

CHROME VI, DES EXPOSITIONS ÉLEVÉES ET PRÉOCCUPANTES

Le chrome VI et ses dérivés sont très largement utilisés dans l'industrie et peuvent exposer ceux qui les utilisent à des risques majeurs pour leur santé, à court et long terme. Alors que la VLEP 8h a été abaissée depuis le 1^{er} juillet 2014, une campagne de mesures réalisée dans une centaine d'entreprises en France dresse un état des lieux préoccupant quant aux niveaux d'exposition des salariés.

FABRICE LERAY
Carsat Pays-de-la-Loire

RAYMOND VINCENT
INRS,
Direction des applications

Près de 96 100 travailleurs seraient régulièrement exposés au chrome hexavalent (dit chrome VI ou Cr VI) et à ses dérivés en France (Cf. Encadré 1), selon les résultats de l'enquête Sumer de 2010 [1]. Mais ce nombre est sous-estimé car l'enquête ne tient pas compte, notamment, des soudeurs qui peuvent être potentiellement exposés au chrome hexavalent et à ses dérivés, par exemple lors de travaux de soudure sur de l'acier inoxydable.

Les pathologies dues à l'exposition aux composés du chrome VI peuvent être sévères (Cf. Encadré 2). Outre les asthmes, les eczémas..., l'exposition au chrome VI et à ses composés cancérogènes accroît également le risque de cancers bronchopulmonaires.

L'Anses¹, dans son rapport scientifique sur le chrome hexavalent, a notamment mis en exergue un excès de risque de cancers bronchopulmonaires (5 à 28 cas supplémentaires sur une population de 1 000 travailleurs) pour une exposition professionnelle au chrome VI égale à la précédente VLEP (valeur limite d'exposition professionnelle) de 50 µg/m³ (à partir d'un modèle linéaire sans seuil) [3].

Afin de prévenir l'apparition d'effets cancérogènes chez les travailleurs, le ministère du Travail a suivi les recommandations de l'Anses [3] et abaissé la VLEP 8h réglementaire contraignante à 1 µg/m³ et fixé une VLCT 15 min (valeur limite de court terme) à 5 µg/m³, ces dernières étant en vigueur depuis le 1^{er} juillet 2014 pour tous les composés du chrome VI [4].

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

Dans ce contexte, une campagne de mesures a été menée conjointement par les laboratoires des

Carsat, de la Cramif et de l'INRS, de 2010 à 2013 dans une centaine d'établissements. Elle a permis de recueillir un certain nombre de données dans plusieurs secteurs d'activité sur l'exposition des salariés, les sources d'émission, les tâches à risques et les moyens de supprimer ou d'atténuer l'exposition des salariés.

Les mesures d'exposition par prélèvement individuel ou à poste fixe ont été effectuées selon la méthode MétroPol 084 [5] (prélèvement en cassette fermée 37 mm à 2 l/min sur filtre en fibres de quartz traité haute température). L'analyse des supports a été réalisée par chromatographie ionique avec détection spectrophotométrique UV après dérivation post-colonne.

Cette méthode permet d'éviter la réduction du Cr VI, ce phénomène devenant très problématique lorsqu'il s'agit de mesurer des expositions inférieures à la VLEP 8h de 1 µg/m³ [1].

À la suite d'un recensement établi à partir de données socio-économiques et de résultats d'enquêtes similaires [1], l'INRS a transmis aux huit laboratoires des Carsat et de la Cramif un échantillon représentatif d'entreprises produisant, utilisant ou émettant des composés du chrome VI.

Ces laboratoires ont visité au total 166 entreprises et effectué, dans 99 d'entre elles, des mesures des composés du Cr VI dans l'air des lieux de travail.

Les entreprises ayant fait l'objet de mesures durant cette campagne appartiennent principalement (73% des mesures réalisées) aux secteurs suivants:

- chaudronnerie avec la mise en œuvre d'aciers inoxydables;
- chromage décor et chromage dur;
- peinture aéronautique avec l'application et le ponçage de peintures à base de chromates de strontium, de zinc, de baryum;
- fabrication de ciment avec une exposition possible due à la présence de Cr VI dans les clinkers;
- fonderie.

