

# Évaluation par mesures atmosphériques, surfaciques et biologiques de l'exposition professionnelle au chrome VI via une équipe référente en toxicologie en SPST

## AUTEURS :

J. Passeron, S. Maisant, C. Patrascu, D. Bohuon, C. Beaufilz, J. Cochard, F. Palma, N. Bertrand, S. Goletto, Service de prévention et santé au travail des Alpes-Maritimes (AMETRA06)

## EN RÉSUMÉ

*Les auteurs remercient le laboratoire interrégional de chimie (LIRC) de la Caisse d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT) Sud-Est pour son expertise et son appui.*

Cet article présente les résultats d'une étude menée par un service de prévention et de santé au travail (SPST) au sein d'une entreprise de maintenance de moteurs. L'objectif était d'évaluer l'exposition des salariés au chrome hexavalent par des mesures atmosphériques, surfaciques et biométriologiques. Les concentrations atmosphériques étaient inférieures aux niveaux observés dans les secteurs les plus exposants. L'imprégnation était faible. En revanche, il existait une contamination résiduelle sur les surfaces et les mains. La démarche a aussi révélé la présence de fibres classées cancérogènes. Cet exemple illustre l'impact positif pour la prévention d'une collaboration entre le médecin du travail et une équipe pluridisciplinaire spécialisée.

## MOTS CLÉS

Biométriologie / Surveillance biologique / Prélèvement surfacique / Frottis de surface / Cancérogène / Chrome / CMR / Produit cancérogène mutagène et reprotoxique / Risque chimique / Agent chimique

## INTRODUCTION

L'exposition professionnelle au chrome hexavalent (Cr VI) constitue un risque majeur pour la santé des travailleurs en raison de ses propriétés cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR).

Les composés du Cr VI sont reconnus par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) comme cancérogènes certains pour l'être humain (groupe 1) [1 à 3]. Dans le cadre des activités de maintenance des moteurs diesel pour applications marines et ferroviaires, une entreprise adhérente au service de prévention et santé au travail (SPST) des Alpes-Maritimes (AMETRA06) a identifié des situations de travail exposant potentiellement ses mécaniciens à des émissions de Cr VI. Cette étude vise à évaluer l'exposition résiduelle des travailleurs, à valider les mesures de prévention

en place et à déterminer les sources de contamination.

## CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Le médecin du travail a été sollicité par l'un de ses adhérents concernant une problématique d'exposition de ses salariés au Cr VI. La société est spécialisée dans la maintenance des moteurs diesel équipant des moyens de transport tels que bateaux de plaisance, navires ou véhicules terrestres.

Dans le cadre de son évaluation des risques professionnels, l'adhérent avait identifié la présence de Cr VI (dépôt d'une poudre blanche à jaunâtre sur certaines surfaces) auquel les mécaniciens seraient exposés pendant les phases de démontage, remise en état et remontage des pièces de moteurs. Le Cr VI proviendrait de la dégradation thermique des alliages constitutifs de certaines pièces : collecteur d'échappement, châssis,

**Évaluation par mesures atmosphériques, surfaciques et biologiques de l'exposition professionnelle au chrome VI** *via* une équipe référente en toxicologie en SPSTI

turbo, vis et écrous d'assemblage. L'adhérent supposait que la graisse utilisée sur ces pièces, à la conception ou en remplacement lors des diverses maintenances, pourrait jouer un rôle dans la formation de Cr VI sous l'effet des hautes températures atteintes (> 500 °C). Avant de solliciter le SPST, l'adhérent avait déjà mis en place des mesures préventives pour réduire le risque d'exposition :

- réalisation de tests colorimétriques (détection de la présence de Cr VI) systématiques sur certaines pièces critiques identifiées et en cas de doute après un contrôle visuel pendant les actions de maintenance;
- mise à disposition d'équipements de protection individuelle (EPI) : demi-masques jetables FFP3, gants à usage unique nitrile, combinaison de travail de type 5;
- substitution de la graisse à l'échelle du groupe. Toutefois, les premiers effets de cette mesure ne pourront être observés que lors des futures maintenances sur les moteurs;
- aspersion au jet à haute pression du moteur avant démontage dans l'atelier;
- remplacement (à la place du nettoyage) des pièces facilement interchangeables en cas de test colorimétrique positif à la présence de Cr VI (visserie, rondelles...);
- nettoyage de l'espace de travail par aspiration et à l'humide. Balayage proscrit.

