

## Chrome et chromates

Famille \_\_\_\_\_ Métaux

Fiche(s) toxicologique(s) \_\_\_\_\_ 1 ; 180

Fiche(s) VLEP \_\_\_\_\_ 

- Chrome hexavalent et ses composés

- Chrome (métal), composés de chrome inorganiques (II) et composés de chrome inorganiques (insolubles) (III)

Mention "peau" signalant la possibilité de pénétration cutanée importante associée à la VLEP-8h pour le chrome VI et ses composés et proposée par plusieurs organismes : Anses, ACGIH (composés solubles du chrome VI), DFG (composés du chrome VI, à l'exception des chromates de baryum, plomb, strontium et zinc)

Numéro CAS principal \_\_\_\_\_ 7440-47-3

## Dosages disponibles pour cette substance

- Chrome urinaire
- Chrome sanguin

## Renseignements utiles pour le choix d'un indicateur biologique d'exposition (IBE)

### Toxicocinétique - Métabolisme [1, 2]

L'absorption du chrome dépend de la spéciation (ou espèce chimique), de la solubilité du composé dans le milieu biologique considéré, ainsi que de la granulométrie du composé et de sa valence : le degré d'absorption augmente avec la diminution de la taille des particules et l'augmentation de la solubilité des composés.

Les dérivés hexavalents comprennent le trioxyde de chrome, les chromates et les dichromates, de solubilité variable dans l'eau. Les composés tels le trioxyde de chrome ( $\text{CrO}_3$ ), les chromates de métaux alcalins (chromate de potassium, de sodium et de lithium) sont solubles. Les sels de métaux alcalino-terreux (chromate de calcium, de strontium) sont moins solubles, les chromates de plomb et de zinc sont pratiquement insolubles.

Les dérivés solubles du chrome VI peuvent pénétrer dans l'organisme par toutes les voies, principalement respiratoire en milieu professionnel mais aussi digestive (< 10 %) (défaut d'hygiène) et plus faiblement percutanée (environ 4 %).

Les dérivés trivalents (sulfate et chlorure de chrome) sont moins bien absorbés que les dérivés hexavalents par voie respiratoire, très peu absorbés par le tractus digestif et ne semblent pas l'être par la peau intacte.

Les demi-vies du chrome sanguin sont de 7 heures, 1-4 jours et 3-12 mois.

Le chrome VI, qui traverse facilement les membranes cellulaires, est rapidement réduit en chrome III dans les cellules de tous les tissus ; il pénètre en particulier dans les hématies où il est réduit et retenu pendant toute leur durée de vie sous forme de chrome III (capacité à former des composés stables avec les macromolécules). Le chrome III est lié aux protéines et se distribue principalement dans la moelle osseuse, les poumons, le foie, le rein et la rate. Le chrome absorbé peut traverser la barrière placentaire.

L'excrétion est essentiellement urinaire (> 80 %) sous forme de chrome III et faiblement fécale (clairance des particules inhalées via le tractus digestif). Environ 10 % de la dose absorbée sont éliminés par voie biliaire, de plus faibles quantités sont excrétées via les phanères, le lait maternel, la sueur. L'élimination urinaire est triphasique (demi-vies d'élimination : 4,5 - 7 heures, 15 à 30 jours, 3 à 5 ans). Il y a une accumulation du chrome au cours de la semaine et tout au long de l'année chez les plus exposés.

### Indicateurs biologiques d'exposition

Les concentrations de chrome urinaire et sanguin reflètent la quantité totale de chrome absorbé.

**Le chrome urinaire (chromurie)** en fin de poste de travail et fin de semaine est influencé à la fois par l'exposition récente et par la charge corporelle. Il reflète l'exposition totale au chrome de différentes espèces chimiques. La surveillance biologique ne peut évaluer avec précision l'exposition à des composés insolubles. Il y a une accumulation du chrome au cours de la semaine de travail et tout au long de l'année chez les plus exposés. Chez les travailleurs ayant une exposition chronique, la chromurie peut rester supérieure aux valeurs de la population générale plusieurs mois voire des années après arrêt de l'exposition. La clairance rénale du chrome augmente lors de l'exposition chronique.