Aucune mesure n'a été réalisée dans les secteurs où, pour l'échantillon d'entreprises visitées, il n'a pas été trouvé d'utilisations notables de composés

ENCADRÉ 1

LES UTILISATIONS DU CHROME VI LES PLUS FRÉQUENTES

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

En 2012, l'industrie française a utilisé environ 12 000 t de minerais de chrome et 6 000 t de composés du chrome VI, dont une majorité de dichromate de sodium [1].

Les composés du chrome VI, comme le trioxyde de chrome, les chromates de zinc ou de strontium et le dichromate de sodium sont très largement employés dans l'industrie.

Leurs utilisations sont variées, par exemple dans les catalyseurs, les pigments, les peintures dont celles pour l'aéronautique, les produits

réfractaires, les solutions de chromage, les produits pour la préservation du bois...

Si certaines tanneries l'utilisent encore, la plupart ont réussi à le substituer, notamment par le chrome III. *A contrario*, le fait d'utiliser un oxydant, tel que le peroxyde ou le permanganate de potassium, par exemple pour blanchir les peaux, peut ré-oxyder ce chrome III en chrome VI.

Les composés du chrome VI sont présents à l'état de traces dans les ciments. À ce titre, les cimenteries, pour diminuer les cas d'allergies (gale du ciment), traitent les ciments avec

un agent réducteur (par exemple le sulfate de fer) afin de le réduire en chrome VI.

De manière plus spécifique, les traitements de surface par projection thermique comme le plasma d'arc soufflé ou l'HVOF (*High Velocity Oxy-Fuel*), procédés par voie sèche, utilisent du chrome métal et/ou des composés du chrome susceptibles de générer du chrome VI.

Lors d'opérations de soudage [1] ou de découpe (plasma ou laser) d'aciers inoxydables, les salariés peuvent être exposés à des émissions de chrome VI dans des proportions dépendantes des conditions opératoires.

du Cr VI, par exemple l'ennoblissement textile, la fabrication de catalyseurs ou de pigments, la transformation des matières plastiques, la verrerie-cristallerie, certaines activités de chromage...

Durant cette campagne, 741 mesures au total, d'une durée moyenne de 5h30, ont été effectuées dont 436 prélèvements individuels et 301 prélèvements d'ambiance (Cf. Tableau 1).

La moyenne géométrique (GM)² de toutes les mesures est de 0,34 µg/m³ alors qu'environ 25% des mesures sont supérieures à la VLEP 8h française de 1 µg/m³.

Pour caractériser l'exposition, 557 mesures sont considérées comme représentatives de l'ensemble de la journée de travail (8h), avec une moyenne géométrique de 0,38 µg/m³ et un taux de dépassement de la VLEP 8h de 35%. La synthèse des résultats est présentée dans les tableaux 2 et 3, par secteur d'activité et par type de tâche.

Ces résultats sont détaillés ci-après par secteur d'activité.

Ferrochrome - chrome

Le ferrochrome est un ferroalliage composé de fer et de chrome, dont la teneur en chrome peut varier entre 50% à 70%. Il permet de produire des aciers inoxydables pour la sidérurgie.

Malgré le faible nombre de résultats dans les secteurs de la fabrication du ferrochrome-chrome, toutes les mesures sont supérieures à la VLEP 8h de 1 µg/m³. La moyenne géométrique est de 2,42 µg/m³.

Peinture et aéronautique

Dans les secteurs de la peinture et de l'aéronautique, les pigments à base de chrome VI peuvent

être utilisés dans les peintures pour l'aéronautique par exemple où ils sont employés pour leur résistance à la corrosion.

Dans les secteurs de la peinture, les moyennes géométriques des niveaux d'exposition sont supérieures à 1 µg/m³, ce qui traduit des dépassements très fréquents avec des valeurs élevées pouvant atteindre plusieurs centaines de µg/m³ en composés du Cr VI.

Les niveaux d'exposition les plus élevés correspondent aux travaux d'application de peinture par pulvérisation (GM = 10,38 µg/m³), principalement dans le secteur de l'aéronautique (Cf. Tableau 3).