Ces mesures préventives avaient été mises en place uniquement lors des interventions sur les moteurs de véhicules terrestres traités en atelier. En effet, selon les informations internes et à partir des premiers tests colorimétriques effectués en interne, les moteurs installés sur les bateaux de plaisance n'étaient pas concernés par cette

pollution au Cr VI. Les hypothèses de l'adhérent étaient les suivantes :

- graisse différente employée sur les moteurs de plaisance;
  - alliages des pièces moteurs différents;
  - collecteur d'échappement et turbo enfermés dans un châssis appelé « carcan » qui est ventilé donc refroidi.
- L'intervention du SPST avait pour objectifs principaux :
- l'évaluation de l'exposition résiduelle au Cr VI des mécaniciens pendant leurs activités;
  - la validation de l'efficacité des mesures de prévention mises en place, notamment le port des EPI et les protocoles de nettoyage;
  - l'identification de la présence de Cr VI dans l'environnement de travail, sur les surfaces et dans l'air;
  - la validation de la fiabilité des tests colorimétriques par des analyses en laboratoire.

**ÉQUIPE PLURIDISCIPLINAIRE RÉFÉRENTE EN TOXICOLOGIE ET STRATÉGIE D'INTERVENTION**

Le SPST a mis en place une équipe pluridisciplinaire référente en toxicologie, composée de deux médecins du travail spécialisés en toxicologie, un ingénieur chimiste expert en métrologie, deux techniciens et un infirmier spécialisé en toxicologie. Une fois sollicitée par un médecin du travail, elle élabore une stratégie globale d'évaluation des expositions, intégrant les volets biologique, atmosphérique et surfacique, en collaboration étroite avec lui. Elle prend ensuite en charge l'ensemble du processus, depuis l'évaluation des risques, jusqu'à la réalisation opérationnelle des prélèvements, en passant par l'encadrement logistique et l'analyse centralisée des résultats. Grâce à la présence sur le

terrain de l'équipe dédiée, les prélèvements sont réalisés dans des conditions maîtrisées, avec une saisie précise des fiches de renseignements médicaux et professionnels (FRMP), garantissant la pertinence, la traçabilité et la qualité des résultats. Ce dispositif évite les biais possibles liés à des prélèvements hors contexte ou mal calés par rapport aux cinétiques des substances. Les données issues des différentes mesures font l'objet d'une analyse centralisée et pluridisciplinaire, combinant les expertises médicales, toxicologiques et techniques. Cette analyse permet de fournir au médecin du travail une synthèse claire, exploitable et contextualisée, accompagnée de recommandations personnalisées. Cette organisation permet non seulement un gain de temps et de pertinence pour le médecin, mais constitue également un appui renforcé à la démarche de prévention dans l'entreprise, tant au niveau collectif qu'individuel.

Dans le cas de cette entreprise, l'intervention a débuté par une analyse de l'activité et une évaluation du risque chimique de premier niveau. Cette étape a permis d'identifier les polluants à mesurer, de choisir les méthodes de mesure et les postes ou les étapes à étudier. La stratégie de mesure choisie s'articulait autour de trois volets complémentaires :

- prélèvements atmosphériques ciblés sur certains postes de travail ou sur les tâches jugées les plus exposantes;
- prélèvements surfaciques sur des zones spécifiques, permettant d'estimer la contamination des surfaces et de la peau des mains, de valider l'usage de tests colorimétriques et d'évaluer les transferts de pollution vers des espaces supposés « propres »;

● biométrie, avec des prélèvements urinaires réalisés en fin de poste et fin de semaine, intégrant ainsi l'ensemble des voies d'exposition (respiratoire, cutanée, digestive).

