



Base Colchic

La base de données d'exposition professionnelle aux agents chimiques et biologiques Colchic regroupe l'ensemble des mesures d'exposition effectuées sur les lieux de travail par les huit laboratoires interrégionaux de chimie (Lic) des Carsat/Cramif et les laboratoires de l'INRS. Elle est gérée par l'INRS et a été créée en 1987 à l'initiative de la Caisse nationale de l'assurance maladie (Cnam). À ce jour, Colchic compte plus d'un million de résultats pour 745 substances chimiques et agents biologiques.

PORTRAIT RÉTROSPECTIF DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES AU CHROME HEXAVALENT ET À SES COMPOSÉS EN FRANCE DE 2015 À 2024

Cet article présente un portrait des niveaux d'expositions professionnelles au chrome hexavalent et à ses composés enregistrés dans la base de données Colchic entre 2015 et 2024. Il présente une évaluation des niveaux d'exposition par secteur d'activité et par tâche.

JEAN-FRANÇOIS
SAUVÉ,
GAUTIER
MATER
INRS,
département
Métrologie
des polluants

Contexte

Le chrome hexavalent est présent dans plusieurs composés, tels le trioxyde de chrome, le chromate de zinc ou le dichromate de sodium [1]. Les composés du chrome hexavalent peuvent se retrouver dans des solutions utilisées dans les procédés de traitement de surface [2], dans le tannage du cuir, dans des pigments (chromates) utilisés dans certaines peintures spécialisées et dans la préservation du bois par un mélange cuivre-chrome-arsenic (CCA), dont l'usage est fortement réglementé depuis les années 2000 [3, 4]. Le chrome hexavalent peut également être retrouvé dans le ciment [3] et dans les fumées générées par des procédés de soudage impliquant notamment l'acier inoxydable [5]. Les enquêtes nationales n'ont pas réalisé d'évalua-

tion de la prévalence de l'exposition professionnelle au chrome hexavalent en France. Par exemple, l'enquête Sumer de 2010¹ questionnait sur le chrome et ses dérivés, englobant le chrome hexavalent et en excluant les fumées de soudage et le ciment comme sources d'exposition potentielles [6]. À l'échelle européenne, une enquête menée en 2022 et 2023 dans six pays (dont la France) a estimé que 4,7 % des travailleurs étaient exposés au chrome hexavalent, principalement lors de tâches de soudage, de mélange impliquant du ciment dans le secteur du BTP et d'usinage de pièces en acier [7]. L'exposition aux composés du chrome hexavalent est associée à diverses atteintes à la santé. Comparativement aux autres composés du chrome (par exemple, le chrome trivalent), le chrome

Un biais d'interprétation est susceptible d'être introduit lors de l'exploitation des bases de données nationales d'exposition professionnelle telles que Colchic. En effet, ces bases n'ont pas été conçues dans le but d'être représentatives de l'ensemble des travailleurs ou d'un secteur professionnel donné.



© Rodolphe Escher pour l'INRS / 2016

Générant plusieurs polluants dont le chrome hexavalent, la déconstruction d'un ancien porte-hélicoptères de la Marine nationale nécessite l'usage d'un masque à ventilation assistée.

hexavalent est plus facilement absorbé par les voies respiratoires et la peau et peut générer des espèces réactives de l'oxygène [1,8]. En 1980, le Centre international de recherche sur le cancer a reconnu certains composés du chrome hexavalent (par exemple, le chromate de calcium) comme cancérogènes pour l'homme [9]; une réévaluation en 1987 a étendu cette classification à l'ensemble des composés [10]. L'inhalation de ces composés est aussi associée à des effets sensibilisants et à des atteintes aux voies respiratoires supérieures [11]. L'exposition par voie cutanée peut provoquer des dermatoses et des ulcères cutanés [11].