Pour toutes les autres tâches, des expositions supérieures à 1 µg/m³ ont été constatées, avec des niveaux parfois très élevés, comme pour la conduite de broyeurs-mélangeurs lors de la fabrication de peintures (365 µg/m³).

Les mesures effectuées lors d'opérations de meulage manuel de peinture (et/ou de ponçage) concernent essentiellement le secteur de l'aéronautique. Ces opérations, réalisées avec des outils non aspirés, sur des surfaces ayant été au préalable traitées au trioxyde de chrome et/ou recouvertes de peintures à base de chromate génèrent des niveaux d'exposition extrêmement élevés pouvant atteindre plus de 20 fois la VLEP 8h [6]. Le fait que ces opérations ont été réalisées en espaces confinés augmente notablement le niveau d'exposition des salariés.

Traitement de surface

Dans de nombreuses activités, le chrome VI permet soit d'améliorer les caractéristiques physiques des produits finis, soit de modifier l'aspect de surface [6]. Il est mis en œuvre par voie



TYPES DE MESURE (CONCENTRATION $_{Cr VI TOTAL}^{(*)}$)	NB DE MESURES	MOYENNE	MOYENNE GÉOMÉTRIQUE	ÉTENDUE
Tous types	741	12,12	0,34	< 0,02 - 896
• Prélèvements individuels	436	18,28	0,46	< 0,02 - 896
• Prélèvements d'ambiance	301	3,09	0,21	< 0,01 - 250
Mesures d'exposition	556	13,6	0,38	< 0,02 - 896

TABLEAU 1 →
Résultats pour
l'ensemble
des mesures Cr VI
en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

(*) Concentration $_{Cr VI total} =$ Concentration $_{Cr VI soluble} +$ Concentration $_{Cr VI insoluble}$

humide (décapages sulfochromiques, conversion chimique, bains d'oxydation anodique chromique, procédés électrolytiques) ou par projection thermique (plasma d'arc soufflé et HVOF).

Concernant la voie humide, les mesures ont été réalisées essentiellement lors d'opérations de chromage dur et décor. Il est à noter une différence significative entre l'exposition mesurée dans les activités de chromage dur et celle, beaucoup plus faible, liée aux autres activités de chromage.

Dans les secteurs du chromage dur, les moyennes géométriques des niveaux d'exposition sont inférieures à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mais avec des dépassements fréquents, dont les valeurs maximales atteignent quelques dizaines de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en composés du Cr VI. Ces niveaux d'exposition extrêmement importants sont dus à l'utilisation dans des zones peu voire pas ventilées [6]:

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

Pour le chrome décor, les niveaux d'exposition mesurés sont plus modérés.

Sachant que le chrome VI peut être libéré par la solution utilisée, 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 en pH;
- aux opérations de maintenance et de nettoyage du matériel.

Lors du chromage électrolytique de l'acier, la substitution des composés du Cr VI par des produits adaptés, tels que les bains à base de chrome III, pourrait être mise en œuvre afin de soustraire les travailleurs exposés aux composés du Cr VI [7].

La projection thermique génère des niveaux d'exposition supérieurs à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec une moyenne géométrique qui atteint $5,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les facteurs susceptibles d'influencer de tels niveaux d'exposition au chrome VI [6] 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;

ENCADRÉ 2

LES EFFETS SUR LA SANTÉ AU TRAVAIL

Le chrome métal et les composés du chrome trivalent sont responsables d'affections locales de type eczéma de contact ou d'irritations bronchiques.

Le chrome VI peut entraîner des effets aigus, chroniques et cancérogènes chez l'homme.

La toxicité aiguë du chrome VI est liée essentiellement à ses propriétés corrosives et irritantes. Selon les voies d'exposition, les symptômes peuvent être sévères:

- inhalation: irritation des muqueuses respiratoires, ulcérations de la muqueuse nasale, douleurs thoraciques...;
- contacts cutanés ou oculaires: brûlures sévères de la peau, atteinte oculaire pouvant aller

de la simple conjonctivite à des lésions graves de la cornée;

- ingestion accidentelle: lésions caustiques du tube digestif avec brûlures bucco-œsophagiennes, douleurs épigastriques...