↓ **Tableau I**

### > MÉTHODES DE MÉTROLOGIE UTILISÉES

IC-UVD: Chromatographie ionique avec détection par absorption UV

FS/FP: Fin de semaine/Fin de poste

ICP-MS: Spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif

## MÉTHODE

Le **tableau I** décrit les moments de prélèvements correspondants à chaque type d'échantillon, les composés d'intérêt recherchés, la méthode d'analyse mise en œuvre ainsi que la limite de quantification (LQ) définie.

L'évaluation a été réalisée dans deux situations distinctes :

- maintenance des moteurs de véhicules terrestres dans un atelier ventilé naturellement ;
- maintenance des moteurs de bateaux de plaisance dans des espaces confinés et souvent mal ventilés.

## PROCOLE DE PRÉLÈVEMENTS ATMOSPHÉRIQUES DANS L'ATELIER

Les prélèvements atmosphériques ont été réalisés par une société externe à l'entreprise adhérente et au SPST par prélèvement actif (pompes individuelles équipées de filtres) prélevant les particules dans l'air.

La stratégie validée a défini plusieurs types de mesures :

- exposition d'une tâche évaluée par des prélèvements courts (15 minutes) lors de certaines tâches spécifiques au poste de trois opérateurs :
  - démontage : manipulation de pièces contaminées,
  - nettoyage : brossage manuel et aspiration,
  - remontage : graissage et assemblage ;

		Échantillon	Moments de prélèvement	Méthode d'analyse	LQ (limite de quantification)
Métrologie Externe	Atmosphérique		Au cours de la semaine de travail sur la durée du poste de travail (8h) et court terme (15 min)	IC-UVD	Volume de prélèvement dépendante ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	Surfacique		Parallèlement aux prélèvements atmosphériques	IC-UVD	40 ng
Métrologie Interne	Biomarqueur		FS/FP	ICP-MS	0,25 $\mu\text{g}/\text{L}$

- exposition d'un poste évaluée par des prélèvements individuels sur deux mécaniciens sur une journée de travail ;
- pollution d'un local de travail évaluée par des prélèvements en poste fixe dans la zone de travail sur 8h.

Les échantillons ont été analysés en chromatographie ionique pour mesurer les niveaux de Cr VI, exprimés en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Le port du masque FFP3 a été intégré dans les calculs des indices de risques correspondant aux phases exposantes avec un facteur de protection assigné (FPA) de l'EPI de 10. Les résultats ont été comparés à la valeur limite court terme (VLCT (5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )) ou à la valeur limite d'exposition professionnelle 8 heures (VLEP-8h (1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )) [4].

## PROCOLE DE PRÉLÈVEMENTS SURFACIQUES

Les prélèvements surfaciques ont été effectués par essuyage à l'aide de lingettes humides sur des surfaces représentatives, selon la mé-

thode proposée par l'INRS [5]. Afin de ramener la quantité de polluant récupérée à une concentration surfacique, le prélèvement se fait à l'aide d'un gabarit de 100  $\text{cm}^2$ , quand la surface le permet.

Les surfaces mesurées incluaient :

- établis et outils ;
- mains ;
- pièces du moteur (collecteurs d'échappement, turbo) ;
- surfaces de contact (téléphone, volant de véhicule).

Les échantillons ont été analysés en chromatographie ionique pour mesurer les niveaux de Cr VI, exprimés en ng ou en  $\text{ng}/\text{m}^2$  quand cela a été possible. La LQ pour le Cr VI présent dans les lingettes est de 40 ng.

