition des opérateurs au chrome VI.

2. **Pour les autres procédés** :

Le faible nombre de résultats pour les procédés MIG, électrodes enrobées (AEEE) et fil fourré rend difficile voire impossible une analyse statistique et comparative des résultats.

- **MIG** :

Avec ce procédé, la formation de fumées comme la crépitation avec la projection de particules métalliques incandescentes peuvent être très importantes et sont notamment fonction du mode de fusion employé (court-circuit, globulaire ou Arc Spray). Le procédé MIG à arc stable (Arc Spray) a une intensité de soudage pour fournir instantanément une pulsation d'énergie élevée et favorise, par conséquent, l'émission de fumées donc de chrome VI.

Les niveaux d'exposition générés par ce procédé de soudage sont logiquement très importants, 5 fois la VLEP (8 h). La médiane ($5.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est proche de la valeur maxi ($5.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Cette dernière a été obtenue à un poste de soudage de tubes et de pièces en inox ne disposant pas de captage localisé.

Pour la valeur mini de $0.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, le temps d'arc a été relativement court à un poste de travail équipé d'un bras aspirant efficace.

- **AEEE :**

D'une manière générale, l'utilisation d'électrodes enrobées (AEEE), technique de soudage fréquemment utilisée pour l'assemblage de structures en acier inox dans la construction navale, amène à des situations d'expositions supérieures à la VLEP de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, avec des concentrations sur 8 h comprises entre $0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $97.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

C'est sans conteste le procédé qui dégage le plus de fumées. Ces concentrations extrêmement importantes sont notamment dues à la nature de l'enrobage ainsi qu'à la puissance mise en œuvre. La chaleur dégagée par ce procédé de soudage est intense. L'énergie nécessaire pour obtenir la fusion du métal via ce procédé est importante, il faut une température très élevée (supérieure à $5\,500\text{ °C}$).

La production de fumées et la projection de particules métalliques sont importantes. Ces fumées sont issues de la mise en fusion du métal à souder, de l'âme et de la combustion du métal d'enrobage de l'électrode.

Les concentrations ont été obtenues pour :

- les plus importantes ($97.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), lors du soudage, dans des zones confinées, de pièces très épaisses. L'intensité pour souder ce type de pièces est logiquement plus élevée ;
- les plus faibles ($0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sous l'appareil de protection respiratoire (APR) de type adduction d'air à un poste de travail équipé d'une aspiration localisée.

A titre d'exemples :

Dans une zone confinée	Présence d'une aspiration localisée	Mesure réalisée*	Niveaux d'exposition en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Oui	Non	A l'extérieur de l'APR	97.4
		A l'intérieur de l'APR	4.8
Non	Oui	A l'extérieur de l'APR	3.2
		A l'intérieur de l'APR	0.1

(*) : Opérateurs équipés d'un APR de type adduction d'air

Le fait de trouver des niveaux d'exposition extrêmement importants à l'intérieur de l'APR (env. $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) montre qu'il est primordial :

- d'installer des aspirations localisées au plus près des sources d'émission avant de mettre des APR à disposition des opérateurs.
- de vérifier que le facteur de protection assigné des APR soit adapté au niveau de pollution.

Même si l'étude n'a pas permis de le vérifier, il convient a priori de distinguer deux techniques :

- la technique montante : la soudure s'effectue du bas pour aller vers le haut. Cette technique nécessite une énergie de mise en œuvre relativement moyenne. En sa défaveur, elle semble assez lente ;
- la technique descendante : à l'inverse, l'opérateur soude du haut vers le bas. Cette technique plus rapide demande une énergie plus importante et doit logiquement être plus exposante.

A temps d'exposition plus ou moins similaires, deux paramètres peuvent expliquer l'importance de l'intervalle des résultats observés :

- la composition des électrodes enrobées : l'enrobage des électrodes est variable, certains peuvent contenir jusqu'à une vingtaine de pour cent de chrome métal qui, combiné au chrome présent dans le support à souder comme l'inox, donne lieu à des expositions importantes. Les situations de travail impliquant des électrodes exemptes de chrome ont systématiquement conduit à des niveaux d'exposition plus faibles.
- le niveau de confinement : les situations de travail sur chantier naval amènent fréquemment à souder dans des zones plus ou moins confinées. Bien que des systèmes de ventilation générale aient été installés dans la plupart des cas observés, les niveaux d'exposition relevés lors d'opération de soudage avec électrodes enrobées riches en chrome étaient très importants (> à 45 x VLEP).

Une récente étude de cas sur chantier naval, non prise en compte dans ce rapport, confirme ces observations avec, en milieu semi-confiné, un niveau d'exposition à 94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et, en extérieur, 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Une électrode enrobée contenant du chrome a été utilisée dans les deux cas.

- **Fil fourré** :

Le nombre de valeurs est insuffisant pour être représentatif du procédé.

1.2.4- Actions à mener

1.2.4.a- Supprimer ou substituer

La première étape de la démarche de prévention réside dans la suppression des expositions. Toutefois, renoncer au soudage est dans la plupart des cas difficile à mettre en œuvre. L'entreprise doit néanmoins rechercher si des alternatives au soudage existent, comme à titre d'exemple l'achat ou la fabrication de pièces pouvant être assemblées sans soudage.

1.2.4.b- Privilégier la protection collective

Une solution de prévention envisageable et efficace est l'extraction des polluants au plus près de la source d'émission.

En fonction de la configuration des lieux, des pièces à souder, du type de procédé, l'entreprise peut s'orienter vers une des solutions suivantes (voir Guide de Ventilation INRS n° 7 ED 668) :

	TIG	MIG (et MAG)	AEEE	Fil fourré
Aspiration liée à l'outil (torche aspirante...)	En développement	x		
Caisson ou table aspirante par le plan de travail et/ou par le dosseret	x	x	x	x
Aspiration localisée déplaçable et amovible (bras articulé ou râteliers d'aspiration)	x	x	x	x
Cabine de soudage	x	x	x	x

A noter, les fumées doivent ensuite être évacuées directement à l'extérieur du local de travail.

L'étape de conception de l'installation ne doit pas être négligée pour assurer un système efficace et adapté aux besoins de l'entreprise. Elle ne peut se faire sans la participation des soudeurs. Il est important de rappeler que tout moyen d'extraction des polluants à la source nécessite un suivi dans le temps pour une efficacité optimale (contrôle périodique du réseau de ventilation).

1.2.4.c- Utiliser des produits moins exposants

L'entreprise doit au préalable procéder au nettoyage soigneux du matériau à souder (graisse) et vérifier que ce dernier n'est pas recouvert de peinture, notamment à base de chromate de plomb.

1.2.4.d- Privilégier des procédés moins exposants

Pour le soudage sur acier, préférer le soudage sous gaz protecteur au procédé AEEE et privilégier par ordre le procédé TIG au MIG et le MIG au MAG.

L'intensité des expositions lors des opérations de soudage est étroitement liée aux procédés mais aussi à la formulation des consommables mis en œuvre. A ce titre, des fabricants de consommables proposent d'ores et déjà des solutions qui permettent d'atténuer les émissions de chrome VI dans les fumées.

Pour le procédé :

- **MIG** : les principaux inconvénients du soudage MIG et de surcroît du MAG proviennent des fumées et des projections. Ces derniers sont dépendants du réglage des paramètres électriques et de l'atmosphère de l'arc. L'entreprise a intérêt à utiliser un mélange gazeux bien évidemment compatible avec les exigences opératoires mais ayant le plus faible pouvoir oxydant. L'addition de zinc dans le fil d'apport, même si son efficacité n'a pas pu être vérifiée lors de l'étude, permet a priori d'agir sur les fumées et d'atténuer en partie l'émission de chrome VI [2 et 3].
- **AEEE** : les niveaux d'exposition au chrome VI vont dépendre de la puissance électrique mise en œuvre et de la nature de l'enrobage. Il est donc possible de réduire l'émission en chrome VI en jouant sur la formulation de l'enrobage, le fait d'utiliser des électrodes avec un faible pourcentage de chrome peut permettre d'atténuer considérablement l'émission de chrome VI.
- **Fils fourrés** : même si ce procédé n'a pas été réellement évalué, l'entreprise peut jouer sur la formulation des poudres de remplissage en y associant un mélange gazeux faiblement oxydant, ne contenant pas de CO₂.