Des valeurs biologiques d'interprétation professionnelles sont proposées par plusieurs organismes. La toxicocinétique des composés du chrome étant différente en fonction de la taille des particules, de l'espèce chimique (spéciation), de la solubilité des composés, paramètres qui varient selon l'activité, certaines valeurs sont établies pour des secteurs d'activité ou une exposition à des composés spécifiques.

- Pour une exposition au Cr VI dans le secteur du chromage, l'Anses a établi une valeur limite biologique (VLB) (Anses, 2017) [2] de 2,5 µg/L (1,8

µg/g de créatinine) pour le chrome urinaire en fin de poste et fin de semaine, sur la base de corrélations entre les concentrations atmosphériques de Cr VI et urinaires de chrome observées dans deux études de terrain dans ce secteur d'activité [3, 4]. Elle correspond à une exposition au Cr VI et ses composés de 0,001 mg/m<sup>3</sup> (VLEP-8h). En cas d'expositions mixtes (Cr III et VI), compte tenu de la contribution des expositions du Cr III aux concentrations de chrome urinaire, il est recommandé d'interpréter les mesures urinaires à la lumière des niveaux respectifs des concentrations atmosphériques des différents composés du chrome.

- Pour une exposition aux chromates alcalins (Cr (VI)), la Commission allemande DFG a proposé des valeurs EKA pour le chrome urinaire de 12 et 20 µg/L en fin de poste ou fin d'exposition, correspondant à des concentrations atmosphériques de CrO<sub>3</sub> de 0,03 et 0,05 mg/m<sup>3</sup> respectivement (applicables également pour une exposition à des fumées de soudage) [5].
- La valeur BEI de l'ACGIH est établie sur la base du 95<sup>ème</sup> percentile de la concentration de chrome urinaire observé en population générale. L'ACGIH a estimé qu'une extrapolation de la corrélation entre les concentrations atmosphériques et urinaires au niveau de la TLV-TWA de 0,2 µg/m<sup>3</sup> pour les composés du Cr VI, particules inhalables, conduirait également à une concentration urinaire de l'ordre des valeurs retrouvées en population générale [6]. L'ACGIH précise que la surveillance biologique n'évalue pas de manière pertinente l'exposition à des composés insolubles de chrome.

Des valeurs biologiques d'interprétation issues de la population générale sont également disponibles pour cet indicateur :

- Une VBR de 0,65 µg/L (0,54 µg/g de créatinine) est également recommandée par l'ANSES [2] correspondant au 95<sup>ème</sup> percentile des concentrations de chrome urinaire observées dans la population générale adulte dans l'étude française ENNS 2006-2007 [7]. Plus récemment, en France, un 95<sup>ème</sup> percentile plus élevé de 1,7 µg/L (2,3 µg/g de créatinine) pour le chrome urinaire a été observé dans l'étude Esteban 2014-2016 [8] mais ces données ne sont pas confortées par d'autres études en Europe et aux Etats-Unis [9, G3].
- La valeur BAR établie par la Commission allemande DFG (DFG, 2008) [10] de 0,6 µg/L pour le chrome total urinaire correspond au 95<sup>ème</sup> percentile des concentrations urinaires de chrome dans la population générale en Allemagne.

#### Données de la littérature

Dans l'étude HBM4EU Chromates (2018-2020) réalisée dans 9 pays européens dont la France, les concentrations urinaires de chrome total en fin de poste et les concentrations atmosphériques de chrome hexavalent ont été mesurées chez des travailleurs dans différents secteurs d'activité (voir tableau ci-dessous) [9, 11].