Les maladies professionnelles dues au chrome hexavalent peuvent être reconnues au titre des tableaux de maladies professionnelles (TMP) n°s 10, 10bis et 10ter du régime général de la sécurité sociale (RG), correspondant respectivement aux affections cutanées, respiratoires et cancéreuses². Sur la période 2015-2023, 192 maladies professionnelles ont été reconnues au titre de ces tableaux. Les affections cutanées regroupent principalement des dermites et ulcérations, les affections respiratoires des atteintes bronchopulmonaires, et des affections cancéreuses attribuées au chrome VI. Les affections cancéreuses (TMP-RG n° 10ter) représentent 91 cas, soit environ 47 % de l'ensemble, devant les atteintes cutanées (TMP-RG n° 10: 76 cas, environ 40 %) et les affections respiratoires (TMP-RG n° 10bis: 25 cas, soit 13 %). Le nombre total de maladies professionnelles

reconnues comme dues au chrome hexavalent varie en moyenne entre 11 et 33 cas selon les années³. Depuis le 1^{er} juillet 2014, les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) réglementaires contraignantes fixées pour le chrome hexavalent sont de 1 µg/m³ sur huit heures et de 5 µg/m³ sur une durée de 15 minutes⁴.

Le chrome hexavalent étant une substance cancérogène sans seuil, la VLEP-8h de 1 µg/m³ ne repose pas sur un seuil d'effet sanitaire, mais sur les capacités analytiques disponibles au moment de son établissement. Lors de l'évaluation menée par l'Afsset (aujourd'hui l'Anses) en 2010 [1], les méthodes de mesure ne permettaient pas d'atteindre des limites de quantification suffisamment basses, notamment le dixième de la VLEP, niveau de performance recommandé par la norme européenne NF EN 482 [12]. Les évolutions méthodologiques intervenues depuis permettent désormais de quantifier des niveaux de concentrations de l'ordre du dixième de la VLEP [13]. Une campagne de prélèvement menée en France entre 2010 et 2013 a permis de documenter des niveaux d'exposition dans 99 établissements répartis dans divers secteurs d'activité, principalement dans la métallurgie, le traitement de surface et la peinture d'aéronefs [5,14]. Les moyennes géométriques des concentrations relevées les plus élevées étaient observées dans la projection thermique de métal (5,27 µg/m³), la peinture d'aéronefs (3,67 µg/m³) et la production de chrome et



CONCENTRATIONS EN CHROME VI (µg/m³)											
Durée	Nb	% < LQ	Min	C ₂₅	C ₅₀	C ₇₅	C ₉₅	Max	MA	VLEP (µg/m³)	% > VLEP
≤15 minutes	16	31 %	< 0,31	< 1,20	1,88	3,57	6,22	8,0	2,56	5	19%
60 à 600 minutes	1811	31%	< 0,01	< 0,05	0,14	0,61	6,19	350,8	2,24	1	19%

Nb: nombre de mesures. % < LQ: pourcentage de mesures inférieures à la limite de quantification. Min: valeur minimale. C₂₅, C₅₀, C₇₅, C₉₅: centiles 25, 50, 75 et 95. Max: valeur maximale. MA: moyenne arithmétique. % > VLEP: pourcentage de concentrations supérieures à la VLEP.

↑TABLEAU 1
Nombre de mesures, pourcentage de valeurs sous la limite de quantification, statistiques descriptives des concentrations en chrome hexavalent et pourcentage de concentrations supérieures à la VLEP.

de ferrochrome (2,42 µg/m³) [14]. Afin de disposer d'un portrait plus récent de la situation, cet article présente une analyse descriptive des niveaux d'exposition au chrome hexavalent et à ses composés à partir des mesures enregistrées dans la base Colchic entre 2015 et 2024, correspondant aux dix dernières années complètes d'enregistrement.