Bien évidemment, le fait d'automatiser les opérations de soudage supprime de facto le risque d'exposition professionnelle.

1.2.4.e- Organiser les postes de travail

Isoler le(s) poste(s) de soudage du reste du local de travail (cloison, rideaux) peut permettre de réduire les transferts de pollution.

1.2.4.f- S'assurer du port des protections individuelles

Lorsque les moyens de protection collective ne permettent pas de réduire l'exposition à un niveau suffisamment bas, le port d'un appareil de protection respiratoire, en sus des protections individuelles contre le bruit, les brûlures, les rayonnements et les projections, peut être, en complément, recommandé.

Si la pollution au poste de travail est trop importante, les APR ne seront pas la panacée pour obtenir des niveaux d'exposition modérés (cf. § 1.2.3.b sur l'AEEE). Il faut, préalablement à la mise à disposition d'APR, privilégier la mise en place d'aspirations localisées.

On distingue différents types d'appareils de protection respiratoire (APR). Le type à mettre à disposition des opérateurs sera fonction du procédé, les « fumées de soudage » peuvent contenir en sus du chrome VI, de nombreuses et diverses poussières métalliques inhalables et des gaz issus de réactions chimiques (air ambiant et/ou gaz protecteur).

Procédés	Gaz émis		
	CO	NO _x	O ₃
TIG [Ar]			Oui
MIG [Ar, He]			Oui
MAG [CO ₂] sur Al ou Inox	Oui		Oui
MAG [CO ₂] sur acier	Oui	Oui	
AEEE		Oui	Oui

A minima, l'entreprise doit mettre à disposition :

- masques filtrants, avec filtres de classe AB2P3 :
 - à cartouches (ou jetables) : ces masques filtrants ne peuvent être utilisés que pour des temps d'arc très limités,
 - à ventilation assistée : cet appareil de protection respiratoire est constitué d'une cagoule (ou d'un masque), d'un moteur et d'un bloc filtrant. Cet air via le moteur est prélevé dans l'environnement de l'opérateur et transite dans le bloc filtrant avant d'alimenter la cagoule.
- masque à adduction d'air : ces masques diffèrent des précédents du fait qu'ils sont alimentés en air respirable conforme à la norme NF EN 12021 via un compresseur d'air comprimé.

Il faut privilégier ce type d'APR lorsqu'il y a un manque possible d'oxygène (concentration en oxygène < 17%) ou lorsque la toxicité est trop importante (exemple : zone de travail confinée).

Pour plus de renseignements sur le choix de l'APR, veuillez vous reporter à l'ED 780 "Les appareils de protection respiratoire - choix et utilisations" et 98 "Les appareils de protection respiratoire - fiche pratique sécurité" de l'INRS.

1.3- Traitement de surface

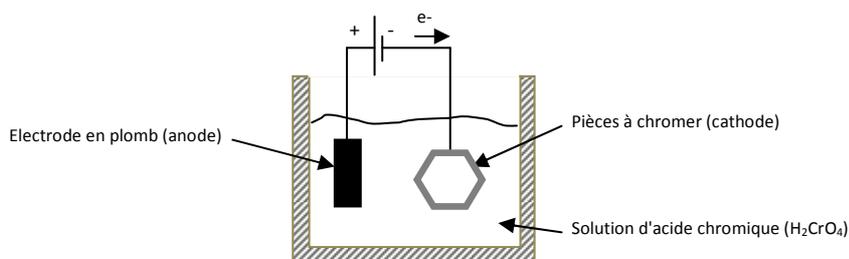
1.3.1- Généralités

Pour de nombreuses activités, comme par exemples la mécanique industrielle, la chaudronnerie, l'aéronautique, le chrome VI permet d'améliorer les caractéristiques physiques des produits finis (tenue à la corrosion, résistance à l'usure ou dureté...) ou de modifier l'aspect de surface (couleur, stabilité de la brillance...).

Il est mis en œuvre soit par :

1. **voie humide** [9] afin de déposer à la surface du matériau un dépôt métallique via des bains de traitement de surface. Les concentrations des bains, généralement comprises entre 150 g/l et 450 g/l, sont ajustées suivant les matériaux à traiter (acier, aluminium, matières plastiques...), les caractéristiques recherchées et leur mise en œuvre :
 - **les procédés électrolytiques** pour les dépôts métalliques de :
 - faible épaisseur $< 10 \mu\text{m}$: **chrome décor** pour de l'ameublement, la décoration, les bijoux, les jouets, le petit outillage...
 - forte épaisseur $\geq 10 \mu\text{m}$: **chrome dur** (ou "*chromage dur*") pour les pièces automobiles, les rouleaux d'imprimerie, la coutellerie...

La réduction de l'acide chromique (chrome VI) à la cathode conduit à un dépôt de chrome métal sur la pièce. Le dégagement d'hydrogène à la cathode favorise l'émission d'acide chromique dans l'atmosphère.



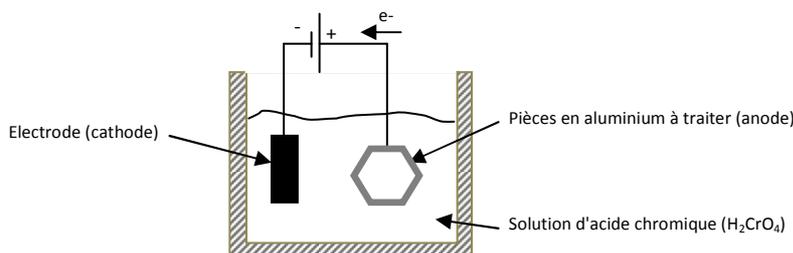
A priori, on ne retrouve pas, selon une étude du CETIM, de chrome VI dans le dépôt de chrome dur (CETIM réf 2009/641/DT/JREB/SROU).

- **les décapages sulfochromiques**,
 - sur plastiques (galvanoplastie) : la pièce en plastique (ABS...) est plongée dans un bain sulfochromique (H₂SO₄ + CrO₃) afin d'en aviver la surface et la préparer pour recevoir un dépôt métallique (exemple : bouchon de parfum) ;
 - sur aluminium pour enlever la couche superficielle d'oxyde (alumine) et lui permettre ainsi de subir ultérieurement un traitement de surface.

- **les procédés de conversions chimiques** à base de sels de chrome afin de former, lors de l'immersion de la pièce en aluminium dans une solution d'acide chromique, une couche superficielle de chromate à la surface de l'aluminium et améliorer sa résistance à la corrosion.

Le fait d'avoir du chrome VI dans la couche superficielle du matériau peut générer des niveaux d'expositions élevés lors d'opérations d'usinage et/ou de ponçage.

- **les bains d'oxydation anodique chromique** : L'objectif est d'oxyder l'aluminium en alumine, sur une épaisseur comprise entre 2 et 8 μm . L'alumine est particulièrement imperméable et empêche de ce fait la corrosion de continuer à attaquer chimiquement l'aluminium plus en profondeur.



2. **projection thermique** afin de déposer par projection thermique à la surface du matériau à traiter un revêtement à base notamment de chrome. Plusieurs milliers de projections peuvent être réalisées suivant les caractéristiques souhaitées du revêtement :
 - les torches à plasma d'arc soufflé utilisent le confinement d'un arc électrique pour augmenter fortement la température, de façon à générer un plasma à partir d'un gaz "plasmagène". Ce plasma sert ensuite à fondre et à accélérer le matériau à projeter à une vitesse d'environ deux fois la vitesse du son,
 - le procédé HvOF (High Velocity Oxy-Fuel ou Projection par Flamme Supersonique) est une amélioration de la projection au chalumeau. Il utilise le principe des moteurs de fusée pour créer une flamme avec une vitesse d'éjection des gaz très importante. La détente s'effectue dans une tuyère à une vitesse supersonique pouvant atteindre 6 fois la vitesse du son.