	Chrome urinaire total en fin de poste et fin de semaine (µg/g de créatinine)			Chrome hexavalent (prélèvements atmosphériques, fraction inhalable) (µg/m <sup>3</sup> )	
	n	Médiane (P95)	Min-max	n	Médiane (P95)
Soudage	189	0,7 (3,4)	0,1-5,8	107	0,5 (4,1)
Chromage	90	1,1 (7,7)	0,1-13,6	57	0,4 (5,1)
Peintures	45	0,9 (3,6)	0,1-12,3	7	5,6 (154)
Travaux d'usinage dans les entreprises de traitement de surface	36	1,0 (6,7)	0,1-7,7	15	0,1 (0,4)
Production d'acier	10	1,3 (2,0)	0,3-2,0	< 5	-
Travaux de maintenance et de laboratoire	8	0,3 (1,5)	0,1-1,5	< 5	-
Projection thermique	5	0,4 (2,4)	0,1-2,4	5	9,6 (21)

Les données de cette étude à l'échelle de la France montraient des concentrations urinaires de chrome total chez les soudeurs supérieures à celles des chromeurs : médianes (P95), (min-max) de chrome urinaire en fin de poste et fin de semaine de 1,29 (3,69), (0,31-3,69) (n=15) versus 0,41 (1,93), (0,11-1,93) (n=18) respectivement. Les concentrations atmosphériques médianes (P95), (min-max) de chrome VI (fraction inhalable) étaient de 0,53 (40,35), (0,02-40,35) µg/m<sup>3</sup> chez les soudeurs (n=10) et de < LOQ (0,37), (<LOQ-0,39) µg/m<sup>3</sup> chez les chromeurs (n=20) [12].

Chromage électrolytique

Dans une étude réalisée dans 13 entreprises du secteur du chromage électrolytique au Royaume-Uni (2008-2011), les concentrations médianes de chrome urinaire (90<sup>ème</sup> percentile) en fin de poste (prélèvements sur 3 jours de travail consécutifs) étaient de 1,1 (4,9) µg/g de créatinine chez l'ensemble des 354 travailleurs exposés au chrome (chromeurs mais aussi techniciens de maintenance, chimistes, ouvriers auxiliaires) et de 1,5 (6) µg/g de créatinine dans le sous-groupe de 180 chromeurs [13].

#### Soudage

Dans une étude réalisée en France chez 137 soudeurs (soudage MAG et MIG pour respectivement 85% et 15% du temps du poste de travail, sur acier doux principalement), les concentrations médianes (P95), (min-max) de chrome urinaire en fin de poste et fin de semaine de travail étaient de 0,39 (2,06), (0,11-3,27) µg/g de créatinine [14].

Dans l'étude WELDOX II réalisée en Allemagne (2013-2015) les concentrations médianes de chrome urinaire en fin de poste étaient supérieures chez 24 soudeurs MAG/MIG, principalement sur acier doux, par rapport à celles observées chez 19 soudeurs TIG, principalement sur acier inox : 1,35 µg/L (0,94 µg/g de créatinine) versus 0,8 µg/L (0,78 µg/g de créatinine) respectivement, les concentrations atmosphériques en chrome VI étant respectivement de 0,24 µg/m<sup>3</sup> et 0,23 µg/m<sup>3</sup> [15].

**Le chrome intra-érythrocytaire est un indicateur spécifique** qui reflète l'exposition au chrome VI (du fait du passage transmembranaire du seul chrome VI) des 3-4 mois précédant le prélèvement (durée de vie des érythrocytes de 120 jours), ce qui expliquerait la faible corrélation avec les concentrations de chrome urinaire mesurées en fin de poste et fin de la même semaine de travail. En l'absence de données suffisantes et des exigences pré-analytiques, ce dosage n'est pas proposé en routine.

Pour une exposition aux chromates alcalins (Cr (VI)), la Commission allemande DFG a établi des valeurs EKA pour la fraction intraérythrocytaire du chrome sanguin total de 9 et 17 µg/L de sang total après une exposition d'au moins 3 mois, correspondant à des concentrations atmosphériques de CrO<sub>3</sub> de 0,03 et 0,05 mg/m<sup>3</sup> respectivement (non applicables pour les fumées de soudage) [5].