Lors d'expositions chroniques par inhalation, le chrome VI peut être à l'origine d'atteintes pulmonaires liées à ses propriétés irritantes de type rhinites chroniques avec saignements de nez, ulcérations des muqueuses nasale et bronchique, voire perforations de la cloison nasale, plus rarement asthme, etc. Le contact cutané répété peut provoquer des ulcérations caractéristiques mais aussi des dermatites eczématiformes. Enfin, l'exposition professionnelle

chronique au chrome VI et à ses composés (trioxyde de chrome, chromate de zinc... à l'exception du chromate de baryum) accroît le risque de cancers bronchopulmonaires. Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a d'ailleurs classé, dès 1990, le chrome VI et ses composés dans le groupe 1 (« agent cancérogène pour l'homme ») [2]. Certaines des affections provoquées par le chrome VI (ulcérations et dermatites; affections respiratoires; affections cancéreuses) peuvent être reconnues au titre des tableaux de maladies professionnelles n°10, 10 bis, 10 ter du régime général de la Sécurité sociale.

SECTEURS D'ACTIVITÉ	NB DE MESURES	MOYENNE	MOYENNE GÉOMÉTRIQUE	ÉTENDUE
Chaudronnerie	99	2,53	0,31	< 0,02 - 97,43
Chromage dur	97	1,60	0,58	< 0,02 - 22,81
Chromage	90	0,28	0,13	< 0,02 - 1,71
Peinture aéronautique	77	82,3	3,67	< 0,02 - 896
Fabrication de ciment	42	0,19	0,10	< 0,02 - 1,54
Tannage des cuirs	37	0,18	0,12	< 0,02 - 1,41
Fonderie	30	3,08	0,15	< 0,02 - 45,26
Produits réfractaires	28	0,72	0,15	< 0,02 - 7,73
Traitement du bois	16	1,26	0,62	< 0,02 - 4,87
Oxycoupage	10	1,46	0,30	< 0,02 - 6,40
Fabrication de peintures	8	47,23	1,4	0,10 - 365
Projection thermique de métal (HVOF/ plasma d'arc soufflé)	8	7,01	5,27	1,82 - 15,34
Fabrication chrome - Ferrochrome	10	7,86	2,42	< 0,02 - 18,74
Céramique	3	0,075	-	-
Verrerie	1	< LoQ	-	-
Total	556	13,38	0,38	< 0,02 - 896

- l'efficacité des systèmes d'aspiration localisée (cabine ventilée).

La concentration la plus importante (15 µg/m³) a été mesurée lors de la projection par plasma d'arc soufflé d'oxydes de chrome alors que les autres valeurs ont été obtenues avec des alliages de chrome (Ni-Cr, carbure de chrome...) [6].

Soudage

Les techniques principalement évaluées lors de la campagne ont été :

- l'arc électrique avec électrode enrobée (AEEE), qui est sans conteste le procédé dégageant le plus de fumées [6]. D'une manière générale, l'utilisation d'électrodes enrobées (AEEE), technique de soudage fréquemment utilisée pour l'assemblage de structures en acier inoxydable, est à l'origine d'expositions très largement supérieures à la VLEP de 1 µg/m³, avec des concentrations pouvant être supérieures à 100 fois la VLEP 8h ;
- le TIG (électrode non fusible et gaz inerte) : les résultats sont globalement inférieurs à la VLEP de 1 µg/m³. Bien que ce procédé soit beaucoup moins émissif que les autres, dans certains cas les niveaux d'exposition mesurés avoisinent la nouvelle valeur de référence, voire la dépassent. Comparée aux autres techniques de soudage, celle-ci entraîne moins de fumées, car elle permet notamment de se passer d'un enrobage, de protéger la soudure par un gaz inerte, d'obtenir une température de fusion quasi immédiate et, de plus, la zone à souder est extrêmement localisée [6] ;
- le MIG (électrode fusible et gaz inerte) : la formation de fumées, comme la crépitation avec projection de particules métalliques incandescentes,

peut être très importante et dépend notamment du mode de fusion employé (court-circuit, globulaire, arc spray). Les niveaux d'exposition générés par ce procédé de soudage sont logiquement très importants : 5 fois la VLEP 8h [6].