1.3.2- Voie humide

1.3.2.a- Déterminants de l'exposition

Sachant que le chrome VI peut être libéré par l'acide chromique (majoritairement utilisé) ou par les chromates ou bichromates de sodium ou de potassium (plus rarement utilisés), les postes de travail les plus exposants correspondent :

- au chargement, déchargement et décrochage des pièces, (les mises aux bains sur lignes manuelles),
- au suivi des bains, notamment les ajustements en concentration et pH,
- aux opérations de maintenance et de nettoyage du matériel.

Plusieurs facteurs peuvent influencer l'exposition des opérateurs au chrome VI, dont :

- la concentration dans les bains et les quantités utilisées (volume des bains),
- les températures mises en œuvre,
- l'efficacité des systèmes de captation localisée,
- le type de procédé,
- les méthodes de travail (égouttage, séchage, transfert manuel ou automatisé...).

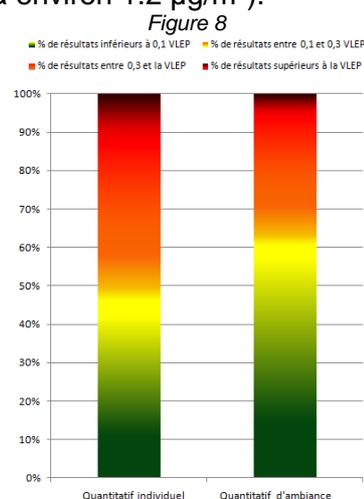
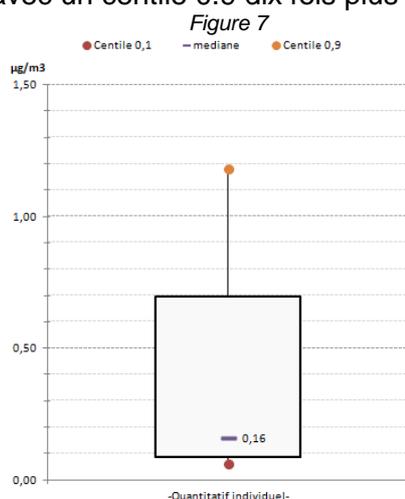
A noter, les projections de solutions concentrées d'acides ou de bases provoquent des brûlures caustiques de la peau et des yeux. L'exposition répétée à des aérosols est notamment responsable d'irritation des voies respiratoires supérieures se traduisant parfois par des saignements de nez et des ulcérations nasales, de toux si les conditions d'exposition sont particulièrement défavorables et d'irritations oculaires.

1.3.2.b- Analyse globale des résultats

Nombre de prélèvements	14
------------------------	----

		Individuel	Ambiance
Nombre de mesures	-	43	44
Moyenne	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,50	0,34
Médiane	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,16	0,075
Maxi	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,12	2,84
Mini	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,02	0,02
% de résultats :	%		
• inférieurs à 0,1 VLEP		42 %	57 %
• entre 0,1 et 0,3 VLEP		16 %	14 %
• entre 0,3 et la VLEP		28 %	23 %
• supérieurs à la VLEP		14 %	7 %

On observe une variabilité importante des expositions pour les prélèvements individuels (cf. Figure 7) : la médiane est de $0,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec un centile 0.9 dix fois plus important, à environ $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

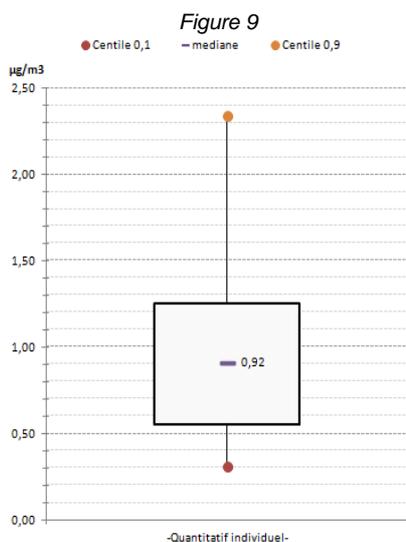


Les procédés de traitement de surface diffèrent trop pour une exploitation globale des résultats. Le chromage dur doit être traité à part des autres procédés de traitement de surface.

A noter, les bains de 13 entreprises sur 14 étudiées sont équipés de systèmes de captages localisés en uni ou bi-latéral..

1. Pour le chromage dur

		Individuel	Ambiance
Nombre de mesures	-	16	17
Moyenne	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.08	0.52
Médiane	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,92	0,465
Maxi	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,12	1,59
Mini	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,12	0,06
% de résultats :	%		
• inférieurs à 0,1 VLEP		0 %	24 %
• entre 0,1 et 0,3 VLEP		13 %	12 %
• entre 0,3 et la VLEP		50 %	69 %
• supérieurs à la VLEP		38 %	9 %



Les niveaux d'exposition des opérateurs sont importants voire extrêmement importants.

L'exploitation statistique des prélèvements individuels montre que :

- pas un seul prélèvement individuel n'est inférieur au 10% de la VLEP,
- la moitié des opérateurs (médiane = $0,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sont soumis à des concentrations supérieures à la valeur de référence.

Les opérateurs avec les niveaux d'exposition les plus importants ($3,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ont successivement :

- mis des pièces dans des bains équipés de dispositifs de captage insuffisamment efficaces,
- usiné ces mêmes pièces sur des tours de polissage non aspirés.

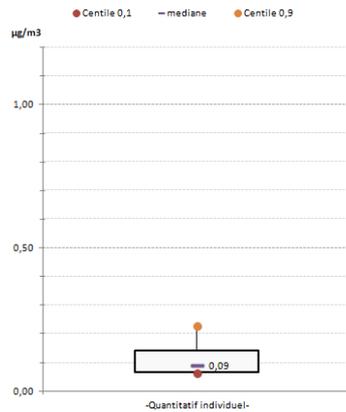
Certaines expositions sont aussi dues à l'utilisation dans des zones peu ventilées :

- du jet d'eau pour le rinçage des pièces à la sortie du bain,
- de la soufflette d'air comprimé afin de les sécher.

Les concentrations obtenues en ambiance (principalement au-dessus des bains) sont plus faibles que celles observées en individuel. Néanmoins, 78 % d'entre-elles dépassent les 30 % de la VLEP.

2. Pour les autres procédés

		Individuel	Ambiance
Nombre de mesures	-	21	22
Moyenne	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.13	0.07
Médiane	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,09	0,06
Maxi	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.44	0.26
Mini	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,02	0,02
% de résultats :	%		
• inférieurs à 0,1 VLEP		67 %	82 %
• entre 0,1 et 0,3 VLEP		24 %	18 %
• entre 0,3 et la VLEP		10 %	0 %
• supérieurs à la VLEP		0 %	0 %



Les niveaux d'exposition trouvés sont logiquement plus modérés que pour le chromage dur avec une médiane inférieure au 10^{ème} de la VLEP.

La plupart des prélèvements ont été réalisés sur des lignes automatisées, ventilées et séparées du reste de l'atelier.

1.3.2.c- Actions à mener

a. Supprimer ou substituer

La substitution du chrome VI est difficile mais possible pour un certain nombre d'applications, notamment pour les procédés de chrome décor et une partie des chromages durs.

A ce titre, des exemples sont mentionnés dans la FAS 8 disponible sur le site de l'INRS, ainsi que dans le document de la CRAMIF DTE 220 « Traitement de surface ».

Les caractéristiques physiques et d'aspect des produits sont assez proches voire similaires.



> La réglementation impose la substitution lorsque cela est techniquement possible.

Description de l'utilisation du produit à substituer

Les oxydes de chrome VI (hexavalent) sont largement utilisés dans la métallurgie sous forme d'acide chromique, de bichromate de potassium, de bichromate de sodium... Ils sont utilisés dans des bains de traitement de surface par voie électrolytique. Pour l'acier, les applications principales sont les suivantes :

- > Augmentation de la résistance à l'usure d'une pièce par chromage « dur »
- > Protection contre la corrosion
- > Amélioration de l'aspect (couleur, brillance...) par chromage « décor »

Avis sur la substitution

Les oxydes de chrome VI sont des cancérogènes avérés. Tous les composés de chrome VI sont par ailleurs visés par une directive concernant la protection de l'environnement. La substitution peut se faire par un changement de la nature du bain ou par un changement de procédé. Attention : il est apparu récemment que certains procédés projection plasma et High Velocity Oxygen Fuel / HVOF, consistant à projeter à très haute température et à très haute vitesse des alliages ou oxydes de chrome) sont susceptibles de fortement exposer les opérateurs au chrome VI. Ils ne doivent donc pas être considérés comme des procédés de substitution au chromage dur.