Dans l'étude européenne chromates (2018-2020), des concentrations de chrome intra-érythrocytaire (prélèvement entre le 3<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> jour de la semaine de travail, en fin de poste) étaient plus élevées chez les chromeurs et les peintres par rapport aux soudeurs et les témoins : médianes et 95<sup>èmes</sup> percentiles de 4,34 µg/L et 8,37 µg/L chez les chromeurs (n=70) ; 1,41 et 3,57 µg/L dans le secteur des peintures (n=47) ; 0,4 µg/L et 5,12 µg/L chez les soudeurs (n=171) ; 1,02 µg/L et 3,0 µg/L chez les témoins externes aux entreprises (n=41) [16].

Dans l'étude SafeChrom (2021-2022), réalisée en Suède avec une méthodologie similaire à l'étude HBM4EU, les concentrations de chrome intra-érythrocytaire en fin de poste étaient supérieures chez des travailleurs exposés au chrome de 14 entreprises (production d'acier, chromage électrolytique, soudage...) (n=113), par rapport à celles des témoins recrutés parmi des groupes professionnels non exposés (n=72) : médiane et P95 de 0,73 et 2,33 µg/L versus 0,53 et 0,72 µg/L [17].

**Le chrome plasmatique ou sérique** nécessite un prélèvement invasif et ne présente pas d'avantage par rapport au chrome urinaire.

**La concentration de chrome dans le sang total** dépend de celles dans le sérum/plasma et dans les hématies. Le chrome intra-érythrocytaire lui est préférable pour l'évaluation de l'exposition des derniers mois et le chrome urinaire est un meilleur indicateur de l'exposition récente.

**Le chrome VI dans le condensat d'air exhalé** est un indicateur spécifique de l'exposition au chrome VI et la méthode de prélèvement est non invasive. Cependant, il apparaît peu sensible pour l'évaluation des expositions actuelles au chrome VI. Dans l'étude européenne chromates (2018-2020), les concentrations de chrome VI dans le condensat d'air exhalé étaient quantifiables chez 67 % des chromeurs, mais uniquement chez 26 % des soudeurs et 14 % des usineurs ; elles étaient inférieures à la LOQ chez l'ensemble des témoins externes aux entreprises [9].

## Interférences - Interprétation

Pour le dosage de chrome urinaire, les prélèvements doivent être réalisés en dehors des locaux de travail, au mieux après une douche et au minimum après lavage des mains pour limiter le risque de contamination.

Le prélèvement sanguin doit être réalisé par un professionnel habilité, dans un lieu qui respecte les conditions d'asepsie nécessaire, en utilisant du matériel approprié afin de limiter les interférences pour l'analyse de chrome (aiguille en acier inoxydable ou, de préférence, avec revêtement en silicone, tube éléments traces).

L'influence du sexe et de la consommation de tabac semble négligeable [9]. Une augmentation des concentrations de chrome urinaire est observée chez les porteurs d'implants orthopédiques métalliques (+ 32%) et en lien avec la consommation de poissons (+ 4%) [8] ou, dans une moindre mesure, la consommation de bière et de cidre [7].

## Bibliographie spécifique

1. ATSDR (2012). Toxicological Profile for chromium. ATSDR, 2012 (<https://www.atsdr.cdc.gov/>).
2. Anses (2017). Valeurs limites d'exposition en milieu professionnel. Évaluation des indicateurs biologiques d'exposition et recommandation de valeurs biologiques pour le chrome VI et ses composés. Avis de l'ANSES. Rapport d'expertise collective. ANSES, 2017 (<https://www.anses.fr/fr/content/v-lep-consultation-en-av-al-des-expertises>).
3. Lindberg E, Vesterberg O. Monitoring exposure to chromic acid in chromeplating by measuring chromium in urine. Scand J Work Environ Health. 1983 ; 9(4) : 333-40.
4. Chen JL, Guo YL, Tsai PJ, Su LF. Use of inhalable Cr+6 exposures to characterize urinary chromium concentrations in plating industry workers. J Occup Health. 2002 ; 44 (1) : 46-52.
5. DFG (1994). Bolt HM, Lewalter J. Alkali chromates (Cr(VI)). In : BAT Value Documentation. The MAK Collection for Occupational Health and