↑ **TABLEAU 2**
Niveaux d'exposition au Cr VI (en µg/m³) par secteurs d'activité.

Découpe plasma, laser

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 avec une zone de chaleur très étroite.

Dans le procédé de découpe par faisceau laser, la chaleur générée par le faisceau de lumière est très intense et sert à fondre très localement le solide à découper.

Ces opérations de découpe d'aciers inoxydables génèrent des émissions de fumées et de poussières contenant du chrome VI pouvant dépasser, dans certains cas, les 25% de la VLEP 8h pour des postes disposant pourtant de tables aspirantes [6].

Traitement du bois

Pour protéger l'intégrité structurelle, l'apparence et par conséquent la durabilité du bois, celui-ci peut être imprégné de produits conservateurs à base de chrome VI.

Ce traitement émet des quantités de chrome VI dans l'air inférieures à 1 µg/m³ (moyenne géométrique), mais avec des dépassements fréquents.

Autres secteurs investigués

Dans les autres secteurs, les niveaux d'exposition sont moindres mais, là aussi, des expositions supérieures à 1 µg/m³ surviennent de manière



plus ou moins fréquente: tanneries, cimenteries, produits réfractaires...

Aucun dépassement de la VLEP 8h à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a été constaté lors de la réalisation des tâches suivantes:

- émaillage;
- essais, analyses en laboratoire;
- ensachage manuel;
- maintenance, contrôle.

Concernant les tanneries, elles ont pour la plupart déjà substitué le chrome VI par du chrome III notamment. Pour autant, elles peuvent utiliser, lors du processus, 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.

Les niveaux d'exposition mesurés restent relativement modérés, environ 10% de la VLEP 8h.

Dans les cimenteries, lors de la fabrication du ciment, le chrome présent dans ses composants (argile, par exemple) sous forme de chrome III va, lors de la cuisson du mélange (*clinker*), s'oxyder en chrome VI.

Pour en limiter la concentration et de fait les effets sur les maçons (eczémas), les cimenteries ajoutent au clinker un agent réducteur, comme le sulfate de fer, qui permet de réduire le chrome VI en chrome III.

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

Cette étude a permis de caractériser les niveaux d'exposition aux composés du Cr VI en France et de confirmer l'applicabilité de la méthode de prélèvement et d'analyse développée par l'INRS pour mesurer les expositions aux composés du Cr VI en comparaison à la nouvelle VLEP 8h de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ applicable depuis le 1^{er} juillet 2014 en France.