Méthodes d'analyse

Les données de la base Colchic utilisées pour cette analyse ont été restreintes aux échantillons sur la période 2015-2024 de la fraction inhalable prélevés en zone respiratoire à l'aide d'une cassette fermée à un débit de 2 L/min sur une durée allant de 60 à 600 minutes pour comparer l'exposition à une VLEP sur 8 heures, ou jusqu'à 15 minutes pour comparer l'exposition à une VLEP de courte durée. Seuls les échantillons analysés par chromatographie ionique couplée à un détecteur ultraviolet selon la méthode décrite dans la fiche MétroPol M-43 [13] ont été retenus. Pour les analyses statistiques, des indices d'exposition (IE) ont été calculés dans l'objectif de faciliter la comparaison des distributions des niveaux d'exposition entre les différentes activités. Les IE représentent le ratio entre la concentration mesurée et la VLEP-8h pour le chrome hexavalent. Une valeur d'IE > 1 signifie un dépassement de la VLEP-8h. Les valeurs dont la concentration est inférieure à la limite de quantification (LQ) ont été remplacées par LQ/2.

État des lieux des données Colchic

Les analyses statistiques ont porté sur un total de 1827 mesures enregistrées au cours de la période

de dix ans ; 1811 mesures étaient réalisées sur une durée de prélèvement comprise entre 60 et 600 minutes ; seules 16 mesures visaient à évaluer l'exposition sur une durée égale ou inférieure à 15 minutes. Le *Tableau 1* présente les statistiques calculées sur l'ensemble des mesures, stratifiées par la durée de prélèvement.

Les mesures de courte durée étaient associées à des activités de traitement de surfaces et de sidérurgie. En raison de leur faible nombre, ces données n'ont pas fait l'objet d'analyses approfondies par secteur d'activité ou par tâche.

Pour les données correspondant à une durée de prélèvement comprise entre 60 et 600 minutes, 558 mesures (31 % du total) sont inférieures à la limite de quantification analytique, tandis que 340 mesures (19 % du total) dépassent la VLEP-8h (*Cf. Tableau 1*). La majorité des prélèvements, soit 1234 (68 %), sont associés à des tâches de soudage à l'arc électrique. Les autres tâches documentées dans la base incluent l'usinage, le traitement de surface et le travail du cuir. Compte tenu de la prépondérance des mesures associées au soudage à l'arc électrique, cette tâche a fait l'objet d'une analyse statistique spécifique.

Résultats pour la tâche de soudage à l'arc électrique

La *Figure 1* présente la distribution des indices d'exposition par procédé de soudage à l'arc électrique. Au total, 246 mesures (20 %) sont supérieures à la VLEP-8h, mais les proportions de dépassement varient en fonction du procédé de soudage. Le soudage par procédé TIG (*tungsten inert gas*) est