Substitution de produit

Bain électrolytique à base de chrome III
Cette protection contre la corrosion peut être réalisée à partir d'un bain électrolytique étain / chrome III.

Substitution de procédé

Protection contre la corrosion par revêtement lamellaire
Pour obtenir un revêtement à base de zinc, la pièce à traiter est immergée dans une résine organo-minérale à base de zinc et d'aluminium. Elle passe ensuite dans un tunnel de cuisson. Cette couche de base protectrice peut être complétée par des couches de finition incolores à base de silicates pour améliorer la tenue à la corrosion et/ou réduire les coefficients de frottement.

Protection contre la corrosion par zingage électrolytique suivi d'une finition organique
Ce procédé est destiné à traiter des petites pièces (vis, ressorts, clips de fixation...). Après zingage électrolytique, la finition organique est réalisée par immersion des pièces dans une peinture spécifique. La couche obtenue est de très faible épaisseur.

Pour aller plus loin
[Page web du site INRS « Réglementation et classification des agents CMR »](#)
[Page web du site INRS « Prévenir les risques liés aux produits CMR »](#)
[Page web du site INRS « Prévenir les risques liés aux produits CMR »](#)
[Document INRS « Aide au traitement de surface. Prévention des risques chimiques, santé et sécurité des personnes » \(D 807\)](#)
[Document INRS « Codes de traitement de surface. Guide pratique de ventilation » à l'INRS\(1\)](#)
[Page web du site INRS « Prévenir les risques liés aux produits CMR »](#)
[Recommandation de la «Hygiène» et ses activités de traitement de surface. Prévention des risques chimiques » \(R 442\)](#)
[Page web du site INRS « Prévenir les risques liés aux produits CMR »](#)
[Page web du site INRS « Prévenir les risques liés aux produits CMR »](#)

Fiche réalisée par un groupe d'ingénieurs-chercheurs, spécialistes de sécurité et conseillers extérieurs de CARSAT, CEA-M et CISE. Elle est destinée à être utilisée en complément de l'évaluation des risques toxicologiques et des techniques utilisées. En cas de diffusion d'autres agents cancérogènes dans votre activité, veuillez contacter : atsa.meli@carsat.fr ou votre interlocuteur à la CARSAT.

fiche d'aide à la substitution

b. Privilégier la protection collective

A titre d'exemples, l'entreprise peut :

- mettre en place un système de ventilation afin de capter à la source les polluants issus des baignoires et des différentes phases du processus. L'installation de ventilation se compose d'un dispositif de captage et de dispositifs de compensation d'air extrait (diffuseur basse vitesse). Afin d'optimiser le compromis coût (de fonctionnement) et efficacité, les dispositifs de captage seront associés à un couvercle ou à un système enveloppant,
- vérifier et entretenir régulièrement le système de ventilation.

Pour plus de renseignements, consulter l'ED 651 « Cuves de traitement de surface » de l'INRS.

c. Utiliser des produits moins exposants

L'entreprise doit limiter la formation :

- de poussières lors de la préparation des solutions en utilisant de préférence des produits en solution ou à défaut sous forme de microbilles,
- d'aérosols lors de l'ajout de produits générant une effervescence (exemple : utilisation de produit pâteux et non sous forme de poudre pour le barytage).

d. Privilégier des procédés moins exposants

A titre d'exemples :

- limiter la manipulation en approvisionnant les produits en quantité ajustée aux besoins (produits dits pré-pesés),
- utiliser dans la mesure du possible des baignoires avec des concentrations en chrome les plus faibles techniquement possibles, sachant que la concentration des baignoires devra progressivement diminuer (de fortes à de plus en plus faibles),
- prévoir :
 - des hauteurs suffisantes, dès la conception des locaux, afin de privilégier la manipulation mécanisée des pièces et la mise en place de couvercles au-dessus des baignoires,
 - un local dédié à la préparation des réactifs avec un captage à la source,
 - des bacs de rétention, pour le stockage des produits et pour les baignoires,
 - des sols convenablement drainés et antidérapants (caillebotis autour des bacs au lieu de zones pleines),
 - une hauteur de franc-bord (distance entre le bord de la cuve et le liquide) supérieure à 20 cm,

- éviter les interventions manuelles pour le remplissage/vidange ou prises d'échantillons des bains,
- favoriser les transferts automatiques et tuyauterie fixe ou à défaut par pompes doseuses mobiles et tuyaux flexibles,
- confiner les zones émissives comme les surfaces d'évaporation (exemple : cuve des effluents) avec des capots, des billes de plastique, des agents mouillants...
- limiter les risques de projections :
 - accrocher les pièces de manière à assurer la vidange totale des corps creux,
 - prévoir des barres d'égouttage surplombant les bains pour limiter le temps de présence de l'opérateur,
 - éviter le rinçage manuel au jet d'eau ainsi que le séchage à la soufflette générant des aérosols et des risques d'éclaboussures,
 - préférer le séchage dans une zone dédiée, délimitée et pourvue d'une aspiration,
 - égoutter suffisamment longtemps les pièces avant toute manipulation et récupérer les égouttures, lors du transfert des pièces entre les bains (plateaux d'égouttage).
- ...

e. Organiser les postes de travail

L'entreprise doit :

- présenter aux personnels les risques liés aux produits, les précautions à prendre, ainsi que les mesures à prendre en cas d'accident,
- limiter au strict besoin de l'activité le nombre de personnes exposées (exemple : séparer la ligne de traitement de surface du reste du local en la "cartérisant") et limiter l'accès des zones dangereuses.

f. S'assurer du port des protections individuelles

Les salariés doivent, en cas d'exposition respiratoire importante, porter un appareil de protection respiratoire (APR) de type BEP3. Ces derniers devront être stockés individuellement dans une boîte hermétique fermée en dehors de l'atelier (exemple : vestiaires).

De surcroît, il faudra limiter le contact avec la peau, les yeux et, par conséquent, mettre à disposition du personnel des vêtements de protection antiacides (tablier long ou tenue antiacide, gants à manchettes longues en matériau multipelliculaire type Responder[®], écran facial de sécurité, bottes antiacides...).

Bien évidemment, ces équipements de protection individuelle ne devront pas se substituer aux équipements de protection collective. Ils seront vérifiés/maintenus en bon état par l'entreprise et nettoyés après chaque usage.

A noter, il faudra aussi installer et régulièrement vérifier le bon fonctionnement de la fontaine oculaire et des douches.

g. Recourir à des mesures pour le nettoyage

Comme :

- prévoir des matériels et matériaux facilitant le nettoyage (exemple : prévoir un fond de cuve incliné vers le point bas pour faciliter la vidange),
- éponger le plus rapidement possible les éclaboussures et déversements.

1.3.3- Projection thermique (plasma d'arc soufflé et HvOF)

1.3.3.a- Déterminants de l'exposition

Les phases de travail les plus exposantes sont :

- le réglage et la surveillance du procédé,
- la maintenance et le nettoyage de la buse de projection.

Les facteurs susceptibles d'influencer l'exposition des opérateurs au chrome VI sont :

- la concentration dans la poudre à projeter de chrome, d'oxydes de chrome ou d'alliages de chrome (carbure de chrome, Ni-Cr...),
- les températures et vitesses de mises en œuvre,
- l'efficacité des systèmes d'aspiration localisée (cabine ventilée),
- le type de procédé (plasma d'arc soufflé ou HvOF).

1.3.3.b- Analyse globale des résultats

		Individuel
Nombre de mesures	-	5
Moyenne	µg/m ³	5,3
Médiane	µg/m³	3,7
Maxi	µg/m ³	15,08
Mini	µg/m ³	1,82

Les niveaux d'exposition des opérateurs sont extrêmement importants, jusqu'à 15 fois la VLEP (8 h), et tous supérieurs au 1 µg/m³. L'efficacité des dossierets aspirants dans les cabines était insuffisante pour assainir suffisamment le poste de travail.