Il n'existe pas de valeur limite réglementaire encadrant la pollution surfacique au Cr VI. L'analyse s'est donc appuyée sur la détection de la présence ou l'absence de ce polluant, ainsi que sur la comparaison relative des niveaux de contamination entre les différentes surfaces. Les résultats ont été comparés au test colorimétrique effectué en interne.

**Évaluation par mesures atmosphériques, surfaciques et biologiques de l'exposition professionnelle au chrome VI** *via* une équipe référente en toxicologie en SPSTI

**PROTOCOLE DE BIOMÉTROLOGIE**

L'élimination du chrome est principalement urinaire. La quantité de chrome urinaire reflète la dose de chrome sous toutes ses formes (différentes valences) qui a été absorbée par toutes les voies de pénétration dans l'organisme.

Les prélèvements urinaires ont été réalisés sur 11 mécaniciens (parmi 16) en fin de poste et en fin de semaine au mois de décembre 2022. Les mécaniciens se sont soigneusement lavé les mains jusqu'aux coudes et se sont changés en vêtements de ville, afin de limiter le risque de contamination, avant le recueil urinaire. Ces prélèvements ont été organisés par deux infirmières spécifiquement formées de l'AMETRA06.

La méthode d'analyse utilisée était la spectrométrie de masse à plasma induit (ICP-MS), avec une LQ de 0,25 µg/L [6]. Une FRMP a été renseignée par les infirmières et archivée dans le dossier médical avec les résultats.

En l'absence de valeur de référence établie et validée pour les expositions professionnelles au chrome de même nature que celles existantes dans cette entreprise, il a été choisi comme valeur biologique d'interprétation (VBI) les valeurs observées en population générale non exposée professionnellement. L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a proposé en 2017 une valeur biologique de référence pour le chrome urinaire de 0,54 µg/g de créatinine qui correspond au 95<sup>e</sup> percentile des concentrations observées en population générale [7].

Les résultats observés dans les ateliers et les chantiers nautiques ont été comparés.

**RÉSULTATS**

**MÉTROLOGIE EXTERNE**

**EXPOSITION ATMOSPHÉRIQUE (tableau II)**

Les concentrations relevées étaient inférieures à la VLEP-8h dans tous les cas. Les concentrations en Cr VI représentaient 18 % et 14 % de la VLEP concernant les deux prélèvements individuels 8h, et 34 % et 29 % de la VLCT pour deux opérateurs (inférieure à la LQ pour le troisième). En tenant compte du port permanent des EPI, et donc en divisant les concentrations mesurées par le facteur de protection assigné, les nouvelles valeurs ainsi obtenues étaient inférieures à 10 % de la VLEP.

**CONTAMINATION SURFACIQUE**

Concernant le moteur de véhicule terrestre, les prélèvements ont permis d'identifier les zones les plus polluées, telles que l'échappement, le turbo et les vis, et ont révélé la présence de Cr VI sur des surfaces pourtant considérées comme propres (tableau III). En complément, ils ont mis en évidence une contamination des mains malgré le port de gants, ainsi que les limites du test colorimétrique utilisé. En effet, le test colorimétrique effectué en interne par le mécanicien a été réalisé sur les mêmes points de prélèvement surfacique. Il ne s'est révélé positif que sur la vis sortie turbo, à peine perceptible sur le collecteur d'échappement et négatif sur le turbo.

Concernant le moteur de bateau, les prélèvements ont permis d'identifier les zones les plus contaminées, à savoir le châssis et la sortie d'échappement, infirmant la supposition de l'adhérent qui considéraient ces surfaces comme propres (tableau IV).