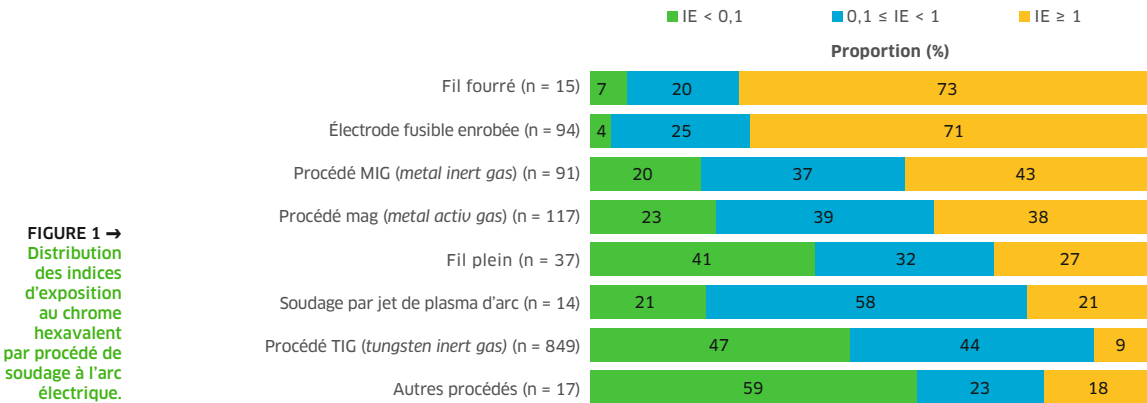
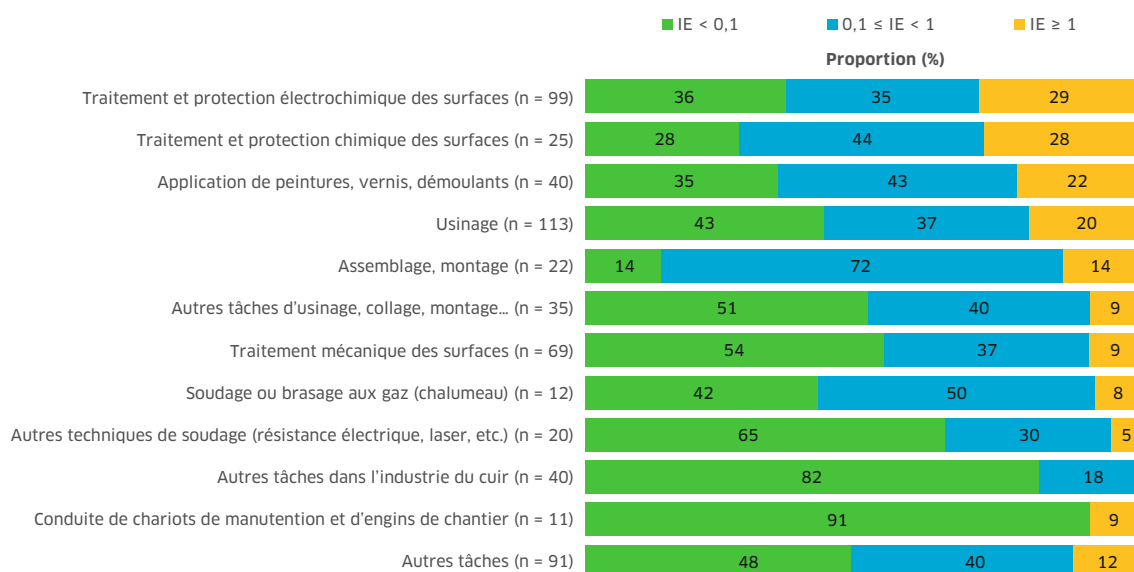


FIGURE 1 →
Distribution des indices d'exposition au chrome hexavalent par procédé de soudage à l'arc électrique.