A noter, la valeur la plus importante de 15 µg/m³ a été obtenue lors de la projection d'oxydes de chrome alors que les autres valeurs ont été obtenues avec des alliages de chrome (Ni-Cr, carbure de chrome...).

A noter, les poussières générées par ces 2 procédés plasma d'arc soufflé et HvOF sont ultrafines et très facilement remises en suspension.

1.3.3.c- Actions à mener

a. Supprimer ou substituer

La substitution est certainement possible dans certains cas. Le fait de ne pas réaliser le chromage par projection thermique mais par voie humide peut permettre d'atténuer les niveaux d'exposition des salariés.

b. Utiliser des produits moins exposants

L'entreprise doit limiter l'utilisation de poudres à projeter à base de composés susceptibles d'être ou de devenir cancérigènes pendant le processus de traitement de surface, dont celles à base de chrome, d'oxydes et/ou d'alliages du chrome.

c. Privilégier la protection collective

A titre d'exemple, l'entreprise doit installer une cabine ventilée munie de dosserets aspirants efficaces. La cabine devra être aussi en légère dépression afin d'éviter à la poussière extrêmement pulvérulente de contaminer le reste du local.

d. Organiser les postes de travail

L'entreprise doit réduire le nombre de salariés exposés en limitant l'accès aux zones dangereuses. Les opérations de réglages devront s'effectuer en dehors de la cabine. L'entreprise devra définir un temps avant d'entrer dans la cabine afin de permettre à la poussière d'être captée voire de se déposer.

e. S'assurer du port des protections individuelles

L'entreprise doit mettre à disposition des opérateurs des appareils de protection respiratoire de type FFP3 pour les opérations de courtes durées et à ventilation assistée lors des phases de travail plus importantes à l'intérieur de la cabine.

A noter, pour les opérations extrêmement salissantes comme la maintenance ou le nettoyage de la cabine, les salariés devront porter des gants ainsi qu'une combinaison jetable de type 5. Bien évidemment, ces opérations ne peuvent se faire que si la machine est à l'arrêt (T°C ambiante).

1.4- Autres secteurs d'activité investigués

1.4.1- Ébavurage, meulage, ponçage, polissage

1.4.1.a- Généralités

Les opérations d'ébavurage, de meulage, de ponçage et de polissage d'aciers inoxydables émettent des particules pouvant contenir du chrome VI.

Ces opérations, effectuées sur des matériaux ayant subi un traitement surfacique au trioxyde de chrome ou recouverts de peinture contenant des pigments de type chromate, peuvent également produire des particules de chrome VI.



1.4.1.b- Déterminants de l'exposition

Les principaux facteurs qui peuvent influencer l'exposition des opérateurs sont :

- la durée de l'intervention ;
- la quantité de chrome présente dans les aciers inoxydables ;
- l'absence de système de captation des poussières à la source ;
- le travail en espace confiné ;
- les traitements subis par les matériaux ;
- les peintures présentes sur les matériaux (exemple : chromate de plomb ou de strontium).

1.4.1.c- Analyse globale des résultats

		Individuel	Ambiance
Nombre de mesures	-	8	5
Moyenne	µg/m ³	4,76	0,34
Médiane	µg/m³	1,02	0,37
Maxi	µg/m ³	22,9	0,74
Mini	µg/m ³	0,11	0,09

Les résultats obtenus lors des opérations d'ébavurage, de meulage, de ponçage et de polissage d'aciers inoxydables indiquent que l'exposition par inhalation des opérateurs est modérée si un système d'aspiration (exemple : table aspirante) est présent au poste de travail, environ 10 % de la VLEP (8 h).

En revanche, le meulage et/ou le ponçage avec des outils non aspirés de surfaces ayant été au préalable traitées au trioxyde de chrome et surtout recouvertes d'une peinture à base de chromate génèrent des niveaux d'exposition extrêmement élevés, plus de 20 fois la VLEP (8 h).

La réalisation de ces opérations en espaces confinés augmente notablement le niveau d'exposition des opérateurs.

1.4.1.d- Actions à mener

a. Suppression et substitution

L'entreprise doit notamment supprimer ou substituer les peintures à base de chromate classées cancérigènes.

b. Privilégier la protection collective

Afin de réduire l'exposition des opérateurs, il est nécessaire de mettre en place des systèmes efficaces de captages des poussières au niveau des postes de travail (exemples : table aspirante, outils aspirés).

Une ventilation générale doit compléter les dispositifs de captation localisés pour apporter de l'air neuf dans les locaux de travail.

c. S'assurer du port des protections individuelles

L'entreprise doit mettre à disposition des opérateurs des APR avec filtres de type P3 pour les opérations les plus exposantes :

- de très courtes durées : jetables,
- lors des phases de travail plus importantes : à ventilation assistée.

A signaler, les opérateurs pour les niveaux d'exposition les plus élevés portaient des masques jetables de type FFP3 avec un facteur de protection assigné (FPA) de seulement 10.

Ce type d'APR ne protège pas suffisamment les opérateurs. De plus, pour des niveaux de pollutions extrêmement élevés (ex.: 22,9 µg/m³), on peut légitimement estimer avoir, à l'intérieur de l'APR, des niveaux d'exposition au moins trois fois supérieurs à la valeur de référence.

Préalablement à la mise à disposition d'APR pour les opérateurs, l'entreprise doit mettre en place des protections collectives adaptées.

d. Recourir à des mesures pour le nettoyage

Il a aussi été observé que les opérateurs, dans la plupart des entreprises, nettoyaient leur poste de travail et leurs vêtements à l'aide d'une soufflette d'air comprimé. Cette dernière entraîne la remise en suspension des poussières dans l'air et augmente de facto le niveau d'exposition. Il est préconisé d'effectuer les différents nettoyages par aspiration.

1.4.2- Découpe plasma, laser et orbitale

1.4.2.a- Généralités

Les opérations de découpe plasma, de découpe orbitale et d'oxycoupage d'aciers inoxydables génèrent des émissions de fumées et de poussières pouvant contenir du chrome VI.

La torche servant au coupage plasma est quasi identique à celle utilisée pour le soudage, toutefois l'ouverture en bout de torche est beaucoup plus petite et permet d'atteindre des températures extrêmement élevées de 28 000 °C. La zone de chaleur est de ce fait très étroite.



Le soufflage s'effectue avec de l'air ou des gaz de protection comme l'azote ou un mélange argon-hydrogène [3].

Dans le procédé de découpe par faisceau laser [3], la chaleur générée par le faisceau de lumière est très intense et sert à fondre très localement le solide à découper. Deux procédés sont couramment utilisés pour la découpe laser, soit le coupage au CO₂ qui utilise un courant électrique, soit le coupage au YAG qui fonctionne avec un courant pulsé.

1.4.2.b- Déterminants de l'exposition

Idem § 1.4.1.b

1.4.2.c- Analyse globale des résultats

		Individuel	Ambiance
Nombre de mesures	-	9	10
Moyenne	µg/m ³	0,15	0,26
Médiane	µg/m³	0,11	0,09
Maxi	µg/m ³	0,33	0,74
Mini	µg/m ³	0,07	0,04

Les niveaux d'exposition des opérateurs obtenus lors d'opérations de découpe plasma et laser d'acier inoxydable sont significatifs et dépassent même dans certains cas les 25 % de la VLEP (8 h) sachant que les postes de travail évalués disposaient de tables aspirantes avec rejet vers l'extérieur.

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que les températures mises en œuvre pour ces 2 procédés sont élevées et que les opérateurs ont principalement découpé de l'acier inoxydable.

Les résultats obtenus lors des opérations de découpe orbitale d'aciers inoxydables indiquent que l'exposition par inhalation des opérateurs est modérée si un système d'aspiration adapté est présent sur la machine, environ 10 % de la VLEP (8 h).

1.4.2.d- Actions à mener

Idem § 1.4.1.d

1.4.3- Tanneries

1.4.3.a- Généralités

Le tannage du cuir est réalisé à base de sels de chrome hexavalent ou trivalent pour rendre le cuir imputrescible. Les entreprises concernées ont déjà substitué le chrome VI par le chrome III. A contrario, elles trempent, lors du processus, les peaux dans des bains contenant un oxydant tel que le permanganate de potassium ou les hypochlorites qui ré-oxydent de nouveau le chrome III en chrome VI.