**BIOMÉTROLOGIE**

Les résultats chiffrés individuels ou des descriptions précises d'activité permettant d'identifier un travailleur ne peuvent pas être divulgués en raison du secret médical qui couvre ces données. De façon agrégée, anonyme et globale, à la suite d'activités démontage, montage, maintenance moteur avec port non systématique de masques de protection respiratoire FFP3, port fréquent de gants nitriles et de vêtements de travail, le résultat moyen des 11 opérateurs était de 0,26 µg/g de créatinine pour une VBI à 0,54 µg/g de créatinine urinaire.

Par rapport aux salariés des ateliers, ceux travaillant sur des moteurs de bateaux de plaisance ont présenté une contamination moindre, potentiellement due à des différences dans les alliages des matériaux constitutifs des moteurs. Cependant, l'absence de mesures préventives systématiques sur ces chantiers représente un risque potentiel.

**DISCUSSION ET PERSPECTIVES**

La force de cette étude réside dans l'intervention de l'équipe pluridisciplinaire qui a permis de personnaliser l'approche pour l'entreprise et le contexte de travail examiné. La collaboration entre les diverses professions a abouti à une analyse plus éclairée des résultats, mettant en valeur les compétences et l'expertise de chacun.

Les résultats obtenus montrent une exposition au Cr VI largement inférieure aux niveaux observés dans les secteurs industriels les plus exposants, tels que le chromage électrolytique, la peinture anticorrosion ou le soudage.

↓ Tableau II

➤ RÉSULTATS DES PRÉLÈVEMENTS ATMOSPHÉRIQUES

Résultats						
Groupe d'exposition homogène (GEH)	Mécaniciens dieselistes			Mécaniciens dieselistes		
Type de valeur limite (VL)	8h			Court terme 15 min		
Opérateur	OP1	OP2	Ambiance moteur	OP3	OP4	OP5
Agent chimique	Cr VI			Cr VI		
Durée du prélèvement (min)	285	285	285	15	15	15
Concentrations mesurées ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0,18	0,14	0,07	1,7	< 1,34	1,46
	VLEP: $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$			VLCT: $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$		
Commentaire	Démontage collecteur d'échappement	Démontage collecteur d'échappement	Mesure ambiante sur le moteur	Démontage des pièces et nettoyage manuel à la brosse métallique	Démontage des pièces et nettoyage manuel à la brosse métallique	Démontage des pièces et nettoyage manuel à la brosse métallique

↓ Tableau III

➤ RÉSULTATS DES FROTTIS DE SURFACE - MOTEUR DE VÉHICULE TERRESTRE - ATELIER

N° :	Lieu de prélèvement	Surface réf.	Chrome VI en ng	Chrome VI en $\text{ng}/\text{m}^2$
1	Bureau non exposé / Local témoin Bureau du resp HSE	0,01 $\text{m}^2$	< 40*	< 4 000
2	Main avant démontage	Main	< 40	---
3	Main après démontage	Main	45,4	---
4	Desserte atelier	0,01 $\text{m}^2$	< 40	< 4 000
5	Collecteur échappement	---	127	---
6	Turbo	---	869	---
7	Téléphone portable salarié	---	< 40	---
8	Ordinateur portable atelier	---	< 40	---
9	Vis sortie turbo	---	1 646	---

\* Limite de quantification

↓ Tableau IV

➤ RÉSULTATS DES FROTTIS DE SURFACE - MOTEUR DE BATEAU

N° :	Lieu de prélèvement	Surface réf.	Chrome VI en ng	Chrome VI en $\text{ng}/\text{m}^2$
10	Châssis	0,01 $\text{m}^2$	56,3	5 632
11	Sortie d'échappement	---	437	---
12	Sol – Côté collecteur	0,01 $\text{m}^2$	< 40*	< 4 000
13	Plan de travail	0,01 $\text{m}^2$	< 40	< 4 000

\* Limite de quantification

## Évaluation par mesures atmosphériques, surfaciques et biologiques de l'exposition professionnelle au chrome VI *via* une équipe référente en toxicologie en SPSTI