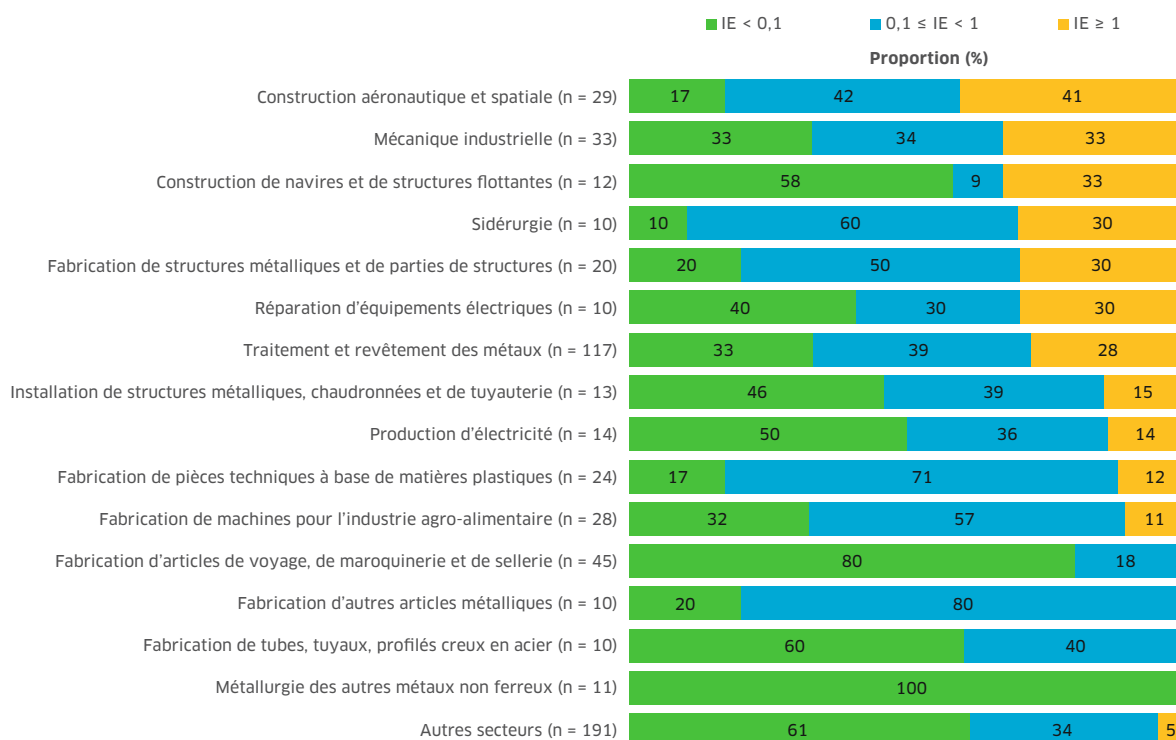
← FIGURE 2
Distribution
des indices
d'exposition
au chrome
hexavalent
par tâche,
à l'exception
du soudage
à l'arc électrique.

le procédé le plus fréquemment mesuré (n = 849) et celui ayant la plus faible proportion de concentrations dépassant la VLEP-8h (9 %). À l'opposé, les proportions de dépassements de la VLEP-8h les plus élevées sont observées pour le soudage au fil fourré (73 %) et le soudage avec électrode fusible enrobée (71 %).

Résultats pour les autres tâches

Parmi les tâches autres que le soudage à l'arc électrique, les proportions de dépassements de la VLEP-8h sont les plus importantes pour trois tâches de traitement de surfaces, soit par procédé

électrochimique (29 %, n = 99), chimique (28 %, n = 25), et par application de peintures (22 %, n = 40 ; Cf. Figure 2). Pour les traitements électrochimiques et chimiques de surfaces, les mesures sont associées à la conduite et surveillance d'installations, respectivement de dépôt électrolytique et de métallisation de surface. Les dépassements de la VLEP-8h pour la tâche d'usinage sont principalement observés pour des opérations d'enlèvement de matière (perçage, fraisage...). La distribution des indices d'exposition par secteur d'activité (Cf. Figure 3) montre que 41 % des concentrations mesurées dans le secteur de la



← FIGURE 3
Distribution
des indices
d'exposition
au chrome
hexavalent
par secteur
d'activité,
à l'exception
des mesures
associées
à la tâche
de soudage
à l'arc électrique.



© Gaël Kerbaol / INRS / 2020

Un peintre porte une combinaison complète avec appareil de protection respiratoire à adduction d'air pour se protéger du chrome hexavalent, dans une usine de fabrication de pièces pour l'aéronautique.

construction aéronautique et spatiale dépassent la VLEP-8h. Les dépassements observés dans ce secteur sont associés à des opérations d'usinage et de peinture.

Discussion et conclusion

Cette analyse des données enregistrées dans la base Colchic entre 2015 et 2024 a permis d'observer des niveaux généralement plus faibles que ceux mesurés lors de la campagne nationale réalisée entre 2010 et 2013. La moyenne géométrique (MG) globale pour la période plus récente est près de deux fois plus faible (de $0,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $0,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), tout comme la proportion de mesures supérieures à la VLEP-8h, qui a baissé de 26 % à 19 %. La baisse de la proportion de dépassements pour la tâche de soudage électrique est comparable (de 25 % à 20 %); toutefois, les résultats de la campagne 2010-2013 n'avaient pas pris en compte les informations sur le procédé de soudage, ce qui empêche une comparaison plus fine sur la base des procédés spécifiques. L'industrie aérospatiale fait partie des secteurs

présentant des niveaux observés plus faibles dans cette analyse que lors de la campagne 2010-2013, tout en présentant des proportions de dépassement plus élevées. Par exemple, la MG observée pour la tâche de peinture dans le secteur de l'aéronautique en 2010-2013 était de $3,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, alors qu'elle est de $0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la période 2015-2024.