A ce titre, les tanneries font vérifier régulièrement le taux de chrome VI dans leurs produits ; il s'avère que celui-ci est parfois supérieur aux 3 ppm demandés.

A noter, les entreprises doivent aussi vérifier qu'elles n'utilisent plus de pigments à base de chromate de plomb.

1.4.3.b- Déterminants de l'exposition

Les postes de travail les plus exposants correspondent à ceux :

- au niveau des bains contenant un oxydant :
 - o chargement, déchargement et décrochage des peaux,
 - o au suivi des bains (décoloration...),
 - o aux opérations de maintenance et de nettoyage du matériel.
- aux postes de " finition " des peaux :
 - o cadrage,
 - o dérayage,
 - o refendage,
 - o palisson,
 - o ...

Plusieurs facteurs peuvent influencer l'exposition des opérateurs au chrome VI dont :

- la concentration dans les bains et les quantités utilisées (volume des bains),
- l'efficacité des systèmes de captation localisée,
- les méthodes de travail (égouttage, séchage, transfert manuel ou automatisé...).

1.4.3.c- Analyse globale des résultats

		Individuel
Nombre de mesures	-	18
Moyenne	µg/m ³	0,26
Médiane	µg/m³	0,13
Maxi	µg/m ³	1,41
Mini	µg/m ³	0,05

Globalement, les niveaux d'exposition sont relativement modérés, environ 10 % de la VLEP (8 h). Une seule valeur a dépassé la VLEP, il s'agit d'un opérateur affecté à la préparation de formules pour la teinture. Ce résultat est probablement dû à un artefact comme, à titre d'exemple, l'utilisation sporadique de pigment encore à base de chrome VI.

1.4.3.d- Actions à mener

a. Supprimer ou substituer

Aujourd'hui, il est possible de remplacer le tannage du cuir au chrome par le tannage au titane (ce procédé n'a pas été rencontré lors de l'étude). Bien évidemment, l'entreprise devra, avant d'opter pour ce nouveau procédé, réaliser une évaluation du risque chimique.

b. Privilégier la protection collective

Dans le but de réduire les expositions, il est préconisé de vérifier l'efficacité des équipements de ventilation en place sur les différents postes de travail, au niveau des baignoires et des postes de "finition".

c. S'assurer du port des protections individuelles

Le port d'un masque de type FFP3 est à mettre à disposition pour effectuer les tâches les plus polluantes (maintenance, nettoyage des postes...).

1.4.4- Cimenterie

1.4.4.a- Généralités

Les ciments sont composés principalement de silicates et d'aluminates de calcium, en plus petites quantités de chaux libre et, sous forme d'impuretés, de chrome, de cobalt et de nickel, résultant principalement de la combinaison :

- de roches calcaires pour la chaux (CaO),
- d'argiles pour :
 - la silice (SiO₂),
 - l'alumine (Al₂O₃),
 - l'oxyde de fer (Fe₂O₃).

Le processus de fabrication est le suivant : après avoir extrait et concassé le calcaire et les argiles en provenance de carrières, le mélange est homogénéisé puis porté à environ 1 450 °C dans un four. Le produit obtenu après un refroidissement rapide est appelé clinker.

Le chrome est présent dans l'argile sous forme de chrome III mais, lors de la cuisson du mélange, ce dernier est oxydé en chrome VI.

Parmi les allergènes du ciment - chrome, cobalt, nickel - le chrome VI a une action prédominante, bon nombre de maçons ont des eczémas de contact.

Pour rappel, le décret n° 2005-577 du 26 mai 2005 relatif aux conditions de mise sur le marché et d'emploi du ciment contenant du chrome hexavalent ou chrome VI (titre II) prévoit l'interdiction de la mise sur le marché et de l'utilisation des ciments (et des préparations en contenant) dont la teneur en chrome VI est supérieure à 0,0002 % (sauf cas particuliers : règlement CE n° 552/2009 du 22 juin 2009).

Les ciments dont la teneur en chrome VI est supérieure à 0,0002 % doivent porter sur leurs emballages l'indication "Contient du chrome VI. Peut déclencher une réaction allergique" ou la mention de danger "Sensibilisation cutanée (H317)"

Pour diminuer les cas d'allergie, les ciments contenant plus de 0,0002 % de chrome VI (% poids sec) doivent être traités afin de réduire le chrome VI en chrome III (exemple : sulfate de fer). Ce dernier présente nettement moins de risque pour la santé.

1.4.4.b- Déterminants de l'exposition

Proximité du clinker (étape intermédiaire pour la fabrication du ciment après cuisson).

1.4.4.c- Analyse globale des résultats

		Individuel	Ambiance
Nombre de mesures	-	4	4
Moyenne	µg/m ³	0,09	0,21
Médiane	µg/m³	0,08	0,12
Maxi	µg/m ³	0,13	0,55
Mini	µg/m ³	0,08	0,05

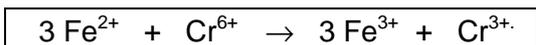
Les niveaux d'exposition des opérateurs sont tous inférieurs aux 30 % de la VLEP (8 h).

Un des points fixes situé au-dessus du clinker dépasse les 30 % de la VLEP (8 h).

1.4.4.d- Actions à mener

a. Suppression de l'exposition

L'adjonction au clinker d'un agent réducteur comme le sulfate de fer permet de réduire le chrome VI en chrome III, insoluble et peu allergénique, selon une réaction de type :



L'agent réducteur a une durée d'activité (cf. date de péremption sur les sacs de ciment). Si celle-ci est dépassée, cela n'affecte pas la qualité du ciment qui conserve toutes ses propriétés. En revanche, le chrome III va de nouveau se ré-oxyder au fil du temps en chrome VI, son emploi ne sera alors possible que dans le cadre de procédés automatisés excluant tout contact avec la peau.

Même s'il convient d'être prudent, diminuer la concentration en chrome VI dans le ciment permet de réduire de facto le risque cancérigène.

Les fabricants ou fournisseurs se basent sur la norme NF EN 196-10 du 10 juin 2009 pour quantifier la concentration en chrome VI, la phase d'hydratation dans cette méthode est suffisamment longue pour permettre à l'agent réducteur d'agir pleinement.

Tout risque de sensibilisation au chrome VI n'est pas écarté pour autant, la vigilance en termes de prévention doit rester de mise. A ce titre, certains ciments avant un quelconque ajout d'eau peuvent avoir des taux en chrome VI très largement supérieurs au 0.0002%. Pour mettre en évidence ce taux, il faut accélérer l'étape de lixiviation par centrifugation et, de ce fait, ne pas respecter scrupuleusement la norme.

1.4.5- Fonderie

1.4.5.a- Généralités

Le chrome est utilisé dans la fabrication de pièces en acier pour son pouvoir anticorrosion. Le chrome est introduit dans les fours de fusion sous différentes formes : chrome métal ou acier inoxydable.

Le chrome VI se trouve dans les fumées émises par les alliages en fusion.



1.4.5.b- Déterminants de l'exposition

Les principaux facteurs qui peuvent influencer l'exposition des opérateurs sont :

- la quantité de chrome introduit dans les mélanges ;
- l'absence de système d'extraction ;
- la fréquence et la durée des opérations de contrôle de température et de prise d'échantillons ;
- le décrassage des fours et des poches de coulée ;
- le dépotage et la coulée dans les moules en sable.

1.4.5.c- Analyse globale des résultats

		Individuel
Nombre de mesures	-	4
Moyenne	µg/m ³	0,61
Médiane	µg/m³	0,54
Maxi	µg/m ³	1,05
Mini	µg/m ³	0,32

Malgré le nombre restreint de mesures, l'analyse qualitative des résultats montre des niveaux d'exposition non négligeables, compris entre 30 % et 100 % de la VLEP (8 h) pour la fusion d'acier contenant 25 % de chrome.

1.4.5.d- Actions à mener [10 et 11]

a. Supprimer ou substituer

La suppression du chrome dans la fabrication de pièces inoxydables en ateliers de fonderie est difficilement envisageable puisque le pouvoir inoxydable de l'acier est inhérent à la présence de chrome.

b. Privilégier la protection collective

L'effort doit être porté sur la mise en fonctionnement de système d'extraction des émissions au niveau des fours de fusion et des postes de coulée, qui soit le plus englobant possible, tout en assurant un taux de renouvellement d'air conséquent.

c. Organiser les postes de travail

Il est important de réduire au minimum le nombre de travailleurs exposés, avec mise en place d'une signalisation pour limiter l'accès aux zones dangereuses.

Toute amélioration permettant de limiter le temps d'exposition aux émissions issues des bacs de métal en fusion est à envisager.

2- Prélèvements surfaciques

Ces prélèvements d'atmosphère ont été complétés par des prélèvements surfaciques afin de déterminer le respect des conditions d'hygiène ainsi que la pollution au poste de travail.

Contrairement aux prélèvements d'atmosphère, cette méthode de prélèvements ne nous permet pas d'extraire et d'analyser séparément le chrome hexavalent des autres états d'oxydation du chrome. On obtient une concentration en chrome total.

2.1.1.a- Analyse globale des résultats

La synthèse des résultats :

	Nombre de mesures	Maxi (mg/m ²)	Moy (mg/m ²)	Mini (mg/m ²)
Mains sales	47	46,70	5,35	< 0,01
Mains propres	20	2,20	0,35	< 0,01
Poste de travail	38	2337	88,29	0,05
Réfectoire ou salles de pause	15	1,72	0,42	0,04
Vestiaires	6	2,51	1,36	0,05
Bureau	7	13,70	4,32	0,26

Les 156 prélèvements surfaciques réalisés sur les mains des opérateurs et sur les surfaces des postes de travail mettent en évidence que :

- les surfaces des postes de travail sont logiquement très fortement polluées,
- des surfaces supposées exemptes de pollution comme les vestiaires, les bureaux ou les salles de pauses sont polluées,
- les mains des opérateurs avant lavage sont logiquement souillées et le restent encore après lavage.

Le risque d'exposition au chrome par voie percutanée et/ou par ingestion est à prendre en considération, le chrome (trivalent ou hexavalent) peut être à l'origine notamment d'eczéma de contact. Il est donc recommandé de respecter des règles d'hygiène strictes

Pour information, les quantités de chrome trouvées sur des mains de personnes non exposées sont globalement inférieures à 0.003 mg/m² [9].

2.1.1.b- Actions à mener

a. S'assurer du respect des mesures d'hygiène

La mise en place de protections collectives est nécessaire mais pas suffisante et nécessite en complément :

- une bonne hygiène collective et individuelle qui repose simultanément sur :
 - l'aménagement de locaux adaptés : l'entreprise doit, dans la mesure du possible, prévoir des vestiaires avec des douches qui assurent la communication entre la partie du vestiaire réservée aux vêtements de ville et l'autre partie pour les vêtements de travail. Bien évidemment, les portes des vestiaires devront rester fermées pour éviter toute migration de la pollution d'un local vers l'autre,
 - le respect des règles d'hygiène corporelle et vestimentaire, comme changer fréquemment de vêtements de travail, se laver soigneusement le visage, les avant-bras, les mains avec brossage des ongles avant chaque pause et après toute intervention, ne pas manger au poste de travail et/ou en vêtements de travail (exemple : manger en vêtements de ville ou en combinaison jetable neuve), utiliser systématiquement les douches en fin de poste...

A noter, les recommandations en termes d'hygiène sont comparables à celles préconisées pour le plomb.

b. Recourir à des mesures pour le nettoyage

Comme mettre à disposition des opérateurs un aspirateur équipé d'un filtre à très haute efficacité (THE) de type H13 ou H14 pour le nettoyage du poste de travail.

La procédure de nettoyage pour maintenir les locaux en bon état de propreté devra notamment intégrer :

- le nettoyage des surfaces au contact des opérateurs (poignées de portes, tables...),
- les moyens mis en œuvre pour le nettoyage de l'atelier devront être différents de ceux pour les locaux sociaux et, dans la mesure du possible, les serpillères et les chiffons devront être à usage unique.

L'entreprise devra organiser et assurer le nettoyage des vêtements de travail. A titre d'exemple, les vêtements sales destinés au nettoyage peuvent être entreposés dans des sacs hydrosolubles.

"Le chrome VI en milieu de travail" : Partenariat Services de Santé au Travail – Carsat Pays de la Loire

3- Prélèvements bio-méтроlogiques [7]

Les indices biologiques d'exposition sont des valeurs de référence correspondant soit à la concentration d'un produit chimique ou de ses métabolites dans les liquides biologiques ou dans l'air expiré, soit à une réponse biologique à un produit chimique.

Bien que l'absorption du chrome VI se fasse principalement par voie respiratoire, le suivi biologique permet d'obtenir une appréciation globale de l'exposition des travailleurs mais non de discriminer les différentes formes de chrome (chrome VI, III et métal).

Il existe une valeur guide de référence pour le dosage du chrome urinaire total [7], pour :

- les travailleurs exposés, de 30 µg/g de créatinine en fin de poste et fin de semaine,
- la population générale, inférieure à 0,55 µg/g de créatinine.

Le suivi biologique de l'exposition a été effectué par les médecins du travail des différents SSTI ayant participé à l'étude. Dans le présent cas, une chromurie (ou chrome urinaire) a été réalisée en début puis en fin de poste.

19 prélèvements ont été réalisés dans différents domaines (soudure TIG, traitement de surface, plasturgie, fonderie, polissage-ébavurage).

Les résultats, soumis à la discrétion des médecins, ont été utilisés comme éléments complémentaires de confirmation de certains niveaux d'exposition. Ces résultats sont notamment fonction de la mise en place ou non de protections collectives ou de la mise à disposition d'équipements de protection individuelle, dont des APR.

CONCLUSION

Ce travail a été réalisé en équipe pluridisciplinaire (Services de Santé au Travail et Carsat Pays de la Loire). Malgré le nombre important de prélèvements, cette étude n'est que partiellement représentative des expositions des salariés des Pays de la Loire au chrome VI.

Elle a permis cependant de dresser une synthèse sur l'exposition des salariés dans certains secteurs d'activité et de confirmer les expositions élevées et préoccupantes dans la plupart des secteurs investigués. Globalement, 21% des niveaux d'exposition mesurés sont supérieurs à la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) sur 8 h de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ qui entrera en vigueur au 1^{er} juillet 2014 en France, si l'on compare ces mêmes résultats avec la précédente valeur de référence de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ moins d'1 % serait supérieur. Cette proportion approcherait les 60 % en comparaison avec la valeur de $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ recommandée par le Niosh.

Cette étude a mis en exergue des niveaux d'exposition importants voire extrêmement importants dans des secteurs d'activité :

- connus comme le soudage (MIG, AEEE...), le chromage dur...
- non investigués jusqu'alors comme la projection thermique :
 - o le Plasma d'arc soufflé
 - o l'HVOF.

Outre les sources primaires d'exposition qui correspondent à l'utilisation du chrome VI, il ne faut pas négliger les sources secondaires d'exposition comme la recombinaison possible du chrome III en chrome VI dans les tanneries.

Pour supprimer l'exposition des salariés, il faut chercher à éliminer le polluant :

- dans un premier temps, la substitution ou la suppression est prioritaire,
- dans un second temps, il faut envisager le travail en circuit fermé.

La mise en place de mesures de prévention collective peut permettre d'atténuer l'exposition des salariés. L'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) peut s'avérer en derniers recours la seule solution disponible et efficace.

La contribution des Services de Santé au Travail, des Services Prévention de la Carsat Pays de la Loire et Bretagne et bien évidemment, des laboratoires des Carsat Pays de la Loire, Sud-est et de la Cram Île-de-France, a été essentielle. Ils ont été largement sollicités, d'une part pour rechercher les entreprises, d'autre part pour réaliser les prélèvements.

Les auteurs veulent aussi exprimer leur gratitude à l'ensemble des membres du groupe. L'investissement personnel qu'ils ont consenti, la qualité de leurs contributions qu'ils nous ont fournies, leur disponibilité, ont permis d'enrichir ce rapport.