Les concentrations atmosphériques mesurées dans les ateliers de maintenance sont nettement inférieures à celles rapportées dans l'étude menée par les services de santé au travail et la caisse d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT) Pays de la Loire [8], où la médiane atteignait  $0,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  avec 21% des prélèvements dépassant la VLEP-8h de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , et des valeurs extrêmes allant jusqu'à  $97 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dans certaines industries. En se basant sur la base de données INRS d'exposition aux substances chimiques [9] s'étalant sur une période de 10 ans (2014–2024), en se limitant au secteur industriel et aux expositions aux poussières métalliques, les mesures réalisées dans le cadre de cette étude apparaissent inférieures aux niveaux généralement observés. Aucun dépassement de la VLEP-8h ( $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) n'a été enregistré, contre près d'un cinquième des cas sur les 385 mesures de la base INRS. Alors que cette dernière établit une médiane de  $0,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , les niveaux relevés ici se situent dans la plage basse de la distribution, traduisant une maîtrise effective du risque d'exposition au Cr VI, à condition d'appliquer le port de masque FFP3. La biométrie confirme une très faible imprégnation interne, ce qui constitue un indicateur rassurant sur le plan de la toxicologie individuelle; les valeurs moyennes de chrome urinaire mesurées chez les opérateurs ( $0,26 \mu\text{g}/\text{g}$  de créatinine urinaire) sont inférieures au 95<sup>e</sup> percentile de la population générale non exposée ( $0,54 \mu\text{g}/\text{g}$  de créatinine urinaire). Ces niveaux sont également bien en deçà de la valeur biologique proposée par l'ANSES en 2017 pour le Cr VI et ses composés, fixée à  $2,5 \mu\text{g}/\text{L}$  (ou

$1,8 \mu\text{g}/\text{g}$  de créatinine urinaire) pour une exposition correspondant à la VLEP-8h de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valeur de référence applicable aux opérations de chromage électrolytique. En comparaison avec les secteurs exposés, une étude récente menée par l'INRS [10] dans les activités de soudage, chromage et application de peinture rapporte des niveaux plus élevés : médianes de  $0,51 \mu\text{g}/\text{g}$  de créatinine urinaire dans le groupe exposé et de  $1,29 \mu\text{g}/\text{g}$  de créatinine urinaire chez les soudeurs. Une autre étude menée auprès de soudeurs exposés aux fumées de soudage rapporte des concentrations de chrome urinaire plus élevées chez 110 salariés des petites et moyennes entreprises (médiane  $0,43 \mu\text{g}/\text{g}$  de créatinine urinaire) et similaires chez 27 salariés d'une grande entreprise disposant d'une ventilation mécanique et d'une ventilation par aspiration localisée, par exemple torche aspirante (médiane  $0,25 \mu\text{g}/\text{g}$  de créatinine urinaire) [11]. En revanche, les prélèvements surfaciques et cutanés révèlent, tout comme dans l'étude de l'INRS précédemment citée [10], une contamination environnementale significative malgré les mesures de prévention mises en place (port d'EPI, nettoyage par aspiration et à l'humide), soulignant la nécessité d'améliorer les protocoles de retrait d'EPI et de lavage des mains avant et après port d'EPI. Ces prélèvements ont permis d'identifier la présence de Cr VI sur les mains en fin de tâche, même en cas de port de gants, une contamination confirmée sur les moteurs de bateaux, initialement jugés peu à risque, ainsi que la faible sensibilité des tests colorimétriques, incapables de détecter certains

niveaux significatifs de contamination (jusqu'à 869 ng non détectés). Ces résultats confirment que les tests colorimétriques doivent être utilisés avec précaution. L'ensemble de ces éléments invite à reconsidérer les risques liés aux moteurs nautiques et à étendre les protocoles de prévention à ces interventions.