Certains secteurs présentant de fortes proportions de dépassements dans la campagne nationale 2010-2013, tels que la projection thermique (100 %), la fabrication de peintures (50 %) et le traitement du bois (44 %), n'ont pas pu être réévalués, faute de mesures sur la période 2015-2024, ce qui peut être dû à la sélection des situations de travail visées et à la substitution des produits ou des procédés. En effet, la campagne nationale avait ciblé des entreprises et des activités susceptibles d'utiliser ou d'émettre du chrome hexavalent, tandis que les données utilisées dans le cadre de cette analyse proviennent d'objectifs de mesurage différents.

Afin de prévenir les risques dans les opérations impliquant l'utilisation de composés du chrome hexavalent, la substitution des produits ou des procédés est à privilégier. Parmi les stratégies de substitution, on peut noter l'utilisation de bains électrolytique à base de chrome III dans le traitement de surface [15] ou de peintures anticorrosion contenant des pigments à base de phosphates plutôt que de chromate de zinc [16]. L'utilisation de procédés clos peut aussi permettre de réduire l'exposition des salariés pour certaines opérations. Pour les situations où l'exposition au chrome hexavalent est générée par un procédé, le captage des poussières et fumées ou l'isolation de la source d'exposition font partie des solutions à privilégier. En ce qui concerne le soudage à l'arc électrique, outre le procédé de soudage lui-même (MIG, TIG, etc.), plusieurs paramètres peuvent influencer les niveaux de concentration en chrome hexavalent et autres métaux générés par cette tâche. Ces paramètres incluent par exemple la nature de l'électrode utilisée, la tension ou l'intensité du courant, et ont fait l'objet d'une revue de la littérature par l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) [17]. Il n'est toutefois pas possible d'évaluer la contribution de ces paramètres sur les niveaux d'exposition au chrome hexavalent observés dans cette analyse, puisque ces informations ne sont pas enregistrées dans la base Colchic.

Finalement, d'autres approches métrologiques peuvent être mises en œuvre pour compléter la démarche d'évaluation de l'exposition. Par exemple, l'Anses propose une valeur limite biologique (VLB) pour le chrome urinaire de 2,5 µg/L ou 1,8 µg/g de créatinine (en fin de semaine et fin de poste) correspondant à une exposition à la VLEP-8h pour le chrome hexavalent de 1 µg/m³ [18]. Cette recommandation est, pour l'instant, limitée au secteur du chromage, en raison de données insuffisantes dans les autres secteurs d'activité. Les prélèvements surfaciques peuvent également aider à la démarche de prévention du risque lié à l'exposition cutanée au chrome hexavalent, notamment pour caractériser les sources de contamination et pour développer des procédures de nettoyage adaptées [19, 20]. ●

1. L'enquête Sumer (surveillance médicale des expositions des salariés aux risques professionnels) a été réalisée par questionnaires auprès d'un échantillon de 54 000 salariés du secteur privé, ainsi que de la fonction publique, par le biais des services médicaux de santé au travail ou de prévention.