M. LERAY (CARSAT Pays de la Loire)

MME. BARAT (Fédération SSTI),
M. BOURDEL (GIST),
M. PORTANGUEN (ST72),
M. MOREAU (SMIEC),
Dc. LEVRARD et **M. POILPRE** (SATM),
M. DUTREUIL (RESTEV)

ANNEXE 1 : LEXIQUE

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer.

CMR : Cancérogènes, Mutagènes et toxiques pour la Reproduction.

FAR et FAS : Les Fiches d'Aide au Repérage (FAR) et les Fiche d'Aide à la Substitution (FAS) disponibles sur le site de l'INRS (www.inrs.fr) ont pour objectif d'aider les entreprises à repérer rapidement si des agents cancérogènes peuvent être rencontrés dans leur domaine d'activité, mais aussi de les éclairer sur les différentes substitutions possibles afin de les orienter vers le choix qui leur conviendra le mieux.

Les fiches sont généralement établies par domaine d'activité ou par famille de métier et sont destinées aux chefs d'entreprises (particulièrement PME ou TPE), aux préventeurs et aux médecins du travail.

LICO : Laboratoire Interrégional de Chimie de l'Ouest.

SSTI : Service de Santé au Travail Interentreprises.

Percentiles : le x-ième percentile est la valeur qui scinde une distribution de sorte que x% des résultats lui soient inférieurs.

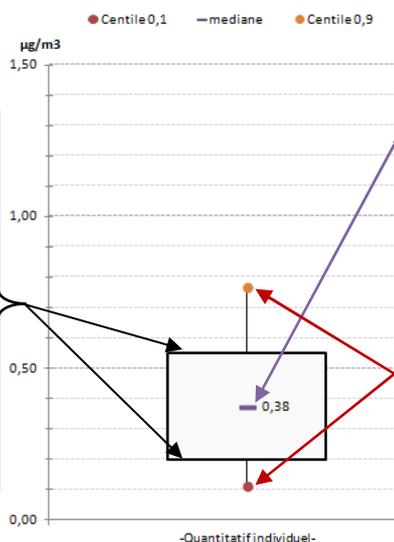
Médiane ou percentile 50 correspond à la valeur centrale qui sépare une population en deux populations distinctes.

Boîtes à moustaches : "Les boîtes à moustaches" (traduction de Box § Whiskers Plot) est une invention de Tukey (1977) pour représenter schématiquement la distribution de résultats.

Cette représentation des résultats nous permet d'avoir une idée de la tendance des résultats en observant la position de la médiane dans la boîte. Si celle-ci n'est pas au centre, la distribution n'est pas symétrique. On estime aussi :

- la variabilité des résultats par la longueur de la boîte,
- la taille de la distribution des résultats par la longueur des moustaches (distance entre le 10^e et 90^e centile).

La bordure supérieure noire de la boîte représente le 75^e centile (75 % des résultats sont en dessous et 25 % au-dessus), et la bordure inférieure le 25^e centile (25 % des résultats sont en dessous et 75 % au-dessus). La longueur verticale de cette boîte représente l'intervalle interquartile.



La ligne horizontale en violet dans la boîte représente la médiane (50 % des valeurs sont en dessous et les autres 50 % sont au-dessus).

Les deux barres verticales au-dessus et en dessous de la boîte correspondent aux moustaches et vont du 10^e au 90^e centile.

ANNEXE 2 : METHODE DE PRELEVEMENTS

La base de données METROPOL disponible sur le site inrs.fr détaille le mode opératoire à employer pour prélever le chrome hexavalent.

En résumé, le prélèvement de la fraction inhalable de l'aérosol est effectué sur un filtre en fibre de quartz. Les chromates solubles et insolubles sont extraits successivement et analysés séparément.

La concentration totale en chrome hexavalent est obtenue simplement par addition des deux résultats.

Prélèvement

Matériel : pompe individuelle
Débit : 2 litres par minute
Support : Cassette porte-filtre, Ø 37 mm contenant un filtre en fibre de quartz traité à haute température pour éliminer toute trace de liant organique (référence SKC 225-1827 ou équivalent).

Analyse : pesée des filtres exposés et de filtres témoins pour prendre en compte les variations dues à l'hygrométrie, dosage par chromatographie ionique.

Pour plus de renseignements, consulter la méthode Metropol n° 84 sur le site www.inrs.fr

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Keane M, Stone S, Bean Chen, Slaven J, Schwegler D, Antonini B et J - Hexavalent chromium content in stainless steel welding fumes is dependent on the welding process and shield gas type - *Journal of Environmental Monitoring*, n° DOI : 10.1039/b814063d, Edition décembre 2008 pp. 418-424
- [2] Thaon I, Guillemin M, Gonzalez M, Cantineau A – Risques toxiques et pathologies professionnelles liés au soudage métallique – *Encycl. Méf. Chir. (éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS)*, Edition 2001
- [3] Godin C – Guide de prévention Soudage – Coupage – ASP métal électrique, Edition 2000
- [4] Guide de Ventilation INRS n° 7 ED 668
- [5] Anses - Les composés du chrome hexavalent - Valeurs limites d'exposition en milieu professionnel – Editions scientifiques, Edition octobre 2010, 105 p.
- [6] Trioxyde de chrome FT1 – *Fiches toxicologiques* – INRS, Edition 2009, 8 p.
- [7] Chrome et composés – Nature du dosage : chrome urinaire – *Base de données biotox* – INRS, Edition Mars 2012
- [8] Chrome hexavalent – Spéciation du chrome - méthode n° 84 – *Base de données Metropol* – INRS, Edition Avril 2010
- [9] Traitement de surface – substituer ou à défaut, réduire et maîtriser l'exposition au chrome hexavalent – DTE 220 – CRAMIF, Edition 3^{ème} trimestre 2010
- [10] Prévention des risques chimiques en fonderie – Recommandation du comité technique national des industries de la métallurgie, Edition mai 2011
- [11] Guide fonderies – Carsat Pays de la Loire, Edition novembre 2010

POUR PLUS DE RENSEIGNEMENTS



2, place Bretagne
44932 Nantes cedex 9
Tél. : 02 51 72 89 62
www.carsat-pl.fr
prevention@carsat-pl.fr ou laboratoire@carsat-pl.fr
Contacter le service documentation au 02 51 72 60 97



ZA Les Landes
11, rue Antoine Henri Becquerel - 49420 AVRILLE
Cellule.toxicologie@sante-travail.net
Tél. : 02 44 68 02 10 / 06 98 58 71 07
risquechimiquepaysdelaloire@gmail.com



2, rue Linné
BP 38549
44185 Nantes Cedex
Tél. : 02 40 44 26 00
www.sstrn.fr



2, bd de l'Europe
BP 211
44614 Saint-Nazaire
Tél. : 02 40 22 52 42
www.gist44.fr



32, rue du laurier
BP 13922
53031 Laval Cedex 9
Tél. : 02 43 59 09 60



34, boulevard de la Victoire
BP 5008
49308 Cholet Cedex
Tél. : 02 41 49 10 70
www.smiec.sante-travail.net



9, rue Arnold Dolmetsch
72000 Le Mans
Tél. : 02 43 74 04 04
www.st72.org



18, rue Olivier de Serres
BP104 - 85501 Les Herbiers
Tél. : 02 51 67 12 03
Impasse Newton - BP267
85007 La Roche sur Yon cedex
Tél. : 02 51 37 06 68

Cette étude sur l'exposition au chrome VI, menée conjointement par le service prévention de la Carsat Pays de Loire et les services de santé au travail de la région Pays de la Loire, a permis de recueillir un certain nombre de données sur l'exposition des salariés dans plusieurs secteurs d'activité, sur les sources d'émissions, sur les tâches à risques et sur les moyens de supprimer ou d'atténuer l'exposition des salariés.

Elle est à replacer dans un contexte particulier d'abaissement de la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) sur 8 h de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à compter du 1^{er} juillet 2014.

Carsat Retraite
& Santé
au travail
Pays de la Loire

SÉCURITÉ SOCIALE
 l'Assurance
Maladie
RISQUES PROFESSIONNELS



Carsat Pays de la Loire

2 place de Bretagne
44 932 Nantes cedex 9
Tél : 02 51 72 84 08
Fax : 02 51 82 31 62
laboratoire@carsat-pl.fr

www.carsat-pl.fr