Dans cette continuité, la démarche du SPST a permis à l'entreprise d'approfondir encore la prévention des risques liés au Cr VI. Les investigations ont été élargies aux couches de calorifugeage entourant les moteurs marins. En partenariat avec le laboratoire interrégional de chimie (LIRC) de la CARSAT Sud-Est, cinq échantillons d'isolants ont été analysés afin d'évaluer leur composition et leur potentiel émissif. Les analyses ont révélé des traces de Cr VI dans certains matériaux, à des concentrations très faibles (entre  $0,01$  et  $0,2 \text{ mg}/\text{kg}$ ), cohérentes avec les ordres de grandeur des pollutions surfaciques déjà observées. Par ailleurs, l'analyse de la nature des fibres a mis en évidence la présence majoritaire de fibres de verre ou de silice, non classées cancérigènes mais potentiellement irritantes pour la peau. Toutefois, un des échantillons était constitué de fibres céramiques réfractaires (FCR), classées cancérigènes de catégorie 1B par inhalation. Dans certains cas, ces couches isolantes peuvent être localement dégradées, avec un début de fragmentation superficielle susceptible d'entraîner une émission de fibres ou de particules fines, notamment lors des phases de démontage ou de maintenance.

Ces éléments confirment que la démarche initialement centrée sur le risque Cr VI a contribué à faire évoluer le niveau de prévention au sein

de l'entreprise, en agissant comme un levier d'engagement pour une approche plus globale des expositions. Elle a permis d'identifier de nouveaux matériaux à surveiller, initialement considérés comme neutres, et ouvre désormais la voie à une vigilance accrue dans d'autres secteurs d'activité utilisant des moteurs soumis à de fortes contraintes thermiques, où des mécanismes similaires de contamination ou de dégradation peuvent exister.

## CONCLUSION

Cette étude a adopté une approche globale et pluridisciplinaire combinant biomarqueurs d'exposition, prélèvements atmosphériques et surfaciques afin d'évaluer, de manière contextualisée, l'exposition professionnelle au Cr VI dans un secteur peu documenté.

L'implication de l'équipe référente en toxicologie du SPST a été un facteur déterminant de réussite. En effet, grâce à la mobilisation d'un médecin du travail, d'un médecin toxicologue, d'un ingénieur, d'un technicien et d'infirmiers spécialisés, cette approche a permis d'obtenir des résultats détaillés, fiables et exploitables dans des délais contraints, tout en répondant aux besoins concrets exprimés par l'entreprise.

Au-delà de la phase d'évaluation ponctuelle, l'équipe assure également un suivi longitudinal des expositions et de l'entreprise, en lien étroit avec le médecin du travail en charge de l'entreprise. Elle propose les stratégies de surveillance les plus adaptées (choix des biomarqueurs, périodicité, modalités pratiques), fondées sur une expertise scientifique actualisée. L'analyse

des résultats est centralisée et synthétisée, puis remise au médecin référent de l'entreprise sous une forme claire et structurée, lui permettant de gagner en temps, en pertinence dans ses actions de prévention, et en traçabilité pour le suivi individuel et collectif.

La réussite de cette démarche repose également sur le partenariat étroit avec le LIRC de la CARSAT Sud-Est. Cette collaboration technique a apporté une expertise complémentaire essentielle pour fiabiliser les mesures et appuyer les recommandations formulées.

Cette méthode a permis de valider l'efficacité des mesures de prévention existantes, notamment les EPI et les procédures de nettoyage. Elle a également mis en évidence plusieurs axes d'amélioration, comme la gestion des contaminations résiduelles sur les surfaces et les mains, ou encore les limites de sensibilité des tests colorimétriques.

Par ailleurs, la mise en évidence de Cr VI sur les moteurs de bateaux — initialement considérés comme peu à risque — ainsi que la suspicion de matériaux isolants potentiellement émissifs, montrent que d'autres environnements professionnels, *a priori* non ciblés, pourraient être concernés par une exposition résiduelle au Cr VI.