- Safety. Weinheim: Wiley-VCH ; 1994 : 188-203.
6. ACGIH (2020). Chromium. Update 2020. In: Documentation of the TLVs and BEIs with Worldwide occupational exposure values. Cincinnati : ACGIH ; 2020.
  7. Fréry N, Saoudi A, Garnier R, Zeghnoun A et al. Exposition de la population française aux substances chimiques de l'environnement. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire ; 2011 : 151 p.
  8. Oleko A, Fillol C, Zeghnoun A, Saoudi A et al. Imprégnation de la population française par le chrome total. Programme national de biosurveillance, Esteban 2014-2016. Saint-Maurice: Santé publique France, 2021. 42 p. (<https://www.santepubliquefrance.fr>).
  9. Santonen T, Porras SP, Bocca B, Bousoumah R et al. HBM4EU chromates study - Overall results and recommendations for the biomonitoring of occupational exposure to hexavalent chromium. *Environ Res.* 2022 ; 204(Pt A) : 111984.
  10. DFG (2016). Leng G. Chromium and its compounds. In : BAT Value Documentation. The MAK Collection for Occupational Health and Safety. Weinheim: Wiley-VCH ; 2016 : 1-7.
  11. Viegas S, Martins C, Bocca B, Bousoumah R et al. HBM4EU Chromates Study: Determinants of Exposure to Hexavalent Chromium in Plating, Welding and Other Occupational Settings. *Int J Environ Res Public Health.* 2022 ; 19(6) : 3683.
  12. Bousoumah R, Antoine G, Melczer M, Carabin N et al. Evaluation de l'exposition professionnelle au chrome VI. Approche intégrant biomarqueurs, mesures atmosphériques et cutanées. *Vu du terrain TF 314. Réf Santé Trav.* 2023 ; 176 : 43-52 ([www.rst-sante-travail.fr](http://www.rst-sante-travail.fr)).
  13. Beattie H, Keen C, Coldwell M, Tan E et al. - The use of bio-monitoring to assess exposure in the electroplating industry. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2017 ; 27 (1) : 47-55.
  14. Persoons R, Amoux D, Monssu T, Culié O et al. Determinants of occupational exposure to metals by gas metal arc welding and risk management measures: A biomonitoring study. *Toxicol Lett.* 2014 ; 231 (2) : 135-41.
  15. Pesch B, Lehnert M, Weiss T, Kendzia B et al. Exposure to hexavalent chromium in welders: Results of the WELDOX II field study. *Ann Work Expo Health.* 2018 ; 62 (3) : 351-61.
  16. Ndaw S, Leso V, Bousoumah R, Rémy A et al. HBM4EU chromates study - Usefulness of measurement of blood chromium levels in the assessment of occupational Cr(VI) exposure. 2022 ; 214(Pt1) : 113758.
  17. Jiang Z, Schenk L, Assarsson E, Albin M et al. Hexavalent chromium still a concern in Sweden - Evidence from a cross-sectional study within the SafeChrom project. *Int J Hyg Environ Health.* 2024 ; 256:114298.
  18. Nisse C, Tagne-Fotso R, Howsam M, Members of Health Examination Centres of the Nord - Pas-de-Calais region network et al. - Blood and urinary levels of metals and metalloids in the general adult population of Northern France : The IMEPOGE study, 2008-2010. *Int J Hyg Environ Health.* 2017 ; 220 (2 Pt B) : 341-63.
  19. Cesbron A, Saussereau E, Mahieu L, Couland I et al. Metallic profile of whole blood and plasma in a series of 106 healthy volunteers. *J Anal Toxicol.* 2013 ; 37 (7) : 401-05.

## Bibliographie générale

- List of MAK and BAT Values. Permanent Senate Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (<https://www.dfg.de/en/about-us/statutory-bodies/senate/health-hazards>).
- TLVs and BEIs based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. 2023. Cincinnati : ACGIH ; 2023 : 287 p.
- National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. Biomonitoring Data Tables for Environmental Chemicals. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (<https://www.cdc.gov/exposurereport/>).