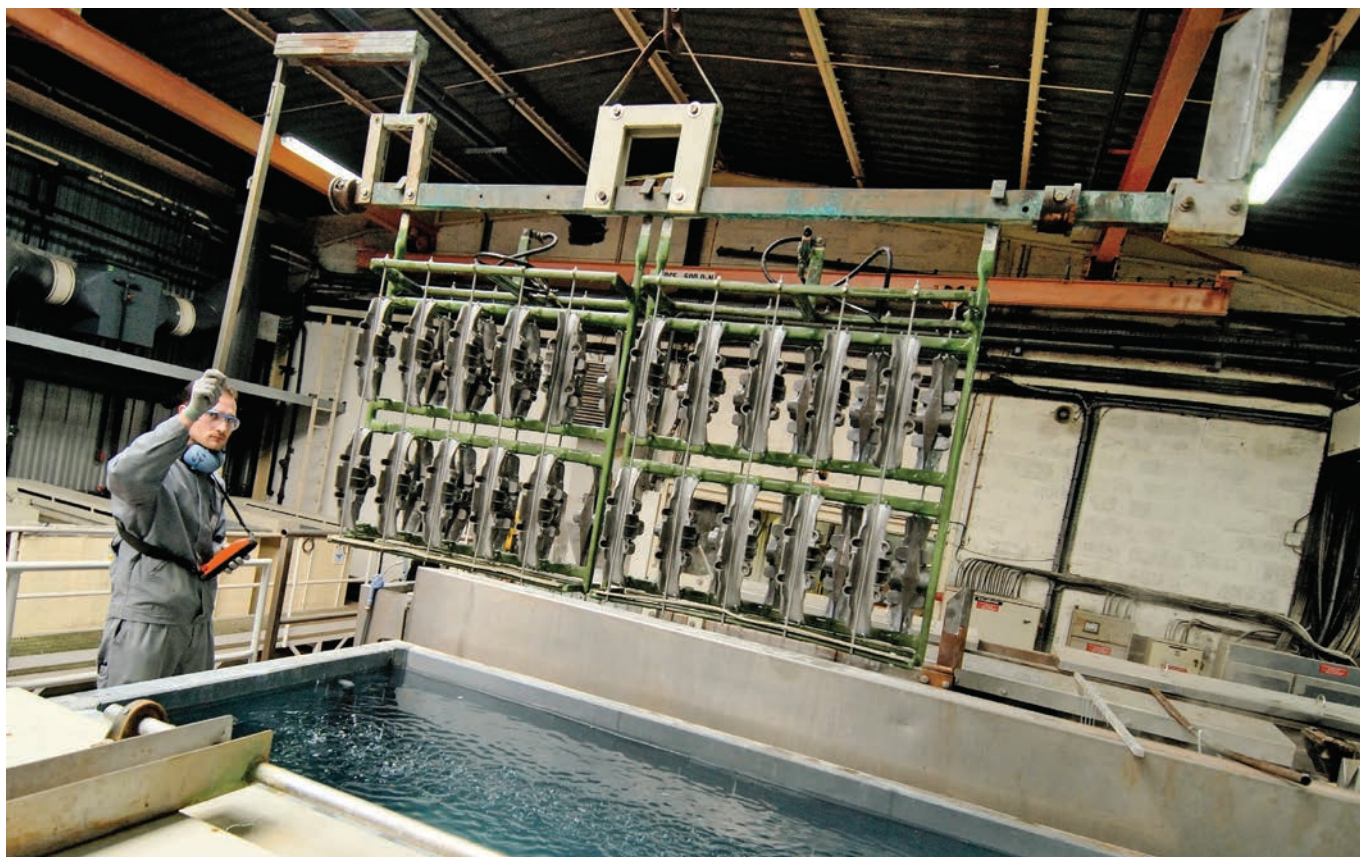
Globalement, environ 30% des expositions mesurées dépassent cette valeur limite. Ce dépassement est de l'ordre de 60% si l'on se réfère à la valeur limite de $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ recommandée par le Niosh³ aux États-Unis début 2013 [1].

Lors de cette campagne, des secteurs d'activité classiquement cités comme utilisateurs de composés du Cr VI dans d'autres enquêtes [1] n'ont pas été identifiés en France. Il s'agit de la fabrication des pigments, des catalyseurs, de l'ennoblissement textile et de son utilisation dans la plasturgie. D'une manière générale, la substitution des composés du Cr VI est d'ores et déjà réalisée dans des secteurs comme ceux de la fabrication des peintures et du tannage des cuirs.

Bien que le nombre de mesures d'exposition soit faible ($n = 10$) et le nombre de travailleurs exposés probablement peu important, des niveaux d'exposition très supérieurs à la VLEP 8h de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été mesurés lors de la fabrication de chrome-ferrochrome ($\text{MG} = 2,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

La métallisation par projection thermique de métal (HVOF/plasma d'arc soufflé), le meulage

Dans une entreprise de traitements de surface, les pièces passent par la ligne de traitement électrolytique, contenant du chrome VI.