En définitive, cette étude souligne l'importance d'une évaluation fine, évolutive et collaborative de l'exposition au Cr VI, seule garante d'une prévention adaptée aux réalités du terrain. Elle met également en lumière l'intérêt de pouvoir s'appuyer, au sein des SPST, sur des équipes référentes mobilisables par les médecins du travail, capables d'apporter une expertise ciblée et réactive face aux enjeux émergents.

### Évaluation par mesures atmosphériques, surfaciques et biologiques de l'exposition professionnelle au chrome VI via une équipe référente en toxicologie en SPSTI

#### POINTS À RETENIR

- Le service de prévention et de santé au travail des Alpes-Maritimes (AMETRA06) dispose d'une équipe référente en toxicologie.
- Cette équipe permet une approche pluridisciplinaire pour conduire une évaluation approfondie et adaptée aux réalités du terrain.
- Elle travaille en partenariat avec le laboratoire interrégional de chimie de la Caisse d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT) Sud-Est.
- Elle a conduit une évaluation du risque d'exposition au chrome VI (Cr VI) par prélèvements atmosphériques, surfaciques et urinaires chez des salariés qui réparent et entretiennent des moteurs diesel.
- Une contamination surfacique et cutanée par le Cr VI a été mise en évidence soulignant la nécessité d'améliorer les mesures de prévention en place (nettoyage par aspiration et à l'humide), les procédures de retrait d'EPI et de lavage des mains avant et après port d'EPI.
- Plusieurs prélèvements surfaciques positifs n'ont pas été détectés par les tests visuels colorimétriques, confirmant qu'ils doivent être utilisés avec prudence.
- La présence de Cr VI sur des moteurs de bateaux, initialement jugés peu à risque, montre que d'autres environnements professionnels pourraient être concernés par une exposition résiduelle.

#### BIBLIOGRAPHIE

- 1 | Chromium (VI) Compounds. In: Arsenic, Metals, Fibres and Dusts. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 100C. IARC, 2012 (<https://publications.iarc.fr/120>).
- 2 | Trioxyde de chrome. Fiche toxicologique n° 1. In: Fiches toxicologiques. INRS, 2019 (<https://www.inrs.fr/fichetox>).
- 3 | HARTWIG A, KLEIN CL, KROMHOUT H, LEVY L ET AL. - SCOEL/REC/386 Chromium VI compounds. Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits. European Commission, 2017 (<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/75d27056-893f-11e7-b5c6-01aa75ed71a1/language-en>).
- 4 | Décret n° 2012-746 du 9 mai 2012 fixant des valeurs limites d'exposition professionnelle contraignantes pour certains agents chimiques. In: Légifrance. Premier ministre, ministère chargé du Travail, 2012 (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000025836934>).
- 5 | ESTÈVE W - Principe général et mise en œuvre pratique du prélèvement surfacique. Fiche MétroPol. V01. INRS, 2020 (<http://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-surfacique/metropol-prelevement-surfacique.pdf>).
- 6 | Chrome et chromates. In: Biotox. INRS, 2025 (<https://www.inrs.fr/biotox>).
- 7 | 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/les-valeurs-de-reference>).
- 8 | Le Chrome VI en milieu de travail. Partenariat Services de Santé au Travail CARSAT Pays de la Loire 2009-2013. CARSAT Pays de la Loire, 2013 (<https://www.carsat-pl.fr/files/live/sites/carsat-pl/files/pdf/entreprises/chimie/chrome6-document-synthese.pdf>).
- 9 | Exposition aux substances chimiques par situation de travail. Outil d'évaluation des niveaux d'exposition professionnelle. INRS, 2024 (<https://outil-expo-rch-rb.inrs.fr/Outil110/Accueil>).
- 10 | BOUSOUMAH R, ANTOINE G, MELCZER M, CARABIN N ET AL. - Évaluation 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.
- 11 | PERSOONS R, ARNOUX 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.