## Pour en savoir plus

## Renseignements utiles pour le dosage de *Chrome urinaire*

### Valeurs d'imprégnation en population générale adulte

Chrome urinaire : 0,65 µg/L (0,54 µg/g de créatinine) (95<sup>ème</sup> percentile dans la population générale adulte) (VBR ANSES, 2017) [2]

Chrome total urinaire : 0,6 µg/L (95<sup>ème</sup> percentile dans la population générale), (valeur BAR, DFG, 2008) [G1]

Chrome urinaire : 0,65 µg/L (0,54 µg/g de créatinine) (95<sup>ème</sup> percentile chez les adultes de la population générale 18-74 ans), étude ENNS 2006-2007 [7]

### Valeurs biologiques d'interprétation (VBI) issues de la population générale adulte observationnelles (OBS)

*valeur non déterminée*

### VBI françaises (VLB réglementaire, VLB ANSES)

Pour une exposition au chrome VI dans le secteur du chromage uniquement : Chrome urinaire : 2,5 µg/L (1,8 µg/g. de créatinine) en fin de poste et fin de semaine (correspond à une exposition à 0,001 mg/m<sup>3</sup> de Cr VI moyennée sur 8 heures) (VLB ANSES, 2017) [2]

### VBI européennes (BLV)

*valeur non déterminée*

### VBI américaines de l'ACGIH (BEI)

Chrome total urinaire : 0,7 µg/L en fin de poste et fin de semaine (95<sup>ème</sup> percentile dans la population générale) (ACGIH, 2020) [G2]

### VBI allemandes de la DFG (BAT, EKA, BLW)

Pour une exposition aux chromates alcalins (Cr VI) : Chrome urinaire : Valeurs EKA, DFG 1994 (Voir Renseignements utiles pour le choix d'un IBE) [G1]

### Moment dans la semaine

fin de semaine

### Moment dans la journée

fin de poste

### Facteur de conversion

1 µmol/L = 52 µg/L

### Intervalle de coût

Méthode Spectrométrie d'absorption atomique électrothermique (ETAAS) ou spectrométrie d'absorption atomique en four graphite (GFAAS) : de 32.4 € à 38.0 €, prix moyen 35.2 €

Méthode Spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif : de 18.0 € à 39.8 €, prix moyen 28.06 €

## Renseignements utiles pour le dosage de *Chrome sanguin*

### Valeurs d'imprégnation en population générale adulte

Chrome sanguin total : 1,3 µg/L (95<sup>ème</sup> percentile dans un échantillon de 1130 adultes du Nord de la France, étude IMEPOGE 2008-2010) [18]

Chrome sanguin total : 0,9 µg/L (95<sup>ème</sup> percentile chez 106 personnels de santé volontaires non professionnellement exposés, 2012) [19]

Chrome plasmatique : 0,8 µg/L (95<sup>ème</sup> percentile chez 106 personnels de santé volontaires non professionnellement exposés, 2012) [19]

### VBI françaises (VLB réglementaire, VLB ANSES)

*valeur non déterminée*

### VBI européennes (BLV)

*valeur non déterminée*

### VBI américaines de l'ACGIH (BEI)

*valeur non déterminée*

### VBI allemandes de la DFG (BAT, EKA, BLW)

*valeur non déterminée*

### Moment dans la semaine

fin de semaine

### Moment dans la journée

fin de poste

### Facteur de conversion

1 µmol/L = 52 µg/L

**Intervalle de coût** \_\_\_\_\_ Méthode Spectrométrie d'absorption atomique électrothermique (ETAAS) ou spectrométrie d'absorption atomique en four graphite (GFAAS) : 32.4 €  
Méthode Spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif : de 18.0 € à 35.0 €, prix moyen 26.39 €

## Historique

---

Création de la fiche	2003
Dernière mise à jour	2025
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Renseignements utiles pour le choix d'un IBE</li><li>▪ Renseignements utiles pour le(s) dosage(s)</li><li>▪ Bibliographie</li></ul>	