2. Voir : <https://www.inrs.fr/publications/bdd/mp.html>

3. Voir : <https://www.assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/mp-denombrement-historique-2000-2023>

4. Voir : Décret n° 2012-746 du 9 mai 2012 fixant des valeurs limites d'exposition professionnelle contraignantes pour certains agents chimiques. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ANSES – Valeurs limites d'exposition en milieu professionnel: Les composés du chrome hexavalent. Avis de l'Anses / Rapport d'expertise collective, 2010. Accessible sur : <https://www.anses.fr/fr/system/files/VLEP-Ra-chrome.pdf>
- [2] BENABEN P. – Chromage. Techniques de l'ingénieur, 2017, p. M1615 v1612.
- [3] BOULVERT E., GUÉRIN S. – Expositions au chrome hexavalent. Synthèse des données disponibles: sources, émissions, exposition et toxicité pour l'homme. Rapport Ineris-18-173822-0468B-v1.0, 2020.
- [4] COURTOIS B. – Produits de traitement du bois. Composition, dangers, mesures de prévention. INRS, 2006, ED 981. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20981>
- [5] LERAY F., VINCENT R. – Chrome VI, des expositions élevées et préoccupantes. Hygiène & sécurité du travail, 2015, 238, pp. 34-39.
- [6] VINCK L., MEMMI S. – Les expositions aux risques professionnels: les produits chimiques. Enquête Sumer 2010, Synthèse Stat' 2015, n° 13.
- [7] CAVET M., MATSUSHIMA A., SANCHEZ A. – Occupational cancer risk factors in Europe – Overview of the findings of the Workers' exposure survey. Agence européenne pour la santé et la sécurité au travail (EU-Osha), 2025. Accessible sur : https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/occupational-cancer-risk-factors-europe-overview-findings-WES_771_EN.pdf
- [8] INERIS – Chrome et ses dérivés. 2005. Accessible sur : <https://substances.ineris.fr/sites/default/files/archives/7440-47-3%20-%20Chrome%20-%20FDTE.pdf>
- [9] CENTRE INTERNATIONAL DE RECHERCHE SUR LE CANCER – Some metals and metallic compounds. IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, 1980, volume 23.
- [10] CENTRE INTERNATIONAL DE RECHERCHE SUR LE CANCER – Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC Monographs volumes 1-42. IARC Monographs, Supplement 7, 1987.
- [11] INRS – Trioxyde de chrome. Fiche toxicologique n°1, 2019. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox>
- [12] NORME NF EN 482 – Exposition sur les lieux de travail. Procédures pour déterminer la concentration d'agents chimiques. Exigences élémentaires relatives aux performances. Afnor, 2021. Accessible sur : <https://www.boutique.afnor.org>
- [13] INRS – Base de données MétroPol. Méthode M-43 – Chrome VI (composé du), en Cr, 2024. Accessible sur : https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol/fiche.html?refINRS=METROPOL_43
- [14] VINCENT R. ET AL. – Occupational exposure to chrome VI compounds in French companies: results of a national campaign to measure exposure (2010-2013). The Annals of occupational hygiene, 2014, 59 (1), pp. 41-51.
- [15] INRS – Fiche d'aide à la substitution (FAS) 8 – Oxydes de chrome VI. Chromage électrolytique de l'acier, 2019. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=FAS%208>
- [16] INRS – Fiche d'aide à la substitution (FAS) 30 – Chromate de zinc. Fabrication et application de peintures anticorrosion, 2011. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=FAS%2030>
- [17] SARAZIN P. ET AL. – Influence des paramètres de soudage à l'arc électrique sur les concentrations de fumées et leurs composantes métalliques: état des connaissances. IRSST, 2020.
- [18] ANSES – Évaluation des indicateurs biologiques d'exposition et recommandation de valeurs biologiques pour le Chrome VI et ses composés. 2017. Accessible sur : <https://www.anses.fr/system/files/VLEP2007SA0430Ra.pdf>
- [19] INRS – Base de données MétroPol. Méthode M-430 – Chrome VI, 2024. Accessible sur : https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol/fiche.html?refINRS=METROPOL_430
- [20] ESTÈVE W., MATERA V. – Surfaces contaminées au travail: comment mesurer pour prévenir ? Hygiène & sécurité du travail, 2022, 267, pp. 89-93. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=CC%2037>