© Patrick Delapierre pour l'INRS

TYPE DE TÂCHES	NB MESURES	MOYENNE	MOYENNE GÉOMÉTRIQUE	ÉTENDUE
Conduite d'installations de galvanoplastie	184	0,94	0,28	< 0,02 - 22,81
Soudage TIG, MAG, arc...	104	2,81	0,42	< 0,02 - 97,43
Application de peinture par pulvérisation	45	135,50	10,38	< 0,02 - 896
Conduite de broyeurs, mélangeurs	38	10,82	0,22	< 0,02 - 365
Tannage, corroyage des peaux	37	0,18	0,12	< 0,02 - 1,41
Ponçage manuel	36	6,51	0,52	< 0,05 - 82,4
Conduite de fours (hors fonderies)	26	4,02	0,29	< 0,02 - 45,26
Conduite de fours de fonderies	24	3,34	0,35	< 0,02 - 18,74
Imprégnation du bois en autoclave	16	1,26	0,62	< 0,05 - 4,87
Transport-manutention mécanisés	15	0,26	0,10	< 0,02 - 1,54
Usinage par abrasion thermique	14	1,02	0,12	< 0,02 - 6,4
Essais, analyses de laboratoire	6	0,14	0,12	< 0,05 - 0,33
Ensachage manuel	4	0,32	0,20	0,09 - 0,85
Maintenance, contrôle...	4	0,07	0,06	< 0,02 - 0,13
Émaillage	3	0,075	-	-

(et/ou ponçage) de peinture aéronautique et la fabrication de peintures sont les activités pour lesquelles la moyenne géométrique des expositions aux composés du Cr VI est supérieure, voire très largement supérieure à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Des niveaux d'exposition dépassant les $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont même été mesurés dans ce type d'activités [6].

Dans la peinture, la substitution des composés du Cr VI par des pigments adaptés tels que les phosphates mixtes de zinc-aluminium ou le molybdate de zinc pourrait être mise en œuvre afin de soustraire les salariés exposés aux composés du Cr VI dans l'aéronautique ou lors de la fabrication de telles peintures [8].

Il est à noter qu'un procédé de soudage comme le TIG, connu auparavant pour ne pas être exposant

en comparaison aux autres procédés de soudage (AEEE, TIG...), l'est depuis la mise en place de cette nouvelle valeur de référence de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Au regard de ces résultats préoccupants, il convient sans délai de substituer le chrome VI et ses composés. Lorsqu'aucune substitution n'est possible, l'entreprise doit impérativement réduire les niveaux d'exposition des salariés en mettant en place des mesures de prévention collectives adéquates. ●

1. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.

2. La moyenne géométrique (GM) représente la tendance centrale d'une distribution log-normale avec généralement un écart très important entre les valeurs les plus faibles et les plus élevées.

3. National Institute for Occupational Safety and Health.

↑ **TABLEAU 3**
Niveaux d'exposition au Cr VI (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) par type de tâche.

BIBLIOGRAPHIE

[1] VINCENT R., GILLET M., GOUTET P., GUICHARD C., HEDOUIN-LANGLLET C., FROCAUT A.-M., LAMBERT P., LERAY F., MARDELLE P., DOROTTE M., ROUSSET D. *Occupational Exposure to Chrome VI Compounds in French Companies: Results of a National Campaign to Measure Exposure (2010-2013)*. *Ann. Occup. Hyg.*, 2014, 1-11.

[2] *Chromium and chromium compounds IARC monographs on the evaluation of carcinogenic*

risks to humans. Vol. 49. Lyon: IARC; 1990, pp. 42-256.

[3] Valeurs limites d'exposition en milieu professionnel - Les composés du chrome hexavalent. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective, 2010, 95 p., Anses, France.

[4] Décret n° 2012-746 du 9 mai 2012 fixant des valeurs limites d'exposition professionnelle contraignantes pour certains agents chimiques. *Journal*

Officiel de la République française n°0109 du 10 mai 2012, p. 8773.

[5] Chrome hexavalent - spéciation du chrome, méthode 084, v03. Base de données MétroPol, www.inrs.fr, site consulté le 22 août 2013.

[6] LERAY F., BARAT C., BOURDEL G., PORTANGUEN E., MOREAU N., POILPRÉ N., DUTREUIL C. Le chrome VI en milieu de travail, www.carsat-pl.fr,

octobre 2013; www.carsat-pl.fr/telechargements/pdf/entreprises/risque_chimique_chrome_6.pdf; site consulté le 17 février 2015.

[7] Produit à substituer: Oxyde de chrome VI, FAS 8, INRS (2013). www.inrs.fr, site consulté le 21 septembre 2013.

[8] Produit à substituer: Chromate de strontium, FAS 27, INRS (2010). www.inrs.fr, site consulté le 2 septembre